МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ СИСТЕМЫ КРОВИ, КОСТНОЙ, ПОКРОВНОЙ, ЭНДОКРИННОЙ, РЕПРОДУКТИВНОЙ, НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА

Методические рекомендации

Под редакцией В. А. Переверзева, Т. П. Голодок, Д. А. Александрова

Минск БГМУ 2025

УДК 611+612(072)
ББК 28.706+28.707.3я73
Р85

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

А в т о р ы: д-р мед. наук, проф. В. А. Переверзев[1]; ст. преп. Т. П. Голодок[1]; канд. мед. наук, доц. Д. А. Александров[1]; ст. преп. Ю. В. Гайкович[1]; ст. преп. А. Г. Чабан[1]; д-р мед. наук, проф. А. В. Евсеев[2]; канд. мед. наук, доц. О. Е. Шалаева[2]; канд. биол. наук, доц. О. В. Павлюченкова[2]; ст. преп. Д. В. Степанов[2]; д-р мед. наук, проф. И. Н. Семененя[1]; канд. мед. наук, доц. Т. Г. Северина[1]; канд. мед. наук, доц. Л. А. Давыдова[1]; канд. мед наук, доц. Е. В. Переверзева[1]; ст. преп. Т. А. Пупа[1]; ст. преп. В. Н. Фоменко[1]; ст. преп. М. И. Гаптарь[1]; ст. преп. А. А. Анисимов[1]; ассист. А. Л. Григорьян[1]; ст. преп. О. С. Никитина

[1] УО «Белорусский государственный медицинский университет»
[2] ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Р е ц е н з е н т ы: д-р биол. наук, проф., зав. каф. физиологии человека и животных Белорусского государственного университета А. Г. Чумак; каф. нормальной и патологической физиологии Гомельского государственного медицинского университета

Р85 **Руководство** к лабораторным занятиям по анатомии и физиологии системы крови, костной, покровной, эндокринной, репродуктивной, нервной и мышечной систем человека : методические рекомендации / В. А. Переверзев, Т. П. Голодок, Д. А. Александров [и др.] ; под ред. В. А. Переверзева, Т. П. Голодок, Д. А. Александрова. – Минск : БГМУ, 2025. – 187 с.

ISBN 978-985-21-1885-9.

Представлены подробно заполненные таблицы с основными понятиями и терминами, графики, схемы и рисунки, а также протоколы лабораторных работ к каждому практическому занятию по разделам курса анатомии и физиологии человека: «Предмет и задачи анатомии и физиологии. Ткани, их виды. Соединительные ткани: строение, виды, функции. Кровь», «Эпителиальные ткани: строение, функции. Кожа. Анатомия и физиология эндокринной системы человека. Репродуктивная система человека», «Анатомия и физиология возбудимых (нервной и мышечных) тканей. Частная анатомия и физиология автономной нервной системы», «Частная анатомия и физиология автономной нервной системы».

Предназначены для молодых специалистов, преподавателей-стажеров, начинающих преподавание учебной дисциплины «Анатомия и физиология человека» студентам фармацевтического факультета очной и заочной форм обучения.

УДК 611+612(072)
ББК 28.706+28.707.3я73

ISBN 978-985-21-1885-9

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2025

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД	артериальное давление крови
АДГ	антидиуретический гормон
Cl^-	хлор
F^-	фтор
NaCl	хлорид натрия
аД3	активная форма витамина Д3 (кальцитриол)
АДд	артериальное давление крови, диастолическое
АДс	артериальное давление крови, систолическое
АДсгд	артериальное давление крови, среднее гемодинамическое
АКТГ	адренокортикотропный гормон
АНС	автономная нервная система
АХ	ацетилхолин
ВИЧ	вирус иммунодефицита человека
ВПСП	возбуждающий постсинаптический потенциал
ГАМК	гамма-аминомасляная кислота
ГМК	гладкая мышечная клетка
ДАГ	диацилглицерол
ЖЕЛ	жизненная емкость легких
ИЛ	интерлейкин
ИТФ	инозитол-три-фосфат
ИФР	инсулинподобный фактор роста
КТ	кальцитонин
ЛГ	лютеинизирующий гормон
ЛЗИК	лигандзависимые ионные каналы
ЛТГ, (ПРЛ)	лютеотропный гормон, (пролактин)
МСГ	меланоцит стимулирующий гормон
МТ	масса тела
М-ХР	мускаринчувствительный холинорецептор
Н-ХР	никотинчувствительный холинорецептор
ОПГ	остеопротегерин
ПД	потенциал действия
ПКА и ПКС	протеинкиназа А и протеинкиназа С
ПКП	потенциал концевой пластинки
ПП	потенциал покоя
ПТГ	паратиреоидный гормон
Р	фосфор (фосфаты)
РААС	ренин-ангиотензин-альдостероновая система
Ca^{2+}	кальций
СМ	спинной мозг
СО	стандартное отклонение
СТГ, ГР	соматотропный гормон, гормон роста
Т3, Т4	трийодтиронин, тироксин
ТМС	трансмембранный сегмент
ТПСП	тормозной постсинаптический потенциал
ТТГ	тиреотропный гормон
ФЛС	фосфолипаза С
ФНО	фактор некроза опухоли
цАМФ	циклический аденозин-монофосфат
цГМФ	циклический гуанозин-монофосфат
ЦНС	центральная нервная система
ЦСЖ	цереброспинальная жидкость
ЧН	черепные нервы
ЧП	частота пульса
ЧСС	частота сердечных сокращений
$Э_2$	эстрадиол
ЭМГ	электромио (-грамма или -графия)
ИМТ	индекс массы тела

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание создано для оказания помощи в организации внеаудиторной и аудиторной работы студентов фармацевтического факультета по учебной дисциплине «Анатомия и физиология человека». В руководстве к каждому занятию представлены основные и дополнительные вопросы, даны определения основных терминов и понятий, подробные описания и инструкции выполнения лабораторных работ, а также представлены образцы заполнения протоколов и выводов по каждой из работ по разделам «Предмет и задачи анатомии и физиологии. Ткани, их виды. Соединительные ткани: строение, виды, функции. Кровь», «Эпителиальные ткани: строение, функции. Кожа. Анатомия и физиология эндокринной системы человека. Репродуктивная система человека», «Анатомия и физиология возбудимых (нервной и мышечных) тканей. Частная анатомия и физиология автономной нервной системы», «Частная анатомия и физиология центральной нервной системы» учебной дисциплины «Анатомия и физиология человека» в полном соответствии с примерной учебной программой и учебным планом её преподавания студентам, обучающимся по специальности «Фармация». Издание руководства призвано повысить также и уровень подготовленности магистрантов, аспирантов, молодых и новых преподавателей к ведению лабораторных занятий по учебной дисциплине «Анатомия и физиология человека», что, несомненно, приведёт к повышению качества практической подготовки ими студентов, будущих выпускников учреждений высшего медицинского образования.

Характер студенческого практикума кафедры нормальной физиологии для студентов фармацевтического факультета постоянно изменяется в соответствии с улучшением уровня технического оснащения и ориентирован на исследование состояния физиологических функций организма здорового человека, что нашло своё отражение в настоящем руководстве. В нём представлены работы, предусматривающие использование компьютерной техники для обучения и контроля знаний студентов, моделирования известных физиологических феноменов, демонстрации классических и современных методов исследования физиологических функций, отработки практических навыков и оценки состояния физиологических функций организма, необходимых для освоения будущими провизорами.

При подготовке к текущим и итоговым занятиям, зачёту, экзамену студенты имеют возможность воспользоваться материалами настоящего руководства, обучающими и контролирующими программами, учебными материалами, электронными учебно-методическими комплексами, размещёнными в компьютерном классе кафедры, а также на интернет-сайте Белорусского государственного медицинского университета. Список основной литературы прилагается к каждому занятию, дополнительная литература указана после основной, а также в конце руководства.

Преподавателю следует обратить внимание студентов, что при подготовке к занятиям им необходимо внимательно изучить соответствующий раздел руководства и осмыслить его содержание, что позволит им существенно ускорить ***выполнение заданий, предназначенных для самостоятельной работы дома****, ответить на вопросы для самоподготовки*.

В процессе работы над настоящим руководством авторы прилагали все усилия для предоставления наиболее полной и актуальной информации, включая описания техники выполнения лабораторных работ, приведённых нормативных и справочных данных. Тем не менее, медицина, анатомия (особенно микроанатомия (гистология)) и физиология динамично развиваются. Указания по методикам исследования физиологических функций, нормативные значения и иная информация могут изменяться со временем и в зависимости от используемого оборудования и реактивов. В таких случаях следует руководствоваться указаниями нормативных документов, инструкций производителей или референтными значениями, указанными соответствующей лабораторией.

Авторы будут благодарны за предложения и замечания, способствующие дальнейшему улучшению настоящего издания (просьба направлять по адресу normphys@bsmu.by).

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ. ТКАНИ, ИХ ВИДЫ. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ВИДЫ, ФУНКЦИИ. КРОВЬ

ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА: ИСТОРИЯ ИХ РАЗВИТИЯ, ВКЛАД ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЁНЫХ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

Занятие 1

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Анатомия и физиология как науки: определение, основные понятия, значение в системе медицинских знаний. Морфология как комплекс наук, изучающих макроскопическое строение (анатомия), микроскопическое строение органов и тканей (гистология), строение клеток (цитология). Значение знаний по нормальной физиологии с основами морфологии для провизора.
2. Этапы развития анатомии и физиологии: вклад отечественных ученых. Краткая история развития высшего медицинского и фармацевтического образования на территории Белоруссии.
3. Понятие об анатомических, физиологических и гистологических методах исследований. Микроскопический метод исследования.
4. Ведущие закономерности, характеризующие жизнь (самообновление, самовоспроизведение, саморегуляция, метаболизм).
5. Основные свойства живого организма (обмен веществ и энергии, раздражимость, гомеостаз, адаптация, размножение, наследственность и изменчивость). Клеточная теория.
6. Понятие о соматических и вегетативных функциях. Уровни регуляции: клеточный, тканевой, органный, организменный.
7. Физиологические представления о гомеостазе как об относительном постоянстве внутренней среды организма, функций и механизмов, их регулирующих. Гомеокинез. Нейрогуморальные механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма.
8. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции, их сравнительная характеристика и единство.
9. Типы регуляции функций. Обратная связь. Принцип надежности.
10. Системный принцип регуляции функций, понятие системы (И. П. Павлов). Функциональная система (П. К. Анохин), принцип саморегуляции.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 15–21, 23–36.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015.– 560 с. – С. 11–18, 47–75.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 604 с. – С. 8–70.
5. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : МИА, 2021. – 376 с. – С. 33–41.
6. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.– Т. 1. – 528 с. – С. 8–12, 24–34.
7. *Гистология,* цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 17–28, 31–53.
8. *Санитарные* нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41. – С. 7–8.

Вопросы для самоподготовки: 1. Что такое простая диффузия? Облегчённая диффузия? 2. В чём заключается отличие первично-активного от вторично-активного транспорта веществ через мембраны? 3. Что называется внутренней средой организма? 4. Что такое гомеостатические константы?	5. Назовите границы колебаний жестких и пластичных гомеостатических констант. 6. Что такое физиологические регуляции и замкнутый контур регулирования? Каковы его составляющие? 7. Назовите виды и роль обратных связей.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 1.1**

Физиология ***(от греч. physis — природа и logos — учение) — наука о жизненных функциях организма и его структур, механизмах осуществления этих функция и закономерностях их регуляций.***	Гистология ***(от греч. histos — ткань, logos — учение) — наука о строении, развитии и жизнедеятельности тканей живых организмов.***
Анатомия *(от греч. anatemno — рассекаю)* — ***наука о строении и форме человеческого тела и составляющих его органов в связи и с их функциями и развитием.***	Морфология ***(от греч. morphe — форма, logos — учение) — комплексная общая наука (анатомия, гистология, цитология, эмбриология) о форме, строении (макро- и микроскопическом) и развитии организма.***
Адаптация — ***совокупность реакций и механизмов их осуществления, обеспечивающих приспособление организма к изменяющимся условиям существования в окружающей среде.***	Функция ***(от лат. functio) — проявление жизнедеятельности клеток (органов, систем, организма), имеющее специфическое приспособительное значение.***
Размножение — ***присущее всем живым организмам свойство воспроизведения себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни.***	Регуляция — ***это комплекс воздействий для удержания состояния объекта или процесса в заданных рамках (физиологической норме) вопреки действию возмущающих факторов.***
Биосистема — ***система как целостность, содержащая живые компоненты. Биосистемой является клетка, организм (организменный уровень жизни). Также есть 8 структурных уровней организации живой материи: 1) атомарный, 2) молекулярный, 3) клеточный, 4) субклеточный, 5) тканевой, 6) органный, 7) системный (система органов), 8) организменный.***	Компартмент — ***это обособленные области клетке, которые, как правило, окружены билипидным слоем мембраны.***
Метаболизм ***(от греч. metabole — перемена) — совокупность химических и физических превращений веществ и энергии, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность.***	Энергия ***(от греч. energeia — действие, деятельность) — общая количественная мера различных форм движения материи. Единица измерения Дж.***

Внешняя среда — ***все условия живой и неживой природы, при которых существует организм, орган, клетка и которые прямо или косвенно влияют на состояние, функцию, развитие и размножение всех уровней организации организма.***	Внутренняя среда — ***совокупность крови, лимфы, тканевой и цереброспинальной жидкостей. Она обеспечивает обмен веществ между клетками организма и кровью, а газов — между организмом и окружающей средой.***
Метод исследования — ***способ познания объективной действительности, представляющий собой определенную последовательность действий, приемов, операций.***	Физиологическая регуляция функций — ***активное управление функциями организма и его поведением для поддержания оптимального уровня жизнедеятельности, постоянства внутренней среды и обменных процессов с целью приспособления организма к меняющимся условиям среды.***
Агонист — ***химическое соединение (лиганд), которое при взаимодействии с рецептором изменяет его состояние, приводя к биологическому отклику.***	Антагонист — ***это химическое вещество, обладающее свойствами блокировать, снижать или предотвращать связывание <u>агониста</u> (в том числе <u>эндогенного агониста</u>) с его рецептором на клетке-мишени.***
Гомеокинезис — ***комплекс корригирующих физиологических процессов в составе функциональных систем, обеспечивающих гомеостазис в условиях изменяющейся внешней или внутренней среды. В ходе реакций гомеокинезиса складывается новый формат активности как гомеостатических, так и поведенческих функциональных систем организма.***	Гомеостазис — ***способность живых организмов сохранять динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды.***
Функциональная система — ***динамическая совокупность различных органов и физиологических систем, формирующаяся для достижения полезного для организма приспособительного результата.*** ***Все ФС имеют однотипную структуру. В ней различают нервный центр, эфферентные проводники, эффекторы, определенный полезный результат, рецепторы результата, проводники обратной афферентации.*** Примеры: ***функциональная система поддержания постоянного артериального давления, температуры тела и т. д.***	Физиологическая система — ***это наследственно закрепленная совокупность органов и тканей, выполняющая общую функцию, иногда несколько функций.*** ***Примеры: покровная, нервная, эндокринная, иммунная, сердечно-сосудистая, система крови, дыхания, пищеварения, выделения, воспроизведения, костная, суставная, мышечная.***
Принцип надежности регуляции — ***это высокая возможность достижения нужного результата для биосистем, что обеспечивается дублированием систем регуляции (нервная регуляция дополняет эндокринную).***	

ИНСТРУКЦИЯ
по технике безопасности для студентов, работающих на кафедре нормальной физиологии

Программа обучения на кафедре нормальной физиологии предусматривает выполнение студентами лабораторных работ, овладение практическими навыками, работы с некоторыми электроприборами, компьютерной техникой, исследовательским оборудованием, лабораторной посудой, химическими реактивами и биологическими жидкостями. Кроме того, студентам может быть предоставлено право выполнять научную работу в лабораториях кафедры во внеучебное время.

Общие требования

1. Студенты до входа в учебное помещение должны надевать халат.
2. Рабочее место следует содержать в чистоте, не загромождать его посторонними предметами. В лаборатории не следует хранить личную одежду, принимать пищу.
3. Запрещается садиться на подоконники и столы, раскачиваться на стульях, пользоваться сломанной мебелью. При наличии подобной на рабочем месте следует известить преподавателя и/или лаборантов кафедры.
4. Во время учебного занятия строго запрещается самовольно ходить по учебной аудитории, разговаривать по телефону, а также заряжать мобильные устройства.
5. Во время перерывов следует проветривать учебную аудиторию. Открывать и/или закрывать окна и форточки можно только с разрешения преподавателя.
6. Во время работы в лаборатории следует соблюдать тишину и порядок, строго руководствоваться описанием хода работ в практикуме, не допускать торопливости, беспорядочности и неряшливости.
7. К выполнению каждой работы студенты могут приступать только после разрешения преподавателя и уяснив методику работы.
8. Запрещается уходить с рабочего места и оставлять без присмотра работающие приборы.
9. Студентам запрещается работать в демонстрационной лаборатории в отсутствие преподавателя или лаборанта, а также в неустановленное время без разрешения преподавателя.
10. Не допускается отвлечение студентов, работающих в лаборатории, посторонними лицами, делами или разговорами.

Для общего наблюдения за порядком, соблюдением правил и выполнением требований техники безопасности при работе в лабораториях и учебных помещениях назначаются дежурные из числа студентов группы.

Дежурный студент обязан:

– открывать и закрывать учебную лабораторию, в т. ч. на период отсутствия студентов в лаборатории (ключ находится в лаборантской — **комната № 103**. После открытия или закрытия двери ключ ***немедленно*** возвращается в лаборантскую);

– следить за чистотой и порядком в лаборатории, поддерживать в чистоте доску, на перерывах проветривать лабораторию;

– получать в лаборантской различные материалы, необходимые для выполнения лабораторных работ занятия;

– по окончании занятия (работы) очистить доску, проверить состояние учебной лаборатории — выключены ли вода и электричество, закрыты ли окна, — и сдать полученные материалы в лаборантскую. Не забудьте проверить, сдан ли ключ от учебной лаборатории в лаборантскую!

Правила безопасности при работе с электрооборудованием

При работе с электрооборудованием и электроприборами возможны случаи поражения людей электрическим током и возникновения пожара.

В случае обнаружения неисправности электроприбора или электрооборудования необходимо по возможности сразу обесточить оборудование, и в любом случае немедленно сообщить о неисправности преподавателю.

При работе с электрооборудованием **строго запрещается:**

– проверять наличие напряжения пальцами и касаться токоведущих частей;

– работать на незаземленном электрооборудовании и приборах, если это не разрешено инструкцией к прибору;

– пользоваться неисправным электрооборудованием и/или электропроводкой;

– оставлять без присмотра работающие приборы;

– вешать на штепсельные розетки, выключатели и электропровода различные вещи;

– включать в сеть электрические приборы со снятой задней крышкой или в разной степени разобранном состоянии.

Действия в случае возникновения пожара

В случае возникновения загорания нужно немедленно отключить напряжение, сообщить преподавателю или дежурному лаборанту, а также заведующему кафедрой, и приступить к тушению пожара (*огнетушители имеются в комнатах № 104, 135*).

Прежде, чем приступить к тушению, необходимо **обесточить** электросеть помещения. Затем, после ознакомления с инструкцией на корпусе огнетушителя, применить огнетушитель. Для тушения можно также использовать имеющиеся пожарные рукава: размотать рукав, открыть кран (*пожарные краны с рукавами находятся за 136-й комнатой, в нише между комнатами 139 и 140, 133 и 132, а также напротив 104 комнаты*). Кроме того, можно использовать песок (ведро с песком имеется в комнате 103).

Решение о вызове пожарной бригады (телефон 101) принимает руководство кафедры.

Общие правила оказания первой медицинской помощи

Первая медицинская помощь пострадавшим должна оказываться немедленно и правильно. От этого зависит жизнь и последствия травм, ожогов и отравлений. С конкретными правилами её оказания Вы будете знакомиться на клинических кафедрах.

Если при поражении электрическим током или по другой причине получены серьёзные травмы, ожоги, необходимо вызвать скорую медицинскую помощь, при лёгких поражениях после оказания первой помощи пострадавшие направляются в учреждение здравоохранения. Помните, что оказывая помощь человеку, находящемуся под действием тока, нельзя прикасаться к нему голыми руками. Прежде всего, нужно отключить установку (прибор), которой касается пострадавший, а при невозможности этого — отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя палки, доски и другие сухие предметы, не проводящие электрический ток, или перерубить провода топором с сухой рукояткой.

Во всех случаях необходимо вызвать дежурного лаборанта, который находится в комнате № 103 (104), или преподавателя кафедры.

Указания к оформлению протокола:

После ознакомления с правилами и проведения инструктажа по технике безопасности распишитесь в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности» (находится в компьютерном классе, кабинет № 104) и в данном практикуме.

<table>
<tr><th colspan="2">ПРАВИЛА ПРИ РАБОТЕ С КРОВЬЮ И ИНЫМИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ</th></tr>
<tr><td>При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (ВИЧ, вирусных гепатитов и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования.
При работе с кровью на учебных занятиях кафедрой используется кровь лабораторных животных. Тем не менее, учитывая значительную опасность биологических материалов для здоровья врача, следует всегда помнить, что любая кровь, также как и другие биологические жидкости, при контакте с ней должна по умолчанию рассматриваться как инфицированная.
Правила профилактики инфицирования при работе с любым биологическим материалом необходимо знать в деталях и следовать им неукоснительно.</td><td>При лабораторных исследованиях крови и других биологических жидкостей используются средства индивидуальной защиты и санитарно-гигиеническая одежда (СГО): резиновые перчатки, очки, маска (или щиток), халат, шапочка, непромокаемый фартук и нарукавники. Запрещается работа с кровью или другими биологическими жидкостями без использования средств индивидуальной защиты.
Попадание крови или другой биологической жидкости на кожу и слизистые, особенно при их повреждении, должно квалифицироваться как аварийный контакт с инфицированным материалом.</td></tr>
<tr><td>1. В случае попадания биологического материала на поврежденные кожные покровы (укола, пореза) необходимо:
– немедленно снять перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет (ёмкость) для последующего обеззараживания (далее — снять перчатки);
– промыть место повреждения под проточной водой или, при её отсутствии, физиологическим раствором (далее — физраствором);
– обработать рану 3%-ной перекисью водорода или другим антисептиком; заклеить рану лейкопластырем и при необходимости провести гигиеническую антисептику кожи рук и надеть новые перчатки.</td><td>4. В случае попадания биологического материала на слизистую оболочку:
– немедленно снять перчатки;
– вымыть руки под проточной водой (физраствором);
– промыть (не тереть) слизистую оболочку водой (физраствором);
– при попадании в глаза — обильно промыть их водой (физраствором) не снимая контактных линз, затем повторно промыть водой без контактных линз;
– при попадании в полость носа — промыть её тампоном, смоченным водой (физраствором).</td></tr>
<tr><td>2. В случае загрязнения биологическим материалом кожных покровов без нарушения их целостности:
– промыть загрязнённый участок кожных покровов проточной водой (физраствором);
– затем провести мытьё с мылом под проточной водой (физраствором).</td><td>5. В случае загрязнения биологическим материалом объектов внешней среды (столешница, пол и др.) биологические загрязнения на поверхности объектов внешней среды обеззараживаются раствором дезинфицирующего средства без фиксирующего эффекта (спирты, альдегиды) и удаляются с поверхности с последующей влажной уборкой.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. В случае загрязнения биологическим материалом средств индивидуальной защиты (СИЗ), личной одежды, обуви:
– промыть перчатки, не снимая с рук, под проточной водой (физраствором);
– снять загрязнённые СИЗ, личную одежду, обувь;
– СИЗ, личную одежду и обувь сложить в непромокаемые пакеты (ёмкость) для последующего обеззараживания;
– снять перчатки;
– провести гигиеническую антисептику кожи рук и обработать кожные покровы в области проекции загрязнения СИЗ, личной одежды, обуви водой с мылом.</td></tr>
</table>

Во всех случаях необходимо вызвать дежурного лаборанта, который находится в комнате № 103 (104), или преподавателя кафедры.

Указания к оформлению протокола

после ознакомления с правилами и проведения инструктажа по технике безопасности распишитесь в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности» (находится в компьютерном классе, кабинет № 104) и в данном практикуме.

ПРОТОКОЛ

С правилами по технике безопасности, в том числе при проведении лабораторных работ с кровью и с другими биологическими жидкостями и тканями, ознакомлен и проинструктирован:

_____	_____	_____
(дата)	(подпись студента)	(И.О.Фамилия студента)

Санитарные нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41.

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ. СТРУКТУРА КЛЕТКИ И МЕЖКЛЕТОЧНОГО ВЕЩЕСТВА (В СВЕТЕ МИКРОСКОПА)

Работа 1.3

В 1838–1839 гг. ботаник М. Шлейден и зоолог Т. Шванн объединили свои исследования (рис. 1.1), создав клеточную теорию строения живых организмов.

Рис. 1.1

Основные положения клеточной теории.

1	***Клетка — основная единица строения и развития всех живых многоклеточных организмов, наименьшая единица живого.***
2	***Клетки разных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ.***
3	***Размножение клеток осуществляется только путем деления исходной клетки («всякая клетка от клетки»), межклеточное вещество также образуется клетками.***
4	***В сложных многоклеточных организмах клетки специализированы и образуют ткани и органы, они тесно связаны между собой и включены в единую систему организма нервной и гуморальной регуляцией.***
5	***Каждая клетка многоклеточного организма обладает свойством поли(тоти)-потентности, то есть обладает генетическими потенциями всех клеток данного организма, которые могут реализовываться в определённых условиях. Вместе с тем, клетки организма отличаются разной экспрессией (работой) их генов, что приводит к морфологическому и функциональному разнообразию клеток.***

Указаны названия структур клетки и межклеточного вещества (рис. 1.2.).

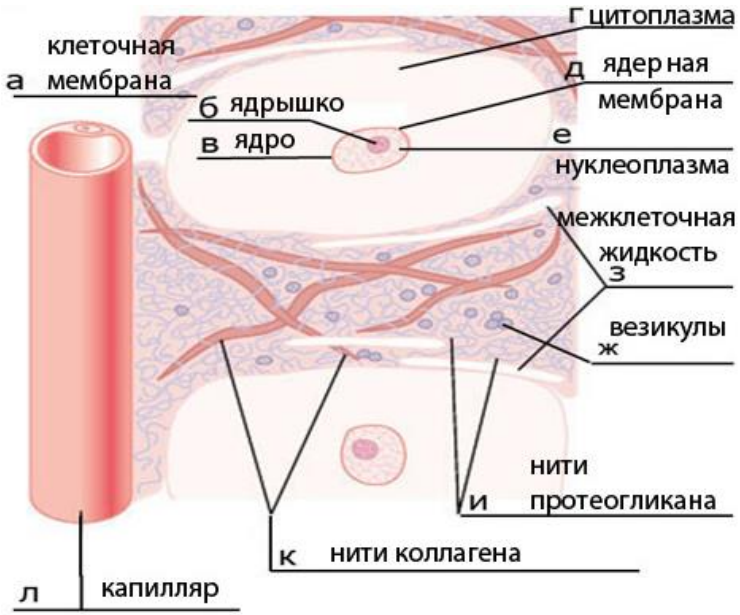


Рис. 1.2

СХЕМА СТРОЕНИЯ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ. УПРАВЛЕНИЕ ИОННЫМИ КАНАЛАМИ. ФУНКЦИИ, СОСТАВ И СВОЙСТВА КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

Работа 1.4

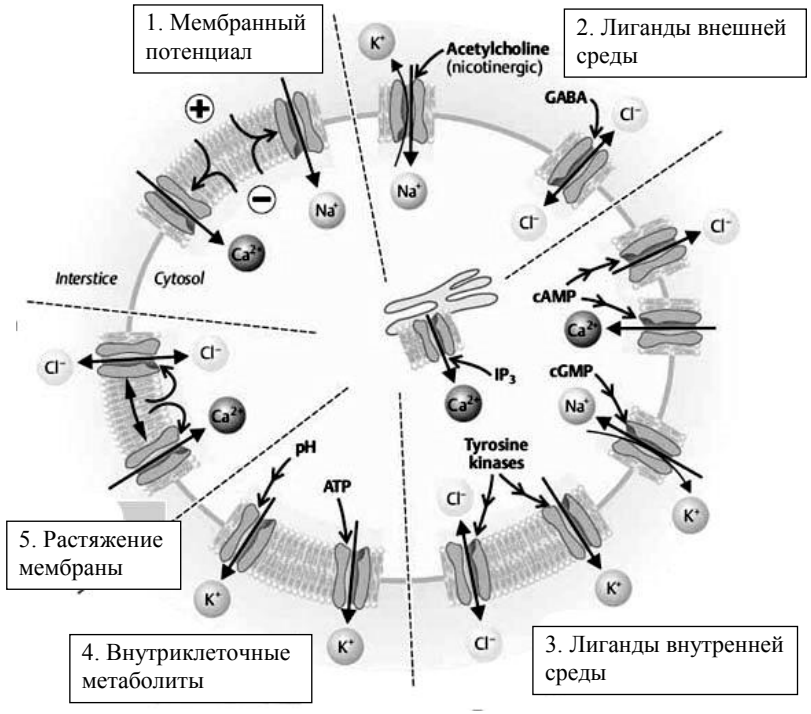


Рис. 1.3. Ионные каналы

Ионные каналы и ионные насосы (ионные помпы).

Селективные, неселективные	***Na^+-канал, Na^+-K^+-АТФаза***
Утечки	***Cl^--канал, Ca^{2+}-АТФаза***
Медленные, быстрые	***АТФ-зависимый K^+-канал, H^+-АТФаза***
Лиганд-, потенциал-, механо-зависимые	***цАМФ-зависимый Cl^--канал, Cl^--АТФаза***

Изучите модель строения клеточной мембраны.

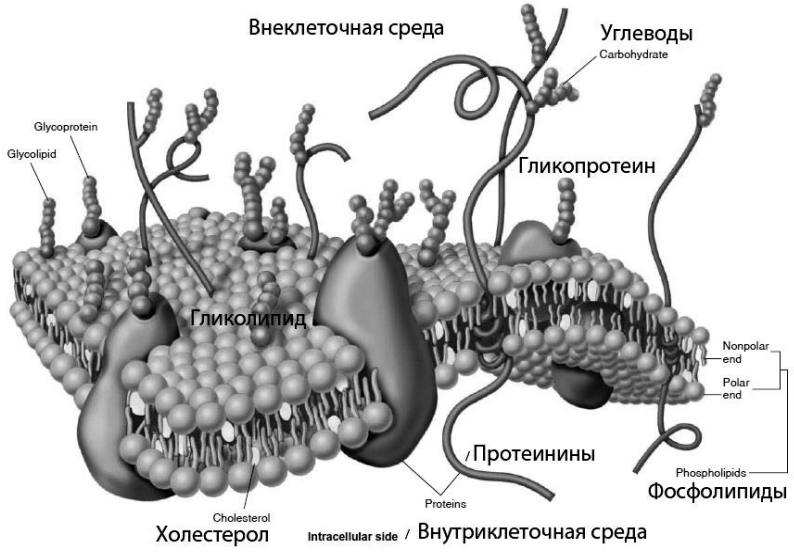


Рис. 1.4

Таблица 1.1

Функции клеточной мембраны		Функции белков клеточной мембраны	
1.	***Барьерная (защитная)***	1.	***Рецепторная***
2.	***Транспортная***	2.	***Транспортная***
3.	***Рецепторная***	3.	***Адгезивная***
4.	***Генераторная***	4.	***Ферментативная***

Состав мембраны клетки		Свойства клеточной мембраны
липидов	***50 %***	***1. текучесть***
белков	***40–48 %***	***2. специфичность***
углеводов	***2–10 %***	***3. динамичность, избирательность***

ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ ЗАНЯТИЙ В КОМПЬЮТЕРНОМ КЛАССЕ **Работа 1.5**

А) Обучающая компьютерная программа. Студент самостоятельно открывает на рабочем столе ярлык «21 Норм физиология» → «Фармация» → «Занятие 1. Введение…» и знакомится с разделами данного ресурса.

Б) Контролирующая компьютерная программа. Студент самостоятельно на рабочем столе нажимает на ярлык «11 ETEST SEB» → Вводит свой логин и пароль (используйте данные со своего студенческого билета) → Студентам и курсантам → *Выберите Вашу специальность* → Анатомия и физиология → Записаться на курс → Занятие 1. Введение… → Контрольный тест → …

Тестовый контроль знаний позволяет осуществлять мониторинг учебных достижений студентов, контролировать, в т. ч. самостоятельно, степень усвоения студентами учебного материала, уровень понимания предмета и способность решать типовые задачи на основе изученного материала. Как правило, контрольный тест включает 20–25 тестовых заданий. Учитывая наличие тестов для самоподготовки, отметка за текущее тестирование выше 8 баллов может быть получена только после дополнительного собеседования с преподавателем.

До начала занятия обязательно выполнение теста входного контроля знаний.

ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА: ИЗУЧЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОГО МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ АДРЕНАЛИНА НА ЧАСТОТУ СОКРАЩЕНИЙ СЕРДЦА **Работа 1.6**

<table>
<tr><td rowspan="2">Работа выполняется в компьютерном классе с использованием программы «01_Physiol 2».
Ход работы. Запустите программу — на рабочем столе ярлык «01_Physiol 2», нажмите «ОК».
1. В меню сверху выберите «Help» → «Preparation» и ознакомьтесь со схемой опыта на виртуальной экспериментальной наркотизированной крысе. Программа позволяет моделировать внутривенное введение различных лекарственных средств (механизм их действия можно узнать, перейдя «Help» → «Drugs», рис. 1.5–1.7), а также стимуляцию блуждающего нерва, иннервирующего сердце, и симпатических нервов, иннервирующих сердце и мозговое вещество надпочечников (через меню «Stimulate»). Для продолжения нажмите «Continue» (рис. 1.5).</td><td>2. Запишите в протокол исходную частоту сердечных сокращений, после чего введите адреналин в дозе 5 μg/kg («Drugs» → «Adrenaline» → щелчком левой кнопки мыши по надписи «0.05 μg/kg» открыть выпадающее меню и выбрать требуемую дозу адреналина, после чего ввести гормон: «Inject Drug» (рис. 1.7)).</td></tr>
<tr><td>3. Дождавшись максимального изменения ЧСС, щёлкните «Stimulate» или «Help» и запишите полученное значение. Для продолжения записи щёлкните мышкой на любом месте экрана.
Переходя к эксперименту с крысой № 2, не забудьте взять новую крысу («New rat!») и дождаться стабилизации гемодинамики. Далее следуйте указаниям протокола.
Для выхода из программы нажмите «Alt+Tab» и закройте окно.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Указания к оформлению протокола:
1. Заполните таблицу.
2. Сделайте вывод о рецепторном механизме влияния адреналина на ЧСС, сравнив его эффект при действии блокатора β-адренорецепторов пропранолола с исходным эффектом.</td></tr>
</table>

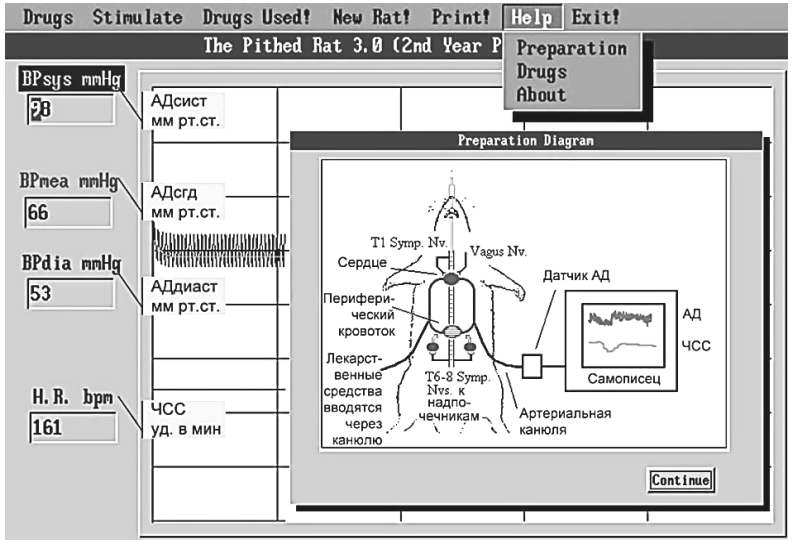
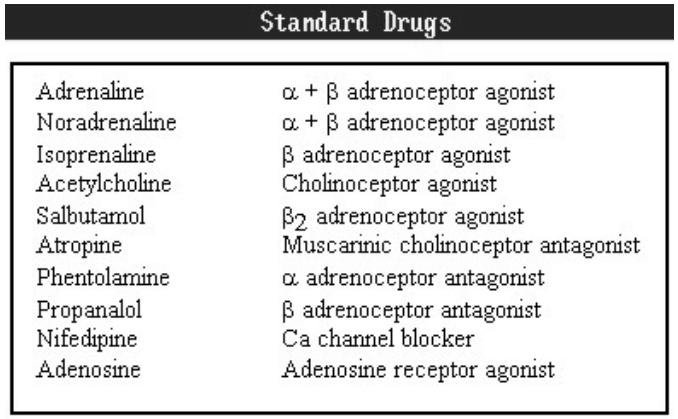


Рис. 1.5



Standard Drugs

Adrenaline	α + β adrenoceptor agonist
Noradrenaline	α + β adrenoceptor agonist
Isoprenaline	β adrenoceptor agonist
Acetylcholine	Cholinoceptor agonist
Salbutamol	β_2 adrenoceptor agonist
Atropine	Muscarinic cholinoceptor antagonist
Phentolamine	α adrenoceptor antagonist
Propanalol	β adrenoceptor antagonist
Nifedipine	Ca channel blocker
Adenosine	Adenosine receptor agonist

Рис. 1.6

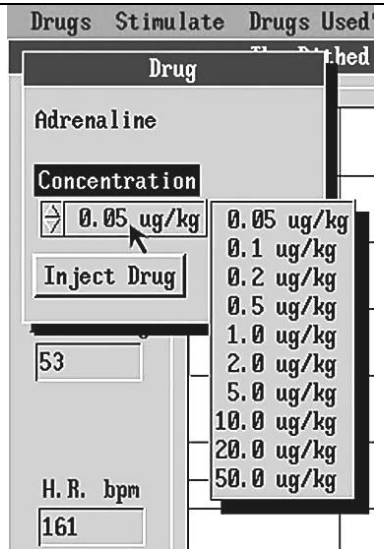


Рис. 1.7

ПРОТОКОЛ

Крыса №	Воздействия	Доза	ЧСС, уд/мин	Крыса №	Воздействия	Доза	ЧСС, уд/мин
1	Исходное значение	–	***161***	**2**	Исходное значение	–	***161***
	Введение адреналина	5 μg/kg	***238***		Введение пропранолола(β-адреноблокатор)	100 mg/kg	***161***
Щёлкните левой кнопкой мыши по «**New rat!**»					Введение адреналина	5 μg/kg	***170***

Вывод. Введение адреналина ***увеличивает*** (↓ *или* ↑) ЧСС. Предварительное введение блокатора β-адренорецепторов пропранолола ***ослабляет*** (*ослабляет или усиливает*) эффект от введения адреналина.

Объясните, почему после введения антагониста (пропранолола) эффект адреналина (агониста) проявляется в меньшей степени: ***вследствие полной или частичной блокады β-адренорецепторов.***

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА **Работа 1.7**

Указаны уровни организации организма и уровни регуляции его функций (рис. 1.8.).

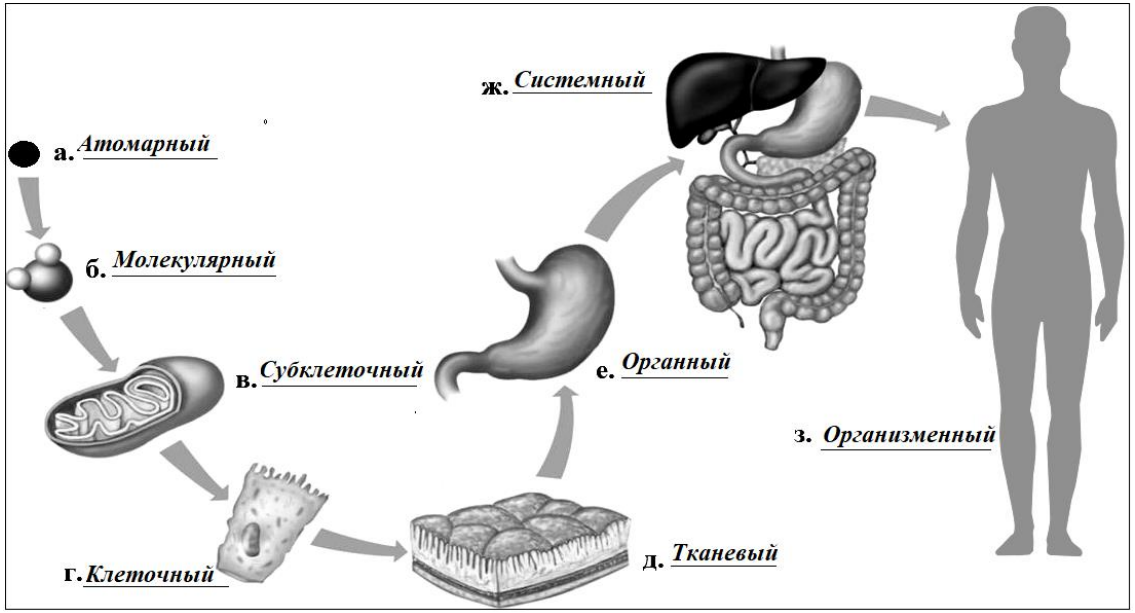


Рис. 1.8. Уровни организации организма и уровни регуляции его функций

Таблица 1.2

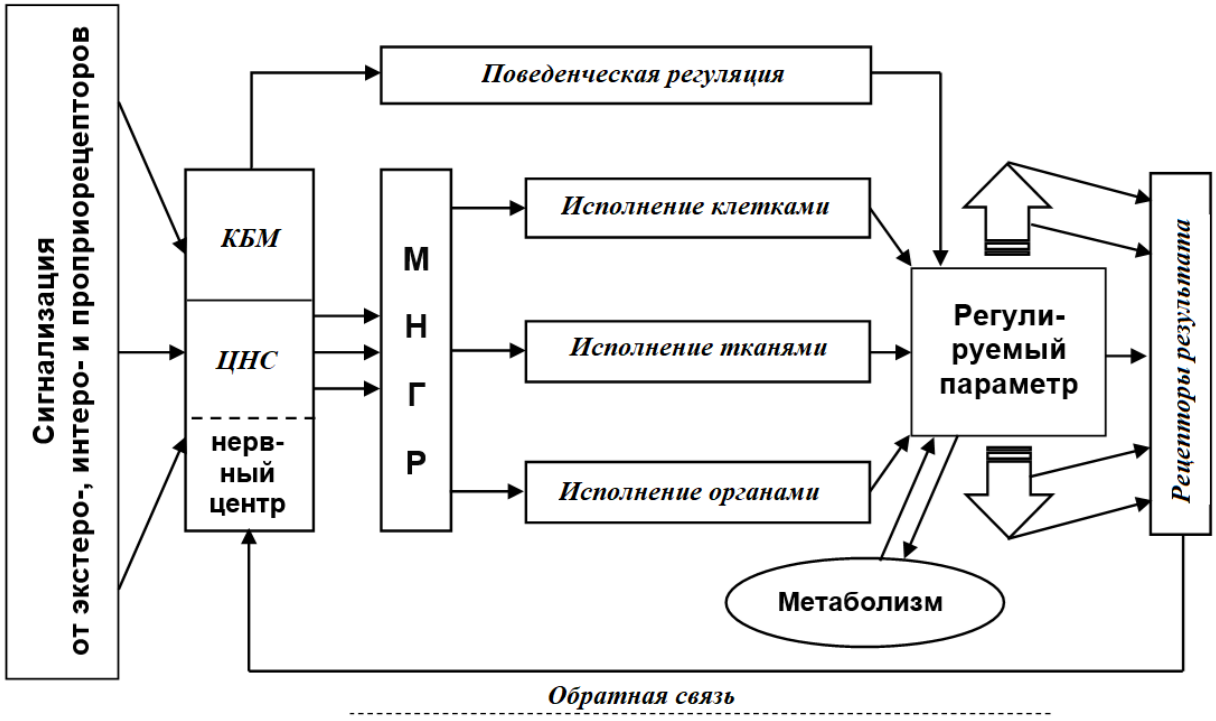
Механизмы регуляции функций и поддержания гомеостазиса

гуморальный	***нервный***	***миогенный***
– метаболиты, – электролиты, – нейрогормоны, – тканевые гормоны, – гормоны	– рефлексы соматические, – рефлексы вегетативные	– автоматия, – сократимость при растяжении, – пластичность

Сравнительная характеристика нервного и гуморального механизмов регуляции функций.

Параметр сравнения	Нервный механизм	Гуморальный механизм
Точность регуляции	***Точная (локально), по типу «телеграфа»***	***Менее точный (генерализованно), по типу «радио»***
Способы доставки информации	***Нервная система (передача нервных импульсов по нервным волокнам)***	***Система крови, лимфа, ликвор (гормоны, электролиты, метаболиты)***
Скорость регуляции	***Высокая, до 120 м/с***	***Низкая, ~0,5 м/с***
Продолжительность регуляции	***Кратковременная, мсек, сек.***	***Длительная, от секунд-минут до часов-суток***

Схема функциональной системы регуляции функций по отклонению.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ к вопросу 2

Этапы развития анатомии и физиологии

1-й этап (период единого развития) — доэкспериментальный период в физиологии (господствовал метод наблюдения) и **домикроскопический период** в анатомии (до изобретения микроскопа) начался более 2000 лет и длился до начала 15–17 столетий. Обе науки развивались в рамках единой науки.

2-й этап (период) — экспериментальный, микроскопический период с 17 века до середины 20 века. 1628 год — дата рождения физиологии как экспериментальной науки, обусловленная открытием кругов кровообращения и движения крови по сердцу и сосудам **Уильямом Гарвеем** (1578–1657). Начало микроскопического периода в развитии анатомии (давшего начало гистологии и цитологии) связанно с **изобретением светового микроскопа (Галилео Галилей, 1600 г., отец и сын Янсены, 1610** г. и др.) и **открытием Робертом Гуком (R. Hooke, автор термина «клетка» — cellula) в 1665 г. клеточного строения растений**, что завершилось в 1838–1839 гг. созданием ботаником М. Шлейденом и зоологом Т. Шванном клеточной теории строения живых организмов (см. выше).

3-й этап — современный период — со второй половины 20 века до наших дней. Связан с бурным развитием физики, математики, химии, биологии, созданием новых методов исследования (электронной микроскопии, ядерно-магнитного резонанса, ультразвуковых методов, иммуногистохимии, компьютерного моделирования и др.), которые широко используются и в физиологии, и в морфологии.

Краткая история развития высшего медицинского и фармацевтического образования на территории Белоруссии

Гродненская медицинская академия (ГМА) — первое высшее медицинское учебное заведение на территории Беларуси. За период деятельности ГМА (1775–1781 гг.) было осуществлено три выпуска. Учёные и выпускники ГМА сыграли важную роль в зарождении и становлении медико-биологических наук Беларуси.

Основателем ГМА, анатомического музея и лечебно-ботанического сада в Гродно был известный французский учёный-энциклопедист, доктор медицины, профессор анатомии, хирургии и натуральной истории (естествознания) Жан Эммануэль Жилибер (21.06.1741–02.09.1814). Он же является основоположник медицинской и фармацевтической науки в Беларуси. Наряду с ГМА Гродно славится уникальным музеем — это музей-аптека, построенная в 1709 г. и действующая до сих пор. В этом музее-аптеке отображена история развития медицины и фармации, становления аптекарского дела в Беларуси. Ж. Э. Жилибер принял участие в судьбе этой аптеки. По его просьбе при аптеке была открыта «Учебно-производственная база» со специальной лабораторией, где производились лекарственные препараты из трав.

Высшие медицинские учреждения образования (УО):

1) УО «БГМУ» образован в 1921 г. (медицинский факультет БГУ, с 1931 г. — Белорусский медицинский институт (БМИ), с 1947 г. — Минский государственный медицинский институт (МГМИ), с 2001 г. — УО «БГМУ»);
2) УО «ВГМУ» образован в 1934 г. (сначала Витебский ГМИ, с 1998 г. — УО «ВГМУ»);
3) УО «Гродненский ГМУ» образован в 1958 г. (сначала Гродненский ГМИ, с 2000 г. — УО «ГрГМУ»);
4) УО «Гомельский ГМУ» образован в 1990 г. (сначала Гомельский ГМИ, с 2003 г. — УО «ГомГМУ»)

Фармацевтические факультеты УО:

УО «Витебский государственный ордена Дружбы Народов медицинский университет» (УО «ВГМУ») — Фармация — дневная и заочная формы обучения с 1959 г.

УО «Белорусский государственный медицинский университет» (УО «БГМУ» — Фармация — дневная и заочная формы обучения с 2011 г.

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О ТКАНЯХ. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ: ВИДЫ, ФУНКЦИИ. СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

Занятие 2

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Общее понятие о тканях. Клеточные элементы и неклеточное вещество. Классификация тканей.
2. Соединительные ткани: понятие, виды, функции.
3. Костные ткани: клеточный состав и межклеточное вещество.
4. Роль ионов кальция и фосфатов в костной ткани и в организме. Возрастные и индивидуальные нормы потребления кальция, фосфатов и фтора для сохранения здоровья костной ткани и зубов.
5. Представление о скелете человека. Отделы скелета. Классификация костей.
6. Понятие о скелете плечевого и тазового поясов, скелете верхней и нижней конечностей.
7. Представление о строении черепа: кости, швы и основные отверстия.
8. Понятие о видах и формах соединения костей. Виды суставов, их строение, классификация, функции.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с.– С. 94–96, 111–122.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 18–47, 117–122.
4. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 453–483.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 123–126, 148–163, 164–177.
6. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : МИА, 2021. – 376 с. – С. 15–25.
7. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 41–52, 83–142, 149–168, 172–229.
8. *Привес, М. Г.* Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. – 12-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Изд. дом СПбМАПО, 2014. – 720 с. – С. 69–76.

Вопросы для самоподготовки:	
1. Назовите основные типы тканей. 2. Приведите примеры локализации разных видов хрящей. 3. Назовите основные отличия грубоволокнистой, пластинчатой и дентиноидной костной ткани. 4. Каков клеточный состав костной ткани?	5. Перечислите факторы сохранения здоровья костной ткани. 6. Назовите физиологические системы, участвующие в регуляции количества кальция (Ca^{2+}) и фосфатов (Р) в организме. 7. Назовите основные отделы позвоночника. 8. Что собой представляет мозговой и висцеральный череп человека?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 2.1**

Ткань — это ***система клеток и их производных, объединенных общей структурой, функцией и происхождением.***	Главный минеральный компонент костной ткани — ***гидроксиапатит.***
Клетка — это ***наименьшая единица живого (многоклеточного организма), являющаяся основой строения, развития и жизнедеятельности организма и подчинённая его регуляторным механизмам.***	Структурная формула гидроксиапатита — $\boldsymbol{Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2}$.
Производные клеток — это: – тканевой матрикс ***(межклеточное, неклеточное вещество) — основное вещество; волокна;*** – постклеточные структуры ***(не имеют ядра и большинства органелл, не способны делиться) — форменные элементы крови: эритроциты, тромбоциты; роговые чешуйки кожи;*** – надклеточные структуры ***(многоядерные клетки больших размеров) — мегакариоциты КМ; остеокласты в костях; миосимпласты в скелетных мышцах.***	Норма содержания Ca^{2+} в суточном рационе взрослого человека 25–50 лет составляет [***600–1000***] мг/сутки. Норма суточного поступления фтора у взрослых людей составляет [***1,5–4,0***] мг/сутки. Гормоны, препятствующие резорбции кости — ***кальцитонин, остеопротегерин, эстрадиол.***
Строма многих органов образована — ***рыхлой волокнистой соединительной тканью.***	Оптимальная суточная доза потребления фосфатов взрослым человеком составляет [***1200–1400***] мг/сутки.
Разновидности жировой ткани — ***белая и бурая жировая ткань***.	Норма суточного потребления витамина $Д_3$ у взрослых людей (в возрасте до 50 лет) составляет [***200***] МЕ или [***10***] мкг.
Клетки, питающие костную ткань — это ***остеоциты.***	Клетки, разрушающие костную ткань — это ***остеокласты.***
Клетки, образующие костную ткань — это ***остеобласты.***	Остеопороз — ***это заболевание скелета, для которого характерны снижение прочности кости (из-за выраженной деминерализации) и повышение риска переломов.***

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТКАНЕЙ **Работа 2.2**

Типы тканей

1. ***Соединительные***	2. ***Эпителиальные***	3. ***Мышечные***	4. ***Нервная***

КЛАССИФИКАЦИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ **Работа 2.3**

Рис. 2.1. Виды соединительных тканей

1. На рис. 2.2 указаны кровеносный сосуд и клетки крови, покинувшие кровеносное русло.

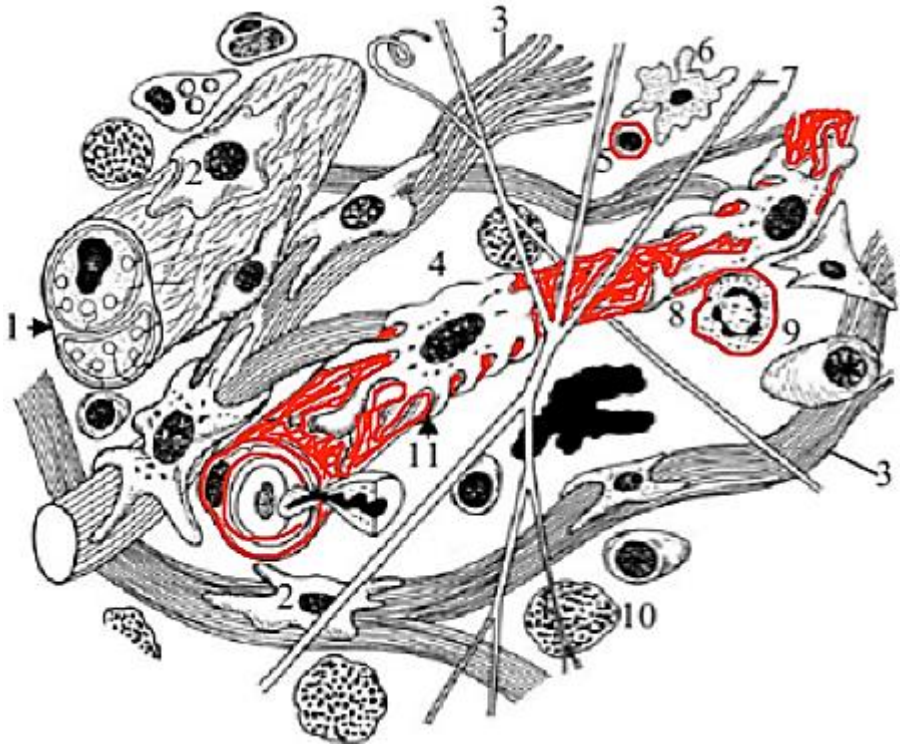


Рис. 2.2. Схема микроскопического строения рыхлой волокнистой соединительной ткани

1 — нерв; 2 — фибробласт; 3 — коллагеновое волокно; 4 — межклеточный матрикс; **5 — *лимфоцит***; 6 — макрофаг; 7 — эластическое волокно; **8 — *нейтрофил***; 9 — плазматическая клетка; 10 — тучная клетка; 11 — кровеносный капилляр.

Главными компонентами собственно соединительных тканей являются клетки и синтезируемое ими межклеточное вещество, которое состоит из коллагеновых, эластических и ретикулярных волокон, а также основного (аморфного) вещества. Волокна придают тканям прочность и эластичность. Основное вещество выполняет функцию интегративно-буферной среды, которая служит для прохождения молекул через соединительную ткань и для обмена веществ с кровью. Собственно соединительные ткани подразделяются на волокнистые соединительные ткани и соединительные ткани со специальными свойствами. Среди волокнистых тканей, в зависимости от клеточного состава, количественного и качественного соотношения между волокнами и основным веществом, различают рыхлую и плотную соединительные ткани. В рыхлой волокнистой соединительной ткани основное вещество преобладает над диффузно расположенными и ориентированными в разных направлениях волокнами. В плотной волокнистой соединительной ткани, наоборот, волокна преобладают над основным веществом. К тканям со специальными свойствами относятся ретикулярная, жировая, слизистая и пигментная ткани.

Клетки рыхлой волокнистой соединительной ткани

Типы клеток рыхлой волокнистой соединительной ткани.

1. ***Фибробласты***	6. ***Перициты***
2. ***Макрофаги***	7. ***Жировые клетки***
3. ***Тучные клетки***	8. ***Лейкоциты***
4. ***Адвентициальные клетки***	9. ***Пигментные клетки (редко)***
5. ***Плазматические клетки***	10. ***Фиброкласты***

СКЕЛЕТНЫЕ ТКАНИ: КЛАССИФИКАЦИЯ, СТРОЕНИЕ **Работа 2.5**

Классификация скелетных тканей:

1. ***Хрящевые***	2. ***Костные***

Типы клеток скелетных соединительных тканей:

1) *Хрящевые клетки*		**2) *Костные клетки***		**3) *Дентиноидные***	
а) *хондробласты*	**б) *хондроциты***	**а) *остеобласты***	**б) *остеоциты***	**а) *одонтобласты***	**б) *цементобласты***

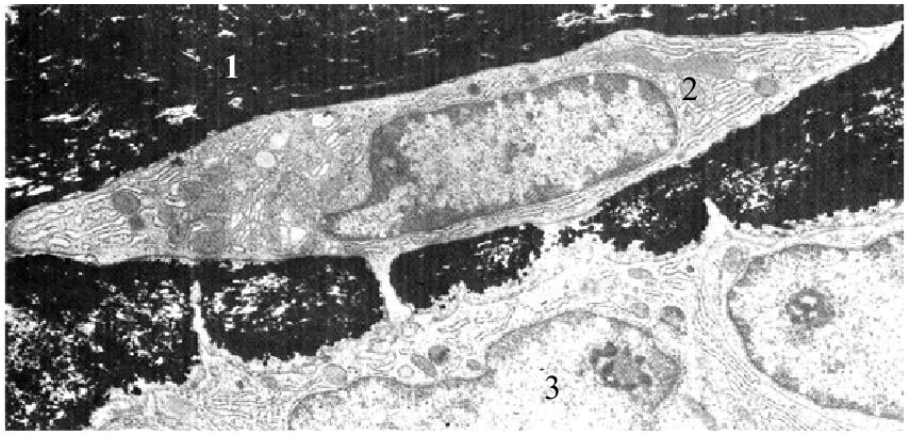


Рис. 2.3. Клеточный состав костной ткани (трансмиссионная электронная микроскопия):
1 — минерализованный матрикс; 2 — остеоцит; 3 — остеобласт

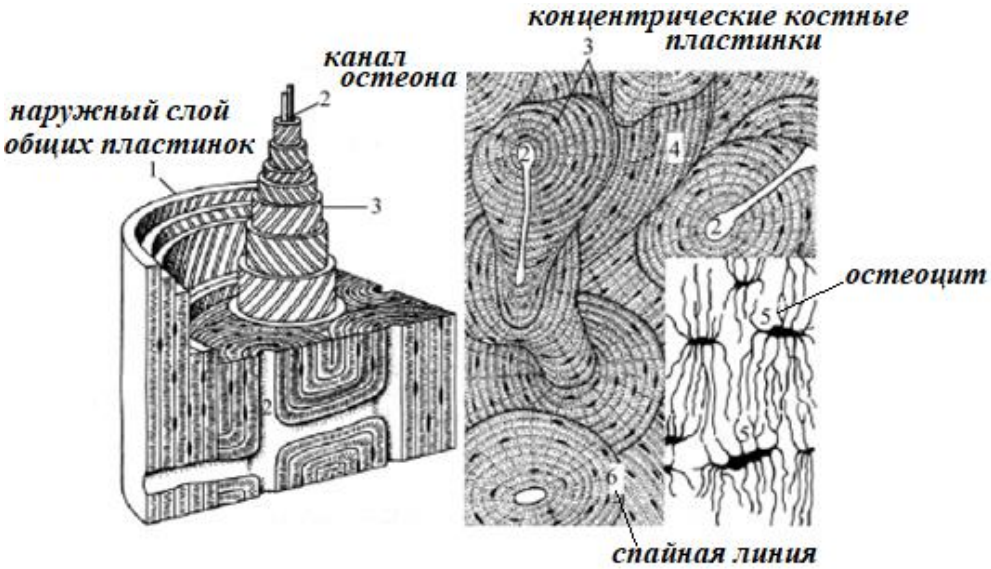


Рис. 2.4. Схема строения компактного костного вещества:
1 — наружный слой общих пластинок; 2 — канал остеона; 3 — концентрические костные пластинки; 4 — вставочные костные пластинки; 5 — остеоцит; 6 — спайная линия

РАЗНОВИДНОСТИ ХРЯЩЕВЫХ ТКАНЕЙ **Работа 2.6**

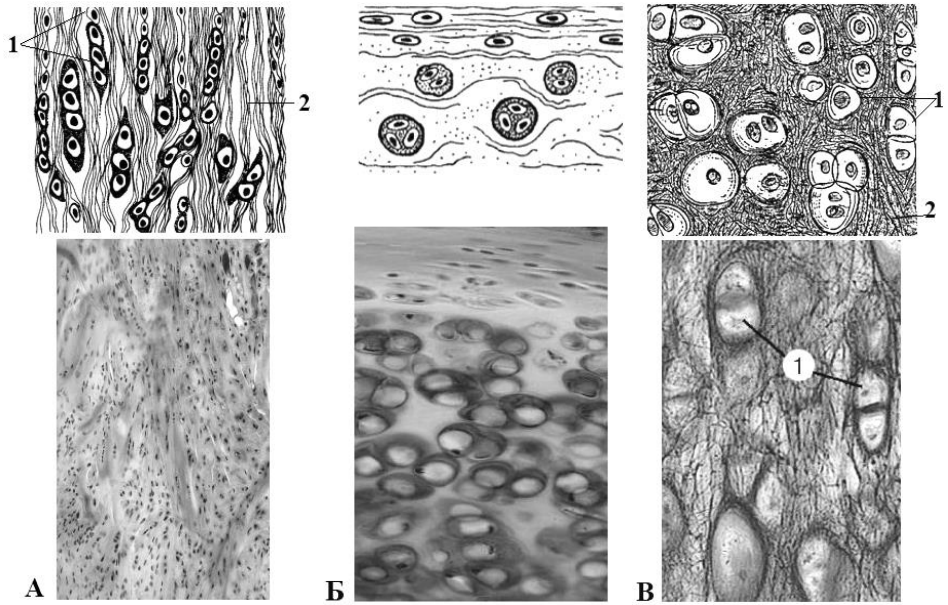


Рис. 2.5. Схема строения разных видов хрящевой ткани:
1 — хондроциты; 2 — волокнистые (А), эластические (В) волокна

Примеры локализации разных видов хрящей.
А — волокнистый хрящ ***в межпозвоночных дисках, прикреплениях сухожилий и связок к костям***
Б — гиалиновый ***(стекловидный) на суставных поверхностях костей, воздухоносных путях, соединениях ребер с грудиной***
В — эластический хрящ ***в ушной раковине, надгортаннике***

КЛАССИФИКАЦИЯ КОСТЕЙ С ПРИМЕРАМИ **Работа 2.7**

1. Трубчатые		***2. Губчатые***		***3. Смешанные***	***4. Воздухоносные:***	***5. Плоские:***
Длинные: плечевая, бедренная	***Короткие: фаланги пальцев***	***Длинные: ребра, грудина***	***Короткие: позвонки, кости запястья***	***кости основания черепа***	***верхняя челюсть, лобные, клиновидная, решетчатая***	***кости черепа, поясов конечностей***

Скелет ***(от греч. skeletos, буквально — высохший) — совокупность твёрдых тканей в организме человека, соединенных посредством хрящевой или костной тканей и дающих телу опору и защищающих его от механических повреждений.***

ПОСЕЩЕНИЕ МУЗЕЯ КАФЕДРЫ НОРМАЛЬНОЙ АНАТОМИИ БГМУ **Работа 2.8**

Ознакомиться со строением скелета человека.

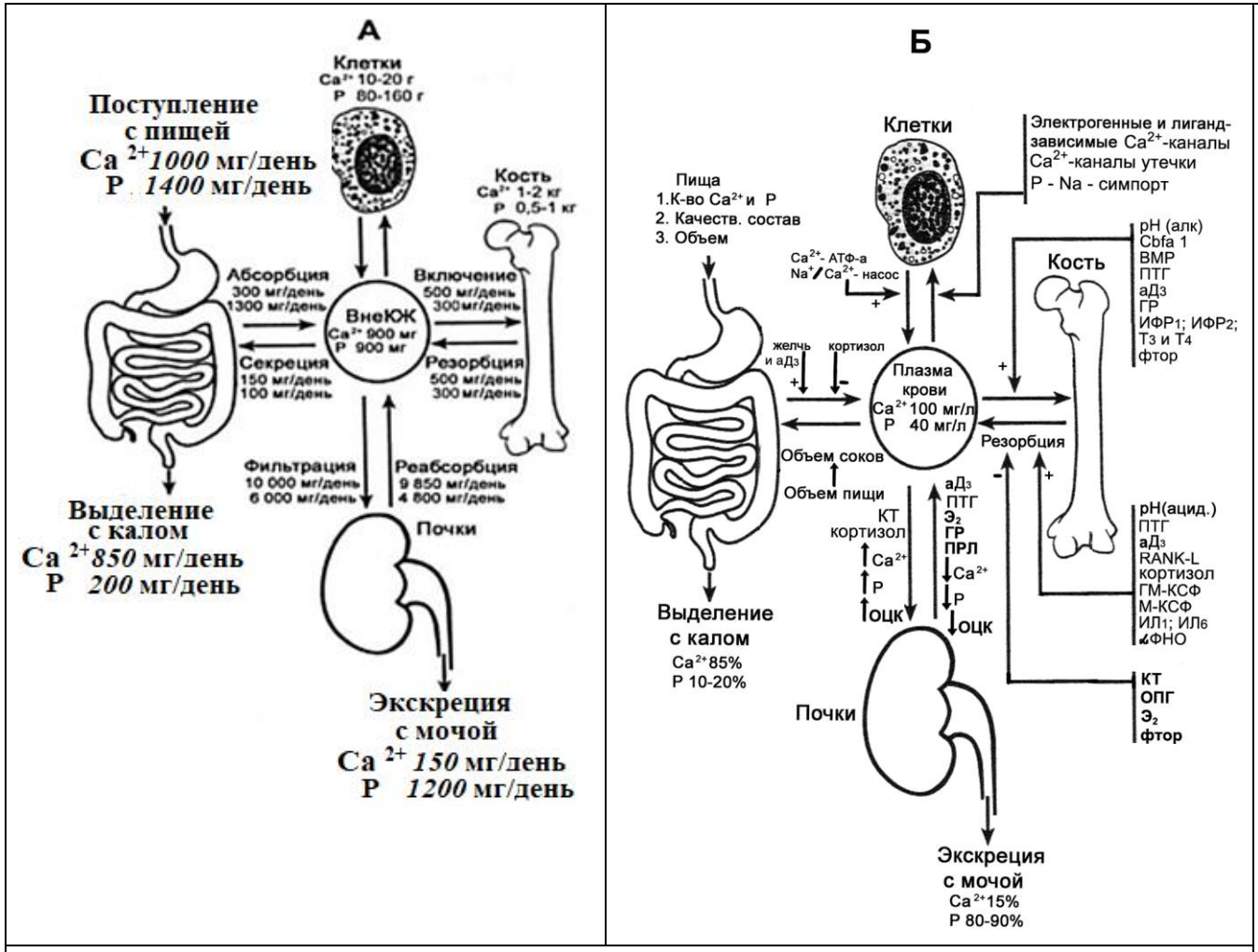


Рис. 2.6. Баланс Ca^{2+} и Р в организме (А), механизм его регуляции (Б)

1. На рис. 2.6, *А* указано количество поступающих и удаляющихся из организма Ca^{2+} и Р.
2. Аббревиатуры и полные названия гормонов и других сигнальных молекул, регулирующих обмен Ca^{2+} и Р в организме.

1. $Д_3$ — ***кальцитриол, активная форма витамина $Д_3$***
2. КТ — ***кальцитонин***
3. ПРЛ — ***пролактин***
4. ПТГ — ***паратиреоидный гормон***
5. ГР — ***гормон роста***
6. $Э_2$ — ***эстрадиол***
7. ИФР — ***инсулиноподобный фактор роста***
8. ИЛ — ***интерлейкин***
9. ОПГ — ***остеопротегерин***

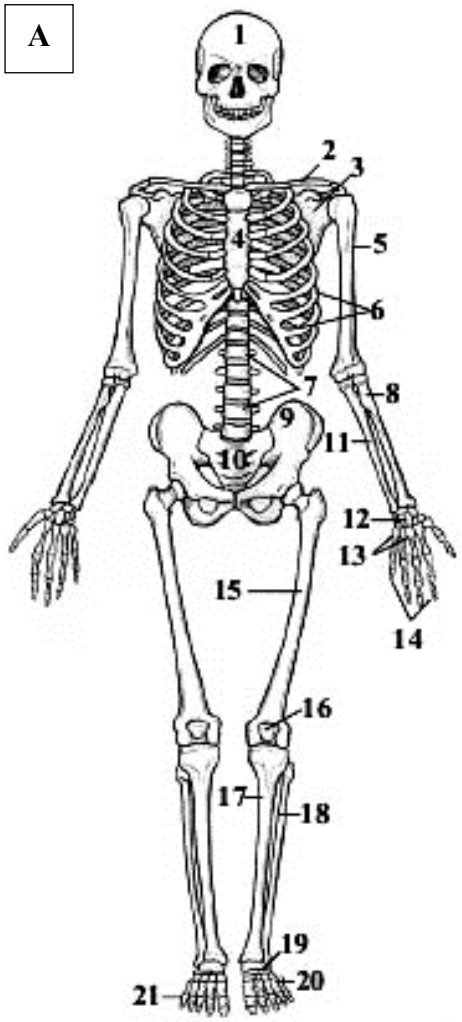
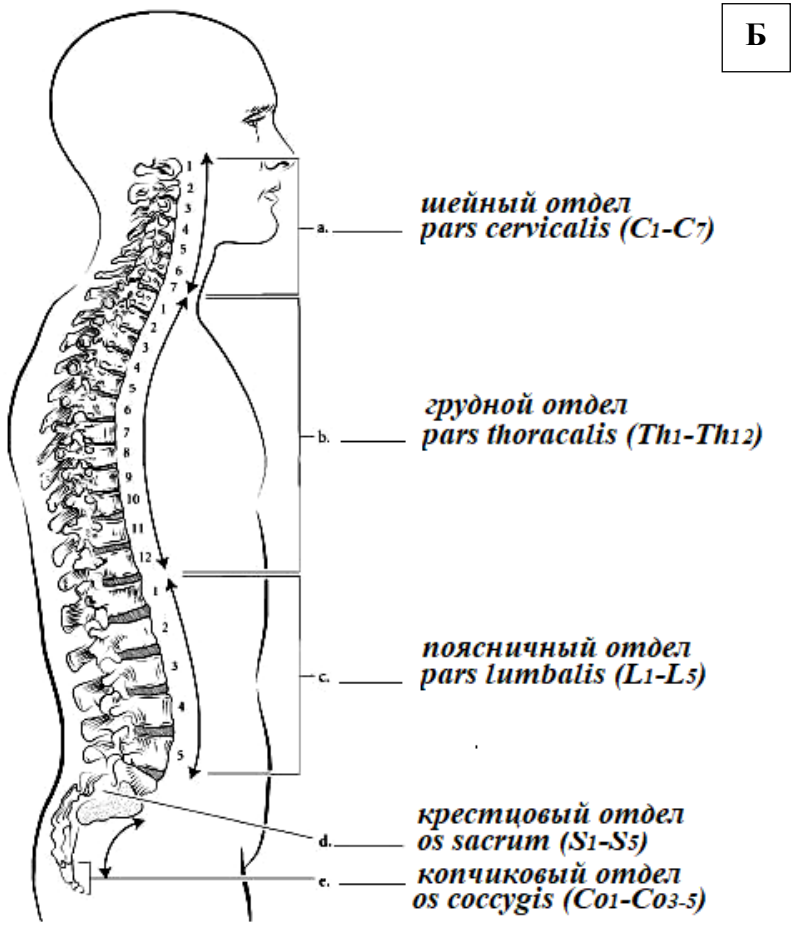


Рис. 2.7. Строение скелета (А) и позвоночного столба человека (Б)

1 — череп; 2 — ключица; 3 — лопатка; 4 — грудина; 5 — плечевая кость; 6 — ребра; 7 — позвонки; 8 — лучевая кость; 9 — тазовая кость; 10 — крестец; 11 — локтевая кость; 12 — запястье; 13 — пястные кости; 14 — фаланги пальцев кисти; 15 — бедренная кость; 16 — надколенник; 17 — большеберцовая кость; 18 — малоберцовая кость; 19 — предплюсна; 20 — плюсневые кости; 21 — фаланги пальцев стопы

Перечислены кости, участвующие в формировании осевого скелета: ***кости черепа и позвоночного столба, грудина, ребра и подъязычная кость (1, 4, 6, 7, 10).***

Перечислены кости, участвующие в формировании добавочного скелета: ***пояс верхних (2, 3) и нижних (9) конечностей и сами конечности (кости руки: 5, 8, 11, 12, 13, 14; кости ноги: 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21)***



На рис. 2.7, Б вписаны названия отделов позвоночника на русском и латинском языках и указано количество позвонков в них.

(Продолжение)

Работа 2.10

На рис. 2.8, 2.9 вписаны названия костей, групп костей верхней и нижней конечностей, таза, крупных отверстий таза.

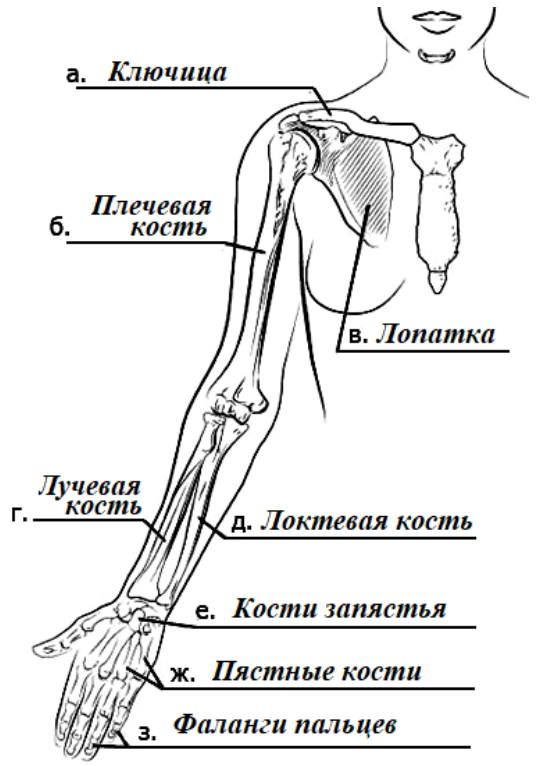


Рис. 2.8. Скелет верхней конечности:
а — ключица; б — плечевая кость;
в — лопатка; г — лучевая кость;
д — локтевая кость; е — кости запястья;
ж — пястные кости; з — фаланги пальцев

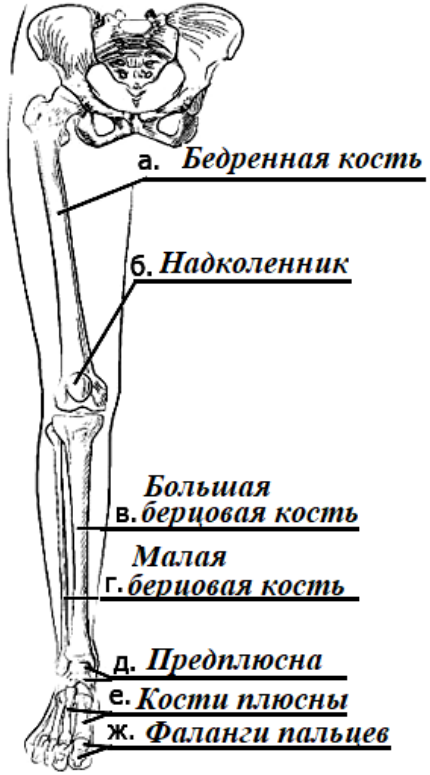
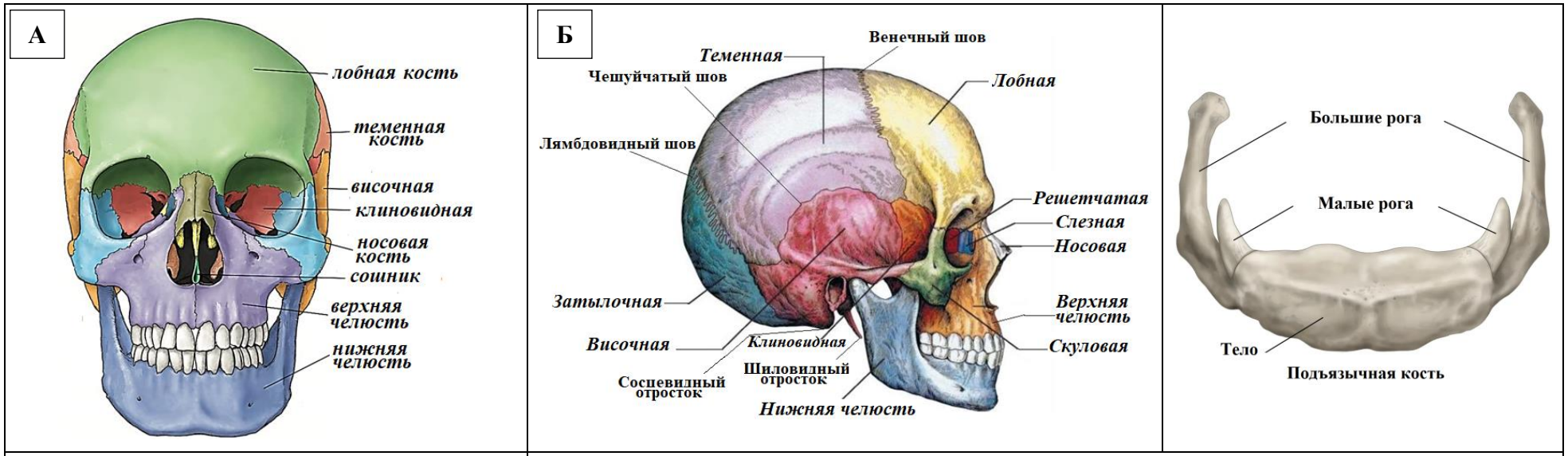


Рис. 2.9. Скелет нижней конечности с костями таза:
а — бедренная кость; б — надколенник; в — большая берцовая кость; г — малая берцовая кость; д — предплюсна; е — кости плюсны; ж — фаланги пальцев

Соединение костей (по Привесу) с примерами

Непрерывные (синартрозы)	Полупрерывные (гемиартрозы)	Прерывные (диартрозы)
***1. Синдесмозы** — соединения посредством соединительной ткани. Пример — связки, мембраны (межкостные перепонки), швы черепа (зубчатый, чешуйчатый, плоский), вколачивания (корни зубов в альвеолах челюсти)* ***2. Синхондрозы** — соединения, у которых в промежутке между костями соединительная ткань переходит в хрящевую. Могут быть **постоянными** (между ребром и грудиной, между телами позвонков) или **временными** и переходить в синостоз.* ***3. Синостозы** — между костями соединительная ткань переходит сначала в хрящевую, а затем в костную. Пример — роднички.*	***Симфиз** — образование узкой щели в центре синхондроза, не имеющей характера настоящей суставной полости с суставными поверхностями и капсулой. Пример — лобковый симфиз*	***Подвижные соединения костей скелета, в которых различают **суставные поверхности** сочленяющихся костей, **суставную капсулу**, окружающую в форме муфты сочленовые концы костей, и **суставную полость**, находящуюся внутри капсулы между костями. Примеры — локтевой, коленный.***



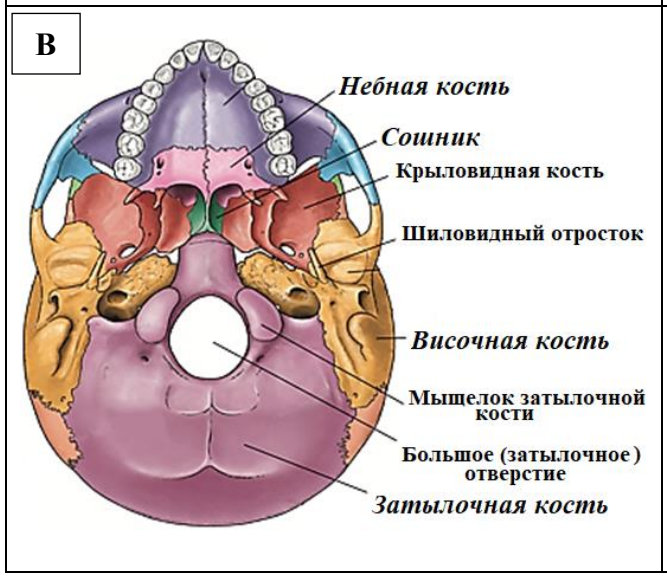


Рис. 2.10. Строение черепа человека:
А — вид спереди; Б — сбоку; В — снизу

В черепе человека выделяют две части: мозговой череп (neurocranium) и висцеральный череп (cranium viscerale). Мозговой череп служит вместилищем головного мозга и связанных с ним органов чувств (зрения, слуха и равновесия). В состав neurocranium входят: непарные (1 — затылочная; 2 — клиновидная; 3 — лобная; 4 — решетчатая кости) и парные (5 — височные; 6 — теменные) кости.

Висцеральный череп окружает верхнюю часть пищеварительного и дыхательного трактов, открывающихся наружу. В состав cranium viscerale входят парные кости (7 — верхняя челюсть, нижняя носовая раковина; 8 — небная; 9 — скуловая; 10 — носовая; 11 — слезная кости) и непарные кости (12 — сошник; 13 — нижняя челюсть, подъязычная кость).

ЖИДКИЕ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

Занятие 3

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Жидкие среды организма: виды (внутри- и внеклеточная / сосудистая, интерстициальная, трансцеллюлярная / жидкость); электролитный состав. Обмен воды в организме.
2. Морфофизиологическая характеристика внешних и внутренних барьеров. Представление о гистогематических барьерах, механизмах транспорта веществ через них и регуляции их проницаемости.
3. Система крови. Состав, количество, свойства, основные функции крови. Гематокрит: определение, величина в норме. Основные факторы, влияющие на величину гематокрита.
4. Плазма: физико-химический состав и функции. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови, его роль и зависимость от содержания осмотически активных веществ и воды. Гипо-, гипер- и изотонические растворы. Расчёт величины осмотического давления плазмы крови.
5. Гемолиз и его виды, плазмолиз. Неблагоприятные последствия гемолиза эритроцитов в организме.
6. Виды и функции белков плазмы (альбуминов, глобулинов, фибриногена). Роль белков в связывании и транспорте веществ (в том числе лекарственных). Функциональное значение ферментов плазмы: протромбина, плазмина, ренина.
7. Низкомолекулярные азотистые соединения (остаточный азот). Продукты распада гемоглобина (билирубин и др.). Безазотистые органические соединения: углеводы, липиды, органические кислоты.
8. Онкотическое (коллоидно-осмотическое) давление плазмы и его роль в обмене воды между кровью и межклеточной жидкостью. Вклад различных белков плазмы в создание онкотического давления.
9. Кислотно-основное состояние крови. Физико-химические и физиологические механизмы, обеспечивающие постоянство pH крови. Основные буферные системы крови. Понятие об ацидозе и алкалозе.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 36–38, 205–211.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 237–243.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 70–73, 483–492.
5. *Общая* физиология. Физиология жидких сред организма : метод. рекомендации / Д. А. Александров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – 90 с. – С. 61–63, 72–82.
6. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 276–277.
7. *Санитарные* нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41. – С. 7–8.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:	
1. Что называется внутренней средой организма? 2. Сколько жидкости содержится в организме взрослого человека? Ребёнка? 3. Каковы масса и объём крови в организме взрослого человека? 4. Что такое гематокрит? Что характеризует этот показатель в нормальных условиях, после острой кровопотери и после инфузии жидкостей? 5. Рассчитайте (в литрах), сколько плазмы и форменных элементов содержится в крови у человека, если известно, что масса его тела 80 кг, а гематокрит равен 40 %. 6. Как различаются концентрации ионов Na+, Cl– и K+ в плазме и в межклеточной жидкости? В межклеточной и внутриклеточной жидкостях? 7. Чему равна осмолярность плазмы крови? Какими субъективными ощущениями сопровождается её повышение? Суточная потребность в воде?	8. Как различить полный и частичный гемолиз? 9. Расположите в порядке уменьшения вклада в величину осмотического давления плазмы: белки, глюкоза, натрий, кальций, хлор, бикарбонат. 10. Почему 0,9%-ный раствор NaCl является изотоническим раствором? Физиологическим? Какие ещё изотонические растворы Вы знаете? 11. Чему равна величина коллоидно-осмотического (онкотического) давления плазмы крови? 12. Какие вещества плазмы крови вносят основной вклад в формирование коллоидно-осмотического (онкотического) давления? 13. Какие последствия для распределения жидкости в организме может иметь гипопротеинемия? Введением растворов каких веществ в сосудистое русло можно скорректировать эти последствия?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 3.1**

Гистогематический барьер — это ***совокупность морфологических структур, физиологических и физико-химических механизмов, функционирующих как единое целое и регулирующих взаимодействия крови и органов***.	Осмотическое давление крови — это ***сила, обеспечивающая движение жидкости через полупроницаемую мембрану по градиенту концентрации растворителя.*** Величина осмотического давления крови ***280–300*** мосмоль/кг.
Перечислите примеры внешних барьеров в организме: 1) ***кожа*;** 2) ***слизистые оболочки:*** А) ***пищеварительного тракта***; Б**) *дыхательных путей и легких***; В) ***мочевыводящих путей.***	Онкотическое давление крови — это ***коллоидно-осмотическое давление, доля осмотического давления, создаваемая высокомолекулярными компонентами раствора.*** Ведущую роль (80 %) в создание онкотического давления вносят (***альбумины***). Величина онкотического давления крови составляет ***25–30*** мм рт. ст.
Виды внеклеточной жидкости с примерами: А) ***внутрисосудистая (кровь, лимфа)***; Б) ***интерстициальная (межклеточная жидкость)***; В***) трансцеллюлярная (ликвор, слюна, желудочный сок, плевральная, внутрисуставная и др.).***	Гемолиз — это ***разрушение мембраны эритроцитов с выходом гемоглобина в окружающую среду.*** Различают следующие его виды: 1) ***осмотический***; 2) ***механический***; 3) **термический**; 4) ***химический.***
Кровь — это ***непрозрачная красная жидкость, состоящая из двух частей: бледно-желтой плазмы и взвешенных в ней форменных элементов.***	Главная ценность почечных механизмов регуляции pH крови заключается в ***способности удалять из плазмы крови избыток кислых продуктов или оснований.***
Назовите форменные элементы крови: 1) ***эритроциты***, 2) ***лейкоциты***, 3) ***тромбоциты.***	Плазма — это ***жидкая часть крови, остающаяся после удаления из нее форменных элементов.*** Её объём у мужчин ***51–60*** %, у женщин — ***58–64*** %.
Назовите две основные группы функций крови: 1) ***транспортная***; 2) ***защитная.***	Два основных электролита плазмы крови (***Na^+***) и (***Cl^-***), которые на 86 % определяют величину (***осмотического***) давления крови.
Три группы белков плазмы крови по их функциям: 1) ***обеспечивающие поддержание онкотического давления (альбумины) и транспорт веществ (α- и β-глобулины)***, 2) ***защитная (γ-глобулины)***, 3) ***регулирующие агрегатное состояние крови.***	

ГИСТОГЕМАТИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ (ГГБ): ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ **Работа 3.2**

Гистогематические барьеры — совокупность морфологических структур, физиологических и физико-химических механизмов, функционирующих как единое целое и регулирующих потоки веществ между кровью и органами.

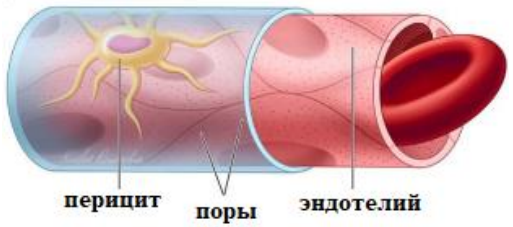
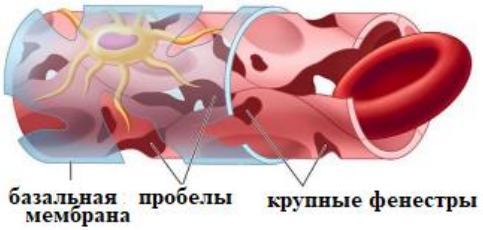
В отличие от внешних барьеров, отделяющих внутреннюю среду организма от внешней, гистогематические барьеры являются внутренними, отделяющими кровь от тканевой жидкости. ГГБ обеспечивают относительное постоянство состава и свойств внутренней, непосредственной среды каждой клетки и органа, адекватной для оптимального функционального состояния всех клеток организма.

Все ГГБ имеют общий принцип организации. Вместе с тем каждый орган имеет свой специализированный барьер, строение и функциональные характеристики которого определяются морфофункциональными особенностями данного органа. С морфологической точки зрения ГГБ — это совокупность структур, разделяющих кровь в гемокапилляре и паренхиматозные элементы органа.

Важнейшей чертой функционирования ГГБ является возможность изменения его проницаемости для ряда веществ в различных условиях. Регуляция проницаемости осуществляется за счет изменения соотношения различных типов капилляров, межклеточных контактов, скорости кровотока, изменения проницаемости клеточных мембран, состояния межклеточного вещества, активности клеточных ферментных систем, пино- и экзоцитоза.

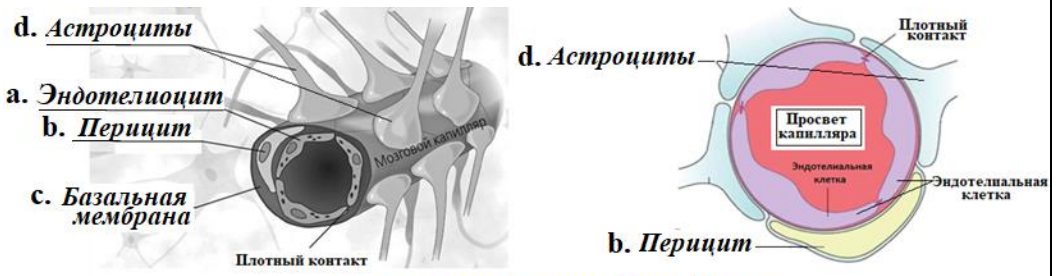
В структуре организации ГГБ выделяют следующие компоненты:	**Функции ГГБ:**
– эндотелиоциты в стенке капилляра; – базальную мембрану эндотелия; – перикапиллярное пространство; – базальную мембрану паренхиматозных элементов органа.	1. Защитная. Защита органа от поступления чужеродных или токсичных веществ экзо- и эндогенной природы. 2. Регуляторная. Обеспечение относительного постоянства физических и физико-химических свойств, химического состава, физиологической активности межклеточной среды органа в зависимости от его функционального состояния.

Особенности строения стенки капилляров

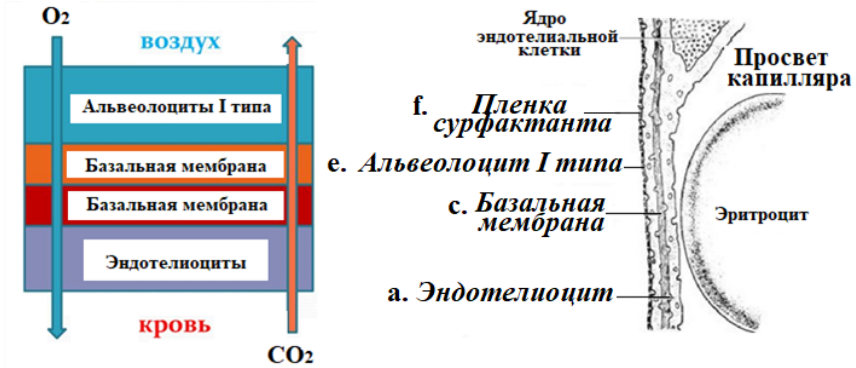
		
1. Капилляр *соматического* типа	**2. Капилляр *фенестрированного* типа**	**3. Капилляр *синусоидного* типа**
Имеют непрерывный эндотелий и базальную мембрану	Характеризуются тонким эндотелием с порами в эндотелиоцитах (фенестрами) и непрерывной базальной мембраной	Имеют поры в эндотелии и прерывистую базальную мембрану (может отсутствовать)

Классификация гистогематических барьеров		
1. *Изолирующие*	**2. *Частично изолирующие***	**3. *Не изолирующие («прозрачные»)***
Гематоэнцефалический Гематоофтальмический Гематотестикулярный.	Гематосаливарный Гематоплацентарный Гематотиреоидный	Гематогепатический Гематоцеллюлярный барьер красного костного мозга

Определения:
гематоэнцефалический барьер — это барьер между ***кровеносным руслом и центральной нервной системой;***
гематоофтальмический барьер — это барьер между ***местными кровеносными сосудами и собственно внутренней частью глаза***;
гематотестикулярный барьер — это барьер между ***кровеносными сосудами и семенными канальцами тестикул***;
гематосаливарный барьер — это барьер между ***кровью и внутренним содержимым слюнных желез***;
гематоплацентарный барьер — это барьер между ***кровью матери и организмом плода.***

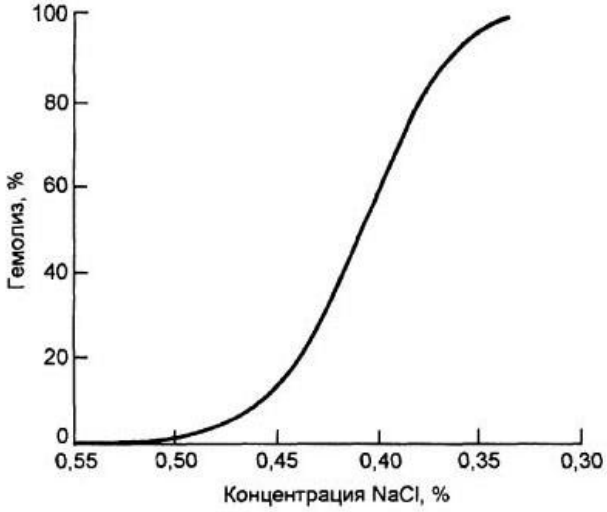


Гематоэнцефалический барьер



Толщина барьера: 0,5 мкм
Базальные мембраны во многих участках сливаются друг с другом

Аэрогематический барьер



Осмотическая резистентность эритроцитов.

По графику определена:

минимальная осмотическая устойчивость эритроцитов:
0,50–0,52 % NaCl

максимальная осмотическая устойчивость эритроцитов:
0,32–0,34 % NaCl

На рис. 3.1 указано, в каком из растворов (гипо- или гипертоническом) находится эритроцит.

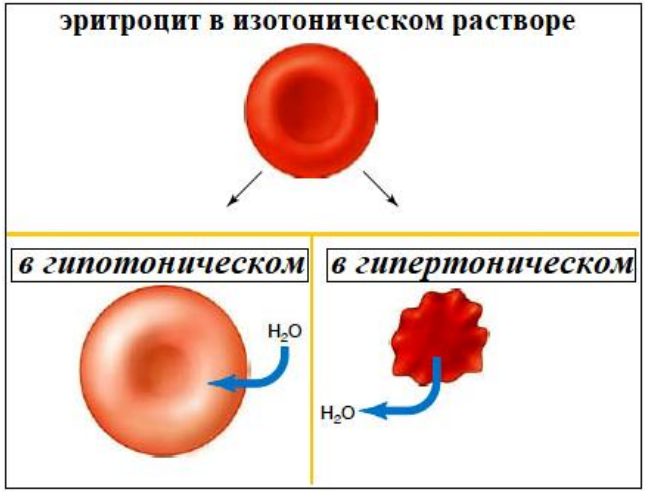


Рис. 3.1

Определение понятий:
минимальная осмотическая устойчивость эритроцитов: ***определяется той наибольшей концентрацией раствора хлористого натрия, при которой разрушаются самые неустойчивые к растяжению (набуханию) эритроциты, что приводит к частичному гемолизу;***
максимальная осмотическая устойчивость эритроцитов: ***определяется той концентрацией раствора NaCl, при которой разрушаются все эритроциты — полный гемолиз (кровь в пробирке имеет прозрачный красный цвет — «лаковая кровь».***

Изотонический раствор ***(от греч. iso — равный, tonos — напряжение)*** — **это** ***раствор, осмотическое давление которого равно осмотическому давлению плазы крови.*** Примеры: ***0,9 % водный раствор NaCl, 4,5–5 % водный раствор глюкозы.***
Гипотонический раствор (***от греч. hipo — под, внизу, tonos — напряжение)*** — **это** ***растворы, осмотическое давление которых ниже осмотического давления плазмы крови.*** **Примеры*****: дистиллированная вода.***
Гипертонический раствор ***(от греч. hiper — над, сверх, tonos — напряжение)*** — **это** ***раствор, осмотическое давление которого выше нормального осмотического давления плазмы крови.*** **Примеры:** ***в медицине применяются 3–10 % водные растворы хлорида натрия, 10–40 % водные растворы глюкозы.***

ГЕМОЛИЗ И ЕГО ВИДЫ

Работа 3.4

Гемолиз — разрушение мембраны эритроцитов с выходом гемоглобина в окружающую среду. В зависимости от причины, вызывающей гемолиз, различают следующие его виды: осмотический, механический, термический, химический, биологический. Физиологический гемолиз является результатом естественного старения и разрушения эритроцитов. В зависимости от локализации гемолиз разделяют на внутриклеточный (происходит в макрофагах селезёнки и печени) и внутрисосудистый (его доля обычно не превышает 10 %).

Материалы и оборудование: кровь крысы, 0,9 % раствор NaCl; 5 % раствор глюкозы; нашатырный спирт; антисептик; дистиллированная вода; 5 пробирок; стеклограф; стеклянная палочка; вата; резиновые перчатки; маска; ёмкость для отработанных материалов с дезраствором. Могут использоваться фотоматериалы электронного атласа.

Ход работы. В первую пробирку наливают 2 мл 0,9 % раствора NaCl, во вторую — 2 мл 0,9 % раствора NaCl и 5 капель нашатырного спирта, в третью — 2 мл дистиллированной воды, в четвёртую — 2 мл 0,9 % раствора NaCl и в пятую — 2 мл 5 % раствора глюкозы. В каждую пробирку вносят по 2 капли крови и перемешивают содержимое, четвёртую пробирку плотно закрывают резиновой пробкой и энергично встряхивают 10–15 с.

Результат оценивают через 45 мин.

Полученные данные внесите в протокол.

ПРОТОКОЛ

№ пробирки	Раствор	Наличие осадка эритроцитов (+ / –)	Окраска раствора	Наличие гемолиза (+ / –)	Вид гемолиза (если есть)
1	0,9 % NaCl	+	Бесцветный	–	–
2	0,9 % NaCl + NH_4OH	–	Красно-коричневый	+	Химический
3	Дистиллированная вода	–	Красный (лаковая кровь)	+	Осмотический
4	0,9 % NaCl + встряхивание	+	Розовый или красный	+	Механический
5	5 % раствор глюкозы	+	Бесцветный	–	–

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕМАТОКРИТА **Работа 3.5**

Показатель гематокрита отражает объём форменных элементов (в первую очередь эритроцитов) в процентах от общего объёма крови. Гематокрит определяют методом микроцентрифугирования (рис. 3.2) или рассчитывают автоматически с использованием современных гематологических анализаторов.

У здорового человека гематокрит венозной и капиллярной крови составляет:

40–49 % (0,40–0,49) у мужчин и **36–42 % (0,36–0,42) у женщин**.

Материалы и оборудование: гематокритный капилляр с прилагаемой шкалой, скарификатор, вата, антисептик, центрифуга, глина или паста для герметизации капилляра.

Ход работы. Для выполнения работы откройте ярлык «**13 Гематокрит**» и перейдите по соответствующей ссылке к flash-анимации (в зависимости от настроек браузера.

Изучите методику определения гематокрита, щелкая мышью по ключевым словам, выделенным синим цветом. Капиллярную или венозную кровь набирают в специальные гематокритные капилляры, предварительно обработанные антикоагулянтом (как правило, гепарином). Капилляры запечатывают парафином, глиной или пастой (или закрывают резиновым колпачком) и центрифугируют в течение 5 минут при 8000 об/мин. Затем совмещают края столбиков эритроцитов и плазмы с линиями 0 % и 100 % на специальной шкале и находят какую часть капилляра в процентах составляют форменные элементы крови.

В современных гематологических анализаторах показатель гематокрита (Ht или HTC) чаще всего подсчитывается как сумма объёмов эритроцитов в единице объёма крови.

Перемещая с помощью мышки гематокритный капилляр, определите показатель гематокрита.

Указания к оформлению протокола. Внесите полученный результат в протокол. Сделайте предположение о возможных механизмах изменения гематокрита.

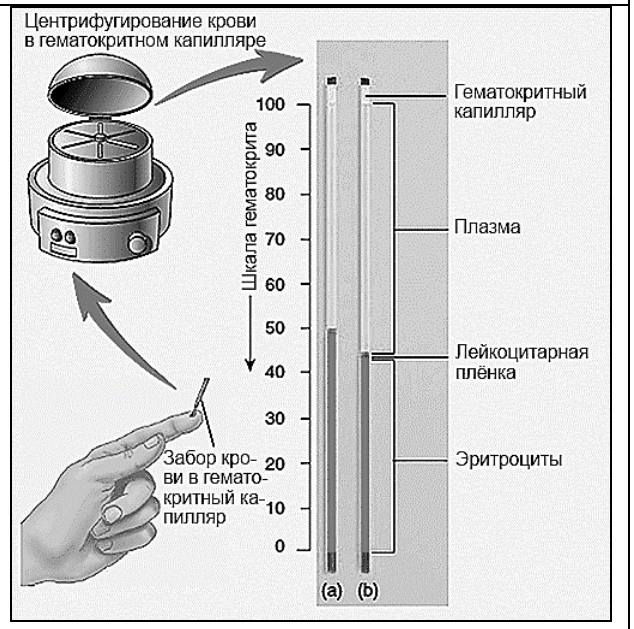


Рис. 3.2. Методика определения гематокрита

ПРОТОКОЛ

1. Значение гематокрита составило ***52*** % или ***0,52***.
2. Нормальное значение гематокрита: у мужчин ***40–49*** % или ***0,40–0,49***
2. Нормальное значение гематокрита: у женщин ***36–2*** % или ***0,36–0,42***

[**Здесь и далее результаты, получаемые студентами при реальном выполнении работы, отличаются!**]

3. **Вывод:** гематокрит ***выше нормы***, что может быть обусловлено ***увеличением*** содержания эритроцитов в единице объёма крови (абсолютный эритроцитоз) либо ***уменьшением*** объёма циркулирующей плазмы (относительный эритроцитоз).

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ. ГЕМОПОЭЗ. ЭРИТРОЦИТОПОЭЗ. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ. ЛЕЙКОПОЭЗ

Занятие 4

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Меры профилактики инфицирования при работе с кровью и другими биологическими жидкостями.
2. Форменные элементы крови. Эритроциты: количество, строение, функции. Гемоглобин: количество, его соединения и типы, химическая структура, функции.
3. Лейкоциты: количество, строение, виды, функции. Лейкоцитарная формула. Физиологический лейкоцитоз. Участие лейкоцитов в специфических и неспецифических иммунных реакциях.
4. Основные показатели общего анализа крови: их физиологическая оценка; понятие о возрастных нормах.
5. Органы гемоцитопоэза и иммуногенеза (центральные и периферические): строение и функции.
6. Гемоцитопоэз (гемопоэз). Теория стволовых клеток: их виды, свойства и функции. Регуляция клеточного состава крови: стимуляторы и ингибиторы эритроцитопоэза, лейкоцитопоэза.
7. Значение и потребности организма здорового человека в незаменимых питательных веществах, витаминах и микроэлементах для поддержания нормального кроветворения. Общее представление о нарушениях кроветворения при дефиците поступления этих веществ в организм.
8. Функциональная система, поддерживающая оптимальное для метаболизма количество форменных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с.– С. 211–220, 221–225.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 243–251, 261–264.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 492–505, 522–532.
5. *Гистология,* цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 126–140, 140–148.
6. *Санитарные* нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41. – С. 7–8.

Вопросы для самоподготовки: 1. Чем отличаются полипотентные стволовые кроветворные клетки от олиго- и унипотентных стволовых клеток? 2. Перечислите основные условия нормального гемопоэза здорового человека. Назовите суточные потребности здорового молодого человека в основных витаминах, микроэлементах, незаменимых компонентах пищи для обеспечения нормального гемопоэза. 3. Почему число эритроцитов и содержание гемоглобина у мужчин выше, чем у женщин? 4. Как изменится СОЭ при анемии, нарушении белоксинтезирующей функции печени, гипергаммаглобулинемии, эритроцитозе? 5. Что характеризует величина цветового показателя, с какой целью её рассчитывают? 6. Какой общей причиной можно объяснить увеличение интенсивности эритропоэза при кровопотере, массивном гемолизе эритроцитов, дыхании при пониженном барометрическом давлении?	7. Какова роль витаминов B_9 (фолиевой кислоты) и B_{12} (цианокоболамина) в гемоцитопоэзе? 8. Как изменится скорость оседания эритроцитов (СОЭ) при уменьшении частичного отрицательного заряда (дзета-потенциала) их мембраны? 9. Сделайте заключение по анализу крови мужчины 20 лет (выполнен в 7.30 утра): эритроциты — 5×10^{12}/л; гемоглобин — 160 г/л; цветовой показатель (ЦП), МСН — рассчитайте; лейкоциты — 12×10^9/л (юные нейтрофилы — 4 %, палочкоядерные нейтрофилы — 10 %; сегментоядерные нейтрофилы — 59 %; базофилы — 0 %; эозинофилы — 1 %; лимфоциты — 20 %; моноциты — 6 %); СОЭ — 30 мм/ч. 10. Сделайте заключение по анализу крови женщины 18 лет (в 7.30 утра): эритроциты — $3{,}4 \times 10^{12}$/л; гемоглобин — 90 г/л; ретикулоциты — 5,2 %; ЦП, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $7{,}2 \times 10^9$/л (палочкоядерные нейтрофилы — 1 %; сегментоядерные нейтрофилы — 39 %; базофилы — 1 %; эозинофилы — 8 %; лимфоциты — 46 %; моноциты — 5 %); СОЭ — 18 мм/ч.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 4.1**

Количество эритроцитов в крови взрослого здорового человека: мужчины ***(3,9–5,1)*** $\cdot 10^{12}$/л; женщины ***(3,7–4,9)*** $\cdot 10^{12}$/л.	Перечислите функции лейкоцитов: 1) ***защитная***; 2) ***регенеративная***; 3) ***регуляторная***; 4) ***транспортная.***
Эритроцитоз — это ***увеличение количества эритроцитов выше верхней границы нормы.***	Лейкоцитоз — это ***увеличение количества лейкоцитов выше верхней границы нормы (> 9 · 10^9 клеток/л).***
Эритропения — это ***уменьшение количества эритроцитов ниже нижней границы нормы.***	Примеры физиологического лейкоцитоза: 1) ***пищеварительный***; 2) ***миогенный***; 3) ***эмоциональный***; 4) ***при беременности.***
Содержание гемоглобина в крови взрослого здорового человека: мужчины ***(130–170)*** г/л; женщины ***(120–150)*** г/л.	Лейкопения — это ***уменьшение количества лейкоцитов ниже нижней границы нормы (< 4 · 10^9 клеток/л).***
Две основные функции гемоглобина: 1) ***дыхательная (транспорт O_2 и CO_2)***; 2) ***буферная, регуляторная (участие в регуляции реакции (pH) крови).***	Гемоцитопоэз — это ***сложный процесс образования, развития и созревания форменных элементов крови: эритроцитов (эритропоэз), лейкоцитов (лейкопоэз), тромбоцитов (тромбоцитопопэз).***
Количество лейкоцитов в крови взрослого здорового человека независимо от его пола составляет ***(4–9)*** $\cdot 10^9$/л.	Стволовая кроветворная клетка — ***родоначальная клетка, способная к дифференцировке по всем росткам кроветворения.***
Лейкоцитарная формула — ***это определенные соотношения между отдельными видами лейкоцитов, выраженные в процентах.***	Центральные органы гемоцитопоэза и иммуногенеза: 1) ***красный костный мозг***; 2) ***тимус (вилочковая железа).***

ТЕХНИКА ВЗЯТИЯ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ **Работа 4.2**

Общий клинический анализ крови — одно из самых распространённых лабораторных исследований. Для его проведения часто используется капиллярная кровь.

При работе с кровью следует помнить о её возможной инфицированности вирусами (ВИЧ, вирусных гепатитов и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования. Поэтому при работе с любым биологическим материалом необходимо помнить правила профилактики инфицирования (повторите материал работы 19.2).

Демонстрация может проводиться в виде просмотра учебного видеофильма.

При лабораторных исследованиях крови и других биологических жидкостей используются средства индивидуальной защиты и санитарно-гигиеническая одежда: резиновые перчатки, очки, маска (или щиток), халат, шапочка, непромокаемый фартук и нарукавники. **Запрещается работа с кровью или другими биологическими жидкостями без использования средств индивидуальной защиты.** Попадание крови или другой биологической жидкости на кожу и слизистые, особенно при их повреждении, должно квалифицироваться как аварийный контакт с инфицированным материалом.

Материалы и оборудование: стерильные одноразовые скарификаторы, вата, пинцет; антисептик (3 % раствор перекиси водорода), СГО (резиновые перчатки, маски, очки или щиток, непромокаемые фартук и нарукавники), ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Взятие капиллярной крови проводится следующим образом:

1. Пациент должен сидеть напротив врача, рука пациента (лучше нерабочая) должна находиться на столе.
2. Забор крови проводят из 4-го пальца, так как синовиальное влагалище его изолировано, что предотвращает распространение воспалительного процесса на кисть в случае инфицирования места укола.
3. Выполняется санитарная обработка рук медицинского персонала.
4. При необходимости палец пациента согревается и слегка массируется для улучшения кровотока.
5. Кожа пальца обследуемого дезинфицируется спиртом или дезраствором.
6. Скарификатор извлекается из одноразовой упаковки за край, противоположный колющему.
7. Прокол кожи делают в подушечке пальца в центральной или боковой точке, скарификатор погружают на всю глубину режущей поверхности (рис. 4.1).
8. Первую каплю крови снимают сухой стерильной ватой (чтобы не было примеси тканевой жидкости), тщательно вытирают палец (кожа должна быть сухой).
9. Следующая капля крови должна иметь выпуклый мениск и не растекаться по пальцу. Эту и последующие капли крови берут для анализа (рис. 4.2, 4.3).
10. После забора крови место укола обрабатывается дезраствором.

Рис. 4.1. Скарификаторы и забор капиллярной крови

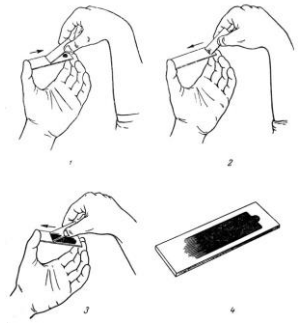


Рис. 4.2. Изготовление мазка крови

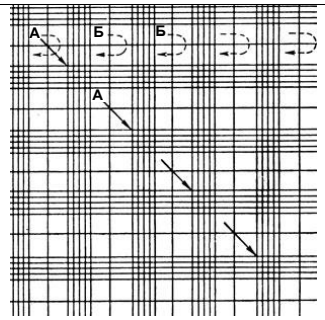


Рис. 4.3. Передвижение сетки при подсчёте эритроцитов (А) и лейкоцитов (Б)

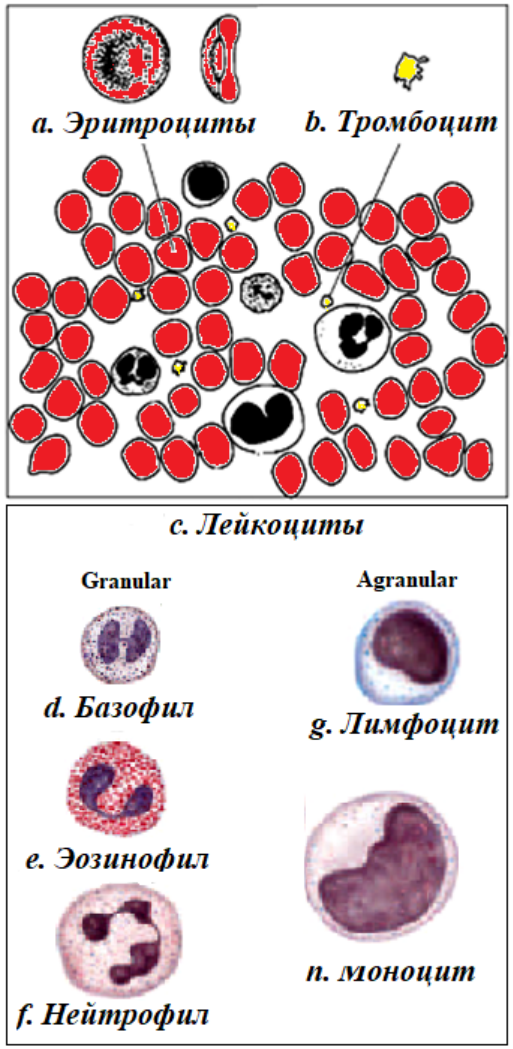
ПРОТОКОЛ

1. Первую каплю крови не используют для анализов потому, что: ***она может содержать примесь тканевой жидкости.***
2. Скарификатор извлекают из индивидуальной упаковки со стороны: ***противоположной колющему краю.***
3. Кровь обычно берут из 4-го пальца руки, поскольку: ***синовиальное влагалище его изолировано, что предотвращает распространение воспалительного процесса на кисть в случае инфицирования места укола.***
4. Забор крови предпочтительно выполнять из ***нерабочей*** (*рабочей или нерабочей*) руки, чтобы ***минимизировать болевые ощущения при выполнении различных видов деятельности.***

ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРОВИ

Работа 4.3

Таблица 4.1



Показатель	Эритроциты		Лейкоциты
Количество в 1л крови у мужчин и у женщин	***(3,9–5,1) · 10^{12}/л***	***(4–9) · 10^{9}/л***	***(4–9) · 10^{9}/л***
Наличие ядра	–		+
Органеллы, их виды	–		***Ядро, рибосомы, лизосомы, митохондрии, ЭПР и др.***
Форма	***85 % — двояковогнутые гладкие диски (дискоциты), 15 % — другая форма***		***Амебовидная, сферическая***
Место образования	***Красный костный мозг***		***Красный костный мозг, тимус***
Продолжительность жизни в крови	***3–4 месяца***		***Несколько часов — несколько дней, месяцы, годы***
Место гибели	***Селезенка (фагоцитоз макрофагами — до 90 %), внутрисосудистый гемолиз — до 10 %***		***ЖКТ, многие органы***
Образование за сутки	***(20–25) · 10^{10} клеток***		***(4–9) · 10^{10} клеток***
Функции	***Транспортная, защитная, регуляторная***		***Защитная; регенеративная; регуляторная; транспортная.***

Для оценки ***абсолютного*** содержания гемоглобина в каждом эритроците используется показатель **MCH** (Mean Corpuscular Hemoglobin) — **среднее содержание гемоглобина в эритроците**, составляющий 30 ± 4,6 пг (прил. 1) (**25,4–34,6**). Получают этот показатель делением содержания гемоглобина (Hb) в 1 л крови на количество эритроцитов в нём:

$$\text{MCH} = \frac{\text{Hb(г/л)}}{\text{Эритроциты}}$$

Цветовой показатель (ЦП) — ***относительная*** величина, показывающая содержание гемоглобина в одном эритроците исследуемой крови относительно стандартного содержания гемоглобина в эритроците.

$$\text{ЦП} = \frac{\text{Hb(\%)}}{\text{Эритроциты(\%)}}, \text{ где}$$

$$\text{Hb(\%)} = \frac{\text{Hb(г/л)}}{167\ \text{г/л}} \times 100\% \quad \text{и} \quad \text{Эритроциты(\%)} = \frac{\text{Эритроциты}}{5 \times 10^{12}/\text{л}} \times 100\%$$

Например, если содержание гемоглобина в крови равно 152 г/л, а количество эритроцитов равно $4{,}56 \times 10^{12}$/л, тогда:

MCH = 152 / ($4{,}56 \times 10^{12}$) = $33{,}3 \times 10^{-12}$ г = 33,3 пг

Hb (%) = 152 / 167 × 100 % = 91 %

Эритроциты (%) = ($4{,}56 \times 10^{12}$ / $5{,}00 \times 10^{12}$) × 100 % = 91 %

ЦП = 91 % / 91 % = 1,00

ЦП на практике вычисляют делением содержания гемоглобина в г/л на число *первых трех цифр* количества эритроцитов в 1 л крови, с последующим умножением полученного частного на 3:

$$\text{ЦП} = \frac{3 \times \text{Hb(г/л)}}{\text{Эритроциты} \times 10^{-10}}$$

Тогда **ЦП равен** 3 × 152 / ($4{,}56 \times 10^{12} \times 10^{-10}$) = **3 × 152 / 456** = 1,00.

ЦП здорового человека равен **0,8–1,05** (**нормохромия**).

При пониженном содержании гемоглобина в эритроцитах ЦП **меньше 0,8** (**гипохромия**, которая обычно имеет место при дефиците в организме железа), при повышенном — **больше 1,05** (**гиперхромия**, обычно наблюдающаяся при дефиците витамина B_{12} и/или фолиевой кислоты).

Аналогичным образом оценивается и показатель MCH.

Дополнительно

MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) — **средняя концентрация гемоглобина в эритроците**. Для его вычисления необходимо знать величину гематокрита (HTC) и содержание Hb в 100 мл крови (г% или г/дл). Вычисляется по формуле:

$$\text{MCHC} = \frac{\text{Hb(г/дл)}}{\text{HTC(\%)}} \times 100\,\%$$

Различия между MCH и MCHC заключаются в том, что MCH указывает на массу гемоглобина в одном эритроците, тогда как MCHC даёт информацию об отношении содержания гемоглобина к объёму клетки. Он напрямую связан с синтезом гемоглобина и отражает ***насыщение*** эритроцита гемоглобином.

В норме MCHC составляет **30–37 г/дл**. В отличие от MCH, MCHC не зависит от клеточного объёма, его снижение является чувствительным показателем нарушения гемоглобинообразования. Увеличение данного показателя в абсолютном большинстве случаев указывает на наличие ошибки при определении показателей красной крови.

MCV (Mean Corpuscular Volume) — **средний объём эритроцитов**. В современных гематологических анализаторах значение MCV представляет собой среднюю величину объёма всех измеренных эритроцитов. Также его можно рассчитать по формуле:

$$\text{MCV} = \frac{\text{HTC (\%)} \times 10}{\text{Эритроциты} \times 10^{-12}}$$

Показатель MCV используется для оценки микро-, нормо- и макроцитоза. В норме средний объём эритроцита составляет 80–100 фл (1 фл = 1 мкм^3 = 10^{-15} л) (Прил. 1.). Эти значения MCV характерны для нормоцитов. Если величина MCV меньше 80 фл, диагностируется *микроцитоз*, если больше 100 фл — *макроцитоз*. Необходимо учитывать, что MCV может иметь нормальное значение при наличии у пациента одновременно выраженного макро- и микроцитоза, поэтому MCV всегда следует рассматривать в совокупности с эритроцитарной гистограммой и показателем RDW.

RDW (Red Cell Distribution Width) — **ширина кривой распределения эритроцитов**, рассчитывается как коэффициент вариации среднего объёма эритроцитов по формуле:

$$RDW = \frac{SD \times 100\ \%}{MCV},$$

где SD — стандартное отклонение объёма эритроцитов от среднего значения.

В норме показатель RDW составляет 11,5–14,5 %. Увеличение значении RDW указывает на высокую степень гетерогенности размеров эритроцитов — *анизоцитоз*, при этом MCV становится малоинформативным в силу своей усреднённости. С другой стороны, при наличии в крови клеток с изменённым, но однородным объёмом (например, микроцитов), значение RDW может быть в пределах нормы, так как оно характеризует колебания объёма клеток внутри популяции и не связано с абсолютной величиной объёма эритроцита.

Графически увеличение RDW отображается уплощением и увеличением ширины эритроцитарной гистограммы (рис. 4.4). Повышение RDW характерно для анемий с выженным анизоцитозом — железодефицитной, B_{12}-дефицитной.

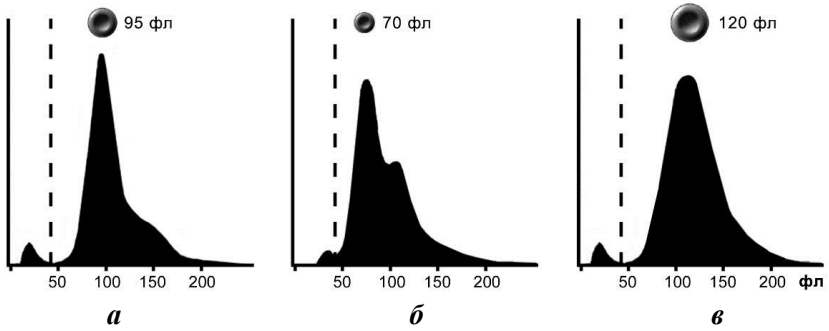


Рис. 4.4. Кривые распределения эритроцитов и тромбоцитов:
а — нормальная гистограмма (MCV — 95 фл, RDW — 13,6 %), прерывистая вертикальная черта (35 фл) — граница дифференциации тромбоцитов (левее) и эритроцитов (правее); *б* — выраженный анизоцитоз, присутствие двух популяций эритроцитов с преобладанием микроцитов; *в* — анизоцитоз с преобладанием макроцитов.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте ЦП исследуемой крови, пользуясь показателями количества эритроцитов и содержания гемоглобина, указанных в протоколе.
2. Оцените полученный результат (нормо-, гипо- или гиперхромия).

ПРОТОКОЛ

1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови равно **135 г/л.**
Количество эритроцитов в исследуемой крови равно **4,15 · 10^{12}/л.**

ЦП = (*135*: *415*) · 3 = *0.97*

2. Вывод:_____ ***нормохромия***_____ **(нормо-, гипо- или гиперхромия)**

А. Определение СОЭ по методу Панченкова.

Работа может проводиться как демонстрационная в виде просмотра учебного фильма.

При сохранении крови в несвёртывающемся состоянии эритроциты оседают на дно пробирки, так как их удельный вес (1,096 кг/л) выше, чем плазмы (1,029 кг/л). В норме у молодых здоровых людей **СОЭ по Панченкову** составляет: **у мужчин — 1–10 мм/ч; у женщин — 2–15 м/ч.**[1] Важнейшими факторами, влияющими на СОЭ, являются соотношение различных видов белков плазмы крови, количество эритроцитов и их заряд (дзета-потенциал).

Считается, что уменьшение отрицательного заряда мембраны эритроцитов, экранируемого положительно заряженными компонентами крови, или же увеличение расстояния между эритроцитами при анемиях или гемодилюции, приводит к увеличению СОЭ, и наоборот. В результате **СОЭ повышается**:

– при многих заболеваниях или после вакцинации из-за увеличения содержания в крови провоспалительных белков (**С-реактивного белка, иммуноглобулинов, фибриногена и др.**) и/или снижения содержания альбуминов;

– при снижении количества эритроцитов (в т. ч. у женщин по отношению к мужчинам);

– в физиологических условиях во время беременности (в т. ч. и в связи с повышением концентрации Ca^{2+}), при голодании, с возрастом.

Уменьшение СОЭ вызывают:

– эритроцитоз (альпинисты, горцы) и/или уменьшение объёма циркулирующей плазмы (усиленное потоотделение и т. п.);

– повышение содержания альбуминов или желчных пигментов.

Материалы и оборудование: кровь крысы, прибор Панченкова с капиллярами, пробирка или часовое стекло, 2 ёмкости на 2–3 мл, СГО, вата, антисептик, антикоагулянт (5 % раствор цитрата натрия или 3,8 % ЭДТА) — связывает ионы кальция, ёмкость для отработанного материала с дезраствором.

Ход работы. Для определения СОЭ используют прибор Панченкова. Пипетку (капилляр) прибора промывают 5 % раствором цитрата натрия, набрав его до отметки «Р» и выдув в пробирку (чашечку) или на вогнутое стекло. Кровь крысы аккуратно взбалтывают, дважды набирают до отметки «К» и выдувают к антикоагулянту, тщательно перемешивая с цитратом натрия. Смесь набирают в капилляр до метки «0» и помещают капилляр в штатив **на 1 час строго вертикально**. Результат определяют по снижению красного столбика эритроцитов в капилляре от точки «0» (в миллиметрах) (рис. 4.5).

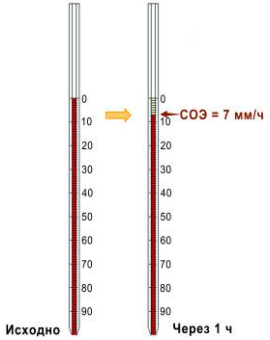


Рис. 4.5

При определении СОЭ **строго соблюдают**:

– точность соотношения цитрата Na и крови — 1:4;

– вертикальность расположения пипетки в штативе;

– температуру в помещении — 18–22 °С

(при более низкой температуре СОЭ уменьшается, а при более высокой — увеличивается).

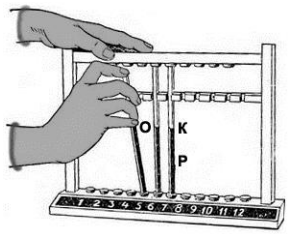


Рис. 4.6. Прибор Панченкова

ПРОТОКОЛ

1. СОЭ исследуемой крови = ***7*** мм/ч, пол ***муж***.
2. В норме СОЭ: у молодых мужчин ***1–10*** мм/ч; у молодых женщин ***2–15*** мм/ч;
3. При определении СОЭ кровь смешивают с 5 % раствором цитрата натрия с целью ***связывания ионов кальция и предупреждения свертывания крови.***
4. **Вывод: [сравнивают полученный результат с нормой]** (***СОЭ в норме****, повышена, замедлена*)

[1] СОЭ у новорожденного составляет 1–2 мм/ч, в 6 мес. — 4–10 мм/ч, в 1 год — 4–12 мм/ч. У пожилых людей — 1–20 мм/ч.

Б. Определение СОЭ по методу Вестергрена.
Этот метод определения СОЭ широко распространён в мире и в последнее время всё чаще используется в нашей стране. Кровь собирается в вакуумную пробирку с противосвёртывающим раствором ЭДТА или 3,8 % раствором цитрата Na (4 части крови с 1 частью антикоагулянта). Измерение СОЭ проводится в капилляре Вестергрена со шкалой 200 мм и внутренним диаметром 2,5 мм. Считается, что в этих условиях СОЭ определяется **более точно и является эталонной**.

В настоящее геманализаторы часто определяют СОЭ методом кинетики агрегации эритроцитов — путём многократного измерения (1000 измерений за 20 с) изменения оптической плотности исследуемой пробы. Затем аппарат рассчитывает СОЭ по Вестергрену используя математический алгоритм.

Результаты измерений СОЭ в мм/час методами Панченкова и Вестергрена совпадают или близки при низких значениях СОЭ. Нормальными величинами **СОЭ по Вестергрену** являются: в возрасте до 10 лет — до 10 мм/час; до 50 лет — до 15 мм/час (муж) и до 20 мм/час (жен); старше 50 лет — до 20 мм/час (муж) и до 30 мм/час (жен). При повышенной СОЭ её значения, полученные разными методами, могут существенно различаться. Так, при СОЭ 45 мм/час по Панченкову, она составляет 57 мм/час по Вестергрену, т. е. отличается в сторону более высоких значений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА ПО СПОСОБУ САЛИ **Работа 4.6**

Работа может проводиться в виде демонстрации учебного фильма. Содержание гемоглобина (Hb) в норме составляет[2]: у мужчин — **130–170 г/л**; у женщин — **120–150 г/л**.

Содержание Hb в крови определяют путём измерения количества продукта реакции, образующегося при взаимодействии гемоглобина с различными реактивами. Одним из простейших методов является *колориметрический*, основанный на определении степени интенсивности коричневой окраски раствора ***солянокислого гематина*** — вещества, образующегося при взаимодействии Hb с соляной кислотой. При этом количество Hb пропорционально интенсивности окраски.

Для измерения Hb используется гемометр Сали. Он состоит из штатива, задняя стенка которого сделана из матового стекла, и трех пробирок одинакового диаметра. Средняя пробирка градуирована в г% и предназначена для измерения содержания Hb, а в двух боковых, запаянных, содержится стандартный окрашенный раствор хлорида гематина. Кровь, использованная для приготовления стандарта, содержала 16,7 г%, или 167 г/л Hb.

Материалы и оборудование: кровь крысы, пинцет, вата, гемометр Сали в наборе, 0.1 N раствор HCl, ёмкость на 2–3 мл, дистиллированная вода, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

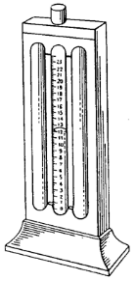
Ход работы. Для определения содержания гемоглобина (Hb) в среднюю пробирку до круговой метки вносят пипеткой **0,1 N раствор HCl**. В капилляр набирают 20 мкл крови, вытирают его кончик ватой (во избежание получения завышенных результатов) и аккуратно выдувают кровь на дно пробирки, не допуская перемешивания с соляной кислотой. Поднимают кончик капилляра вверх и промывают его чистым слоем соляной кислоты. Содержимое пробирки перемешивают стеклянной палочкой, пробирку помещают в штатив прибора Сали на 10 мин.

За это время из Hb образуется ***солянокислый гематин***, и раствор приобретает темно-коричневую окраску, схожую с цветом кофе. Затем в пробирку пипеткой аккуратно добавляют дистиллированную воду до тех пор, пока цвет раствора не станет таким же светло-коричневым, как цвет стандарта в двух боковых пробирках (при каждом добавлении воды раствор перемешивают стеклянной палочкой).

Содержание Hb определяют по нижнему мениску раствора. Число на градуировке пробирки показывает содержание г Hb в граммах на 100 мл крови (г% или г/дл). Например, исследуемая кровь содержит 15,5 г% Hb, следовательно, содержание Hb в 1 л крови составляет 155 г/л.

Указания к оформлению протокола:

1. *Определите* содержание гемоглобина в исследуемой крови.
2. *Оцените* полученный результат, сравнив его с нормой.



Гемометр Сали

ПРОТОКОЛ

1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови = ***13,3*** г% (г/дл), или ***133*** г/л.
2. Нормальное содержание гемоглобина:
   у мужчин ***130–170*** г/л
   у женщин ***120–150*** г/л
3. **Вывод:** содержание гемоглобина в исследуемой крови ***нормальное*** (*нормальное, повышено или снижено*)
4. Уменьшение содержания гемоглобина и/или эритроцитов ниже нормы называется ***анемией.***

[2] У новорождённых — 190–230 г/л, у детей до 5 лет — 110–140 г/л.

РУЧНЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ

Работа 4.7

Исследование крови — один из важнейший диагностических методов. Обычный общий клинический анализ крови предоставляет в распоряжение врача одновременно следующие показатели: концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов, цветовой показатель, количество лейкоцитов с подсчетом лейкоцитарной формулы, скорость оседания эритроцитов. Для их определения многие десятилетия использовались *ручные методы, основанные на двух принципах: разведения и оптического подсчета клеток под микроскопом или оптического измерения продуктов химических реакций гемоглобина* с последующей математической обработкой полученных данных.

Для подсчета форменных элементов кровь разбавляли в специальных смесителях (**меланжерах**), чтобы создать оптимальную для подсчета концентрацию клеток. Меланжер представляет собой капилляр с ампулообразным расширением. Капилляр градуирован метками: 0,5 и 1, до которых набирают кровь; третья метка стоит за ампулообразным расширением, до этой метки набирают растворитель. Меланжер для эритроцитов и тромбоцитов маркирован меткой «101», а меланжер для лейкоцитов — меткой «11». В качестве растворителя при подсчете эритроцитов применяют гипертонический 3%-ный раствор хлорида натрия, в котором эритроциты сморщиваются. Это делает их более контрастными в поле зрения микроскопа. Для подсчета лейкоцитов применяют 5%-ный раствор уксусной кислоты, подкрашенный метиленовой синью. Кислота разрушает плазматические мембраны всех форменных элементов, а ядра лейкоцитов, остающиеся не разрушенными и взвешенными в растворе, окрашиваются метиленовым синим и становятся доступными для подсчета. В результате для подсчета эритроцитов кровь разводили в 202 раз, а лейкоцитов — в 22 раза.

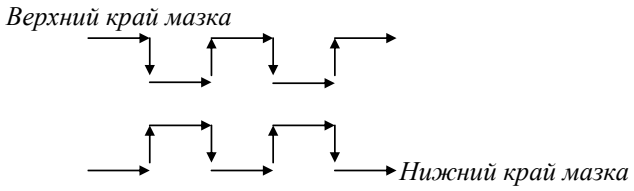
Затем под микроскопом в счетной камере с помощью масштабной сетки Горяева производили подсчет эритроцитов, лейкоцитов, а при необходимости — и тромбоцитов. Счетная камера типа Алферова–Бюркеля представляет собой толстое стекло, в средней части которого имеются 4 желобка. Между ними образуются 3 узкие площадки. Средняя площадка ниже боковых на 0,1 мм и градуирована специальной масштабной сеткой Горяева. Так как высота боковых площадок на 0,1 мм больше средней, при наложении покровного стекла над сеткой образуется пространство глубиной в 0,1 мм. Масштабная сетка Горяева в счетной камере Алферова–Бюркеля содержит 225 больших квадратов. Каждый девятый квадрат разделен дополнительно поперечными и продольными линиями на 16 маленьких квадратиков. Таких больших квадратов, разделенных на маленькие, в сетке 25. Сторона маленького квадратика равна 1/20 мм, площадь $1/20 \cdot 1/20 = 1/400$ мм^2, таким образом объем пространства над малым квадратиком равен $1/400 \cdot 1/10 = 1/4000$ мм^3.

Считали эритроциты под **большим** увеличением **микроскопа** в 5 больших квадратах, расположенных по диагонали. В каждом большом квадрате находится 16 маленьких квадратиков. Подсчет клеток вели, руководствуясь правилом Егорова: к данному квадратику относятся эритроциты, лежащие как внутри, так и на его левой и верхней границе.

Лейкоциты считали в 25 больших квадратах. Затем по формулам рассчитывали содержание клеток в 1 квадратике и делали перерасчет на 1 л крови с учетом разведения.

Лейкоцитарную формулу подсчитывают в окрашенных мазках крови. Подсчитывают 100 лейкоцитов и выражают соотношение отдельных их видов в процентах. При большом количестве лейкоцитов или при измененной лейкоцитарной формуле следует подсчитывать не менее 200 клеток, и полученный результат делить на число подсчитанных сотен. При выраженных лейкопениях, особенно если количество лейкоцитов будет менее 100 в 1 мкл, можно считать 50 клеток и полученный результат умножить на 2.

В мазке более крупные формы клеток (моноциты, нейтрофилы, миелобласты и др.) располагаются больше по периферии, вдоль его верхнего и нижнего краев, а более мелкие (лимфоциты, микромиелобласты и др.) находятся близко к центру. Поэтому подсчет клеток производят всегда по одной и той же определенной системе: половину клеток считают по одной продольной стороне мазка, а другую — на противоположной его стороне. Счет ведут по зигзагу: 3–4 поля зрения по краю мазка, потом 3–4 поля зрения под прямым углом к середине мазка, затем продолжают счет в 3–4 полях зрения параллельно краю мазка и возвращаются к краю мазка, продолжая счет в 3–4 полях зрения. Такое движение продолжается до тех пор, пока не сосчитают половину клеток. Затем переходят на противоположный край, где отсчитывают вторую половину клеток.



Лучше считать в самом тонком месте ближе к концу мазка, где хорошо видна структура клеток, а не в начале мазка, где слой крови самый толстый. Считать клетки по краю можно до тех пор, пока эритроциты лежат раздельно, а не сложены в монетные столбики (признак толстого слоя). Дойдя до такого места, нужно переходить на другую сторону мазка или продолжить счет в другом мазке. Особенно важно придерживаться этого правила при патологически измененной крови, при наличии молодых клеток, выявить которые в толстом мазке трудно.

Подсчет лейкоцитарной формулы проводят с помощью специального 11-клавишного счетчика.

Лейкоцитарная формула дает представление только об относительном (в процентах) содержании лейкоцитов. Абсолютное количество различных видов лейкоцитов рассчитывают по формуле:

$$\mathbf{N = A \cdot B / 100,}$$

где A — % содержание того или иного вида лейкоцитов; B — общее количество лейкоцитов в 1 л крови; N — абсолютное количество того или иного вида лейкоцитов в 1 л крови.

Опытный лаборант за рабочую смену мог сделать 10–12 полных анализов крови. При этом процент ошибок при ручном подсчете клеток крови (даже у опытных лаборантов) составлял: для нормального количества лейкоцитов 6–7 %, а при лейкопении — 15 %, для эритроцитов — 2–4 %, для тромбоцитов — 7–23 %.

В последние 3–4 десятилетия в проведении гематологического анализа произошли значительные изменения, обусловленные созданием высокотехнологичных мультипараметрических систем для его осуществления. Гематологические анализаторы последнего поколения дают 26 и более показателей крови в сочетании с графическим представлением распределения основных клеточных популяций (гистограммы). В отличие от трудоемких ручных методов исследования, автоматический и полуавтоматический анализаторы крови позволяют исследовать до 100 и более проб в час. При этом используется не более 150 мкл крови. Особое преимущество автоматического анализа — высокая точность исследования (величина ошибки не превышает 1–3 %), поскольку подсчету подвергается обычно около десяти тысяч клеток.

В гематологических анализаторах используются различные методы для определения разных показателей крови, которую предварительно разбавляют вручную (при проведении исследования в полуавтоматических анализаторах) или автоматически (в гемоанализаторах-автоматах).

В современных гемоанализаторах для подсчета клеток крови используется принцип проточной цитометрии с кондуктометрическим и/или оптическим методами регистрации сигналов прохождения суспензии форменных элементов через суженный участок капилляра со скоростью до 30 м/с.

Кондуктометрический метод регистрации, разработанный братьями Coulter в 1956 г., основан на измерении разницы электропроводности клеток крови и используемого для разбавления жидкости (электролита). Причем этот метод позволяет не только подсчитать количество клеток, но и охарактеризовать объем каждой проходящей через апертурное отверстие клетки, поскольку амплитуда сигнала пропорциональна объему замещенного электролита.

Определение объемов позволяет дифференцировать эритроциты и тромбоциты, а после лизиса клеток проводить подсчет лейкоцитов по их ядрам, а также дифференцировать лейкоциты по размерам ядер на малые и большие.

Измерение объемов клеток позволяет рассчитать их средний объем и степень их **анизоцитоза**, а также построить гистограммы распределения основных клеточных популяций по их объему. Кроме того, в результате суммирования прямо измеренных объемов эритроцитов в единице объема крови можно получить показатель гематокрита. Разновидностью кондуктометрического метода является радиочастотный анализ, когда клетки крови проходят апертурное отверстие в поле тока высокой частоты.

В основе оптического метода лежит анализ колебаний интенсивности проходящего через раствор крови светового потока в результате его частичного поглощения и рассеивания клетками крови, а также их флюоресценции после предварительного добавления к ним специальных красителей. В качестве источников света и для возбуждения флюоресценции используют газовые лазеры или дуговые ртутные лампы.

Сигналы регистрируют по 5 параметрам: прямое светорассеяние (под углом 0,5–2°) для оценки размеров клетки; угловое светорассеяние (под углом 15–150°) для изучения гранулярности цитоплазмы; ослабление осевого света (светопоглощение) для анализа размеров и плотности клеток; флюоресценция (в том числе поляризация (поляризация света лазера) флюоресценции и анализ флюоресцентных сигналов волновой формы) для изучения специфических клеточных компонентов, структур, ферментов и т. д. Оптический метод дает возможность производить дифференциальный подсчет всех основных типов лейкоцитов: эозинофилов, базофилов, нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов.

Следует отметить, что такой показатель общего анализа крови, как скорость оседания эритроцитов, до сих пор определяется ручным способом.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ **Работа 4.8**

Общий анализ крови (ОАК) — одно из самых распространённых лабораторных исследований, которое включает определение следующих основных показателей:

1) **количество эритроцитов в 1 л крови;**
2) **содержание гемоглобина в 1 л крови;**
3) **расчёт цветового показателя и других эритроцитарных индексов;**
4) **количество лейкоцитов в 1 л крови;**
5) **лейкоцитарная формула;**
6) **скорость оседания эритроцитов;**
7) **количество тромбоцитов в 1 л крови.**

К дополнительным исследованиям относят: определение количества тромбоцитов в 1 л крови, подсчёт процентного содержания ретикулоцитов и некоторые другие показатели.

По показателям ОАК врач, с учётом результатов других исследований и симптомов заболевания у пациента, может оценить дыхательную функцию крови (по содержанию гемоглобина, количеству эритроцитов); интенсивность эритропоэза (по количеству эритроцитов и ретикулоцитов); предположить наличие инфекционно-воспалительных и аутоиммунных процессов в организме, оценить скорость лейкоцитопоэза (по количеству лейкоцитов, сдвигу лейкоцитарной формулы влево и изменениям СОЭ) и т. д.

На результаты ОАК могут оказать влияние многие факторы. Физические нагрузки, стресс, приём богатой белком пищи могут вызвать перераспределение клеток крови и привести к формированию физиологического лейкоцитоза. Для получения корректных результатов исследования важно соблюдать ***условия забора крови для ОАК***:

– при выполнении анализа первую каплю крови следует снять стерильным ватным тампоном, чтобы избежать разведения крови примесью тканевой жидкости;

– кровь сдаётся на анализ утром строго натощак (через 10–12 часов после приёма пищи);

– за два часа до сдачи крови следует воздержаться от курения, употребления сока, чая, кофе, можно пить в небольшом количестве негазированную питьевую воду;

– за два дня до исследования необходимо исключить из рациона жирную, жареную, острую пищу и алкоголь. Не следует голодать;

– перед сдачей крови необходимо избегать эмоционального напряжения, физических нагрузок (бег, подъём по лестнице), физиотерапевтических процедур, инструментального обследования, рентгенологического и ультразвукового исследований, массажа и других процедур, в течение 15–30 минут перед сдачей крови рекомендуется спокойно посидеть, отдохнуть;

– за день до анализа исключают интенсивные физические нагрузки (занятия в тренажёрном зале), тепловые процедуры (сауна, баня);

– повторные анализы для динамического наблюдения необходимо проводить в той же лаборатории и в одно и то же время суток.

В настоящее время вместо рутинных ручных методов гематологического анализа всё шире используются возможности, реализованные в гематологических анализаторах. Их использование позволило пополнить ОАК новыми диагностически значимыми параметрами, которые расширили понимание процессов, происходящих в организме в норме и при различных заболеваниях.

В большинстве современных гематологических анализаторов при представлении результатов анализа используются следующие сокращения:

1) WBC (*White Blood Cells*) — количество лейкоцитов;
2) NEU (*Neutrophils*) — процентное содержание нейтрофилов;
3) LYM (*Lymphocytes*) — процентное содержание лимфоцитов;
4) EOS (*Eosinophils*) — процентное содержание эозинофилов;
5) BASO (*Basophils*) — процентное содержание базофилов;
6) MID или MON, MONO (*Middle Cells or Monocytes*) — процентное содержание лейкоцитов среднего размера, в основном, моноцитов с примесью базофилов, эозинофилов и крупных лимфоцитов;
7) GRA (*Granulocytes*) — процентное содержание лейкоцитов большого размера, т. е. нейтрофилов, эозинофилов и базофилов;
8) RBC (*Red Blood Cells*) — количество эритроцитов;
9) HGB (*Hemoglobin*) — содержание гемоглобина;
10) HTC или Ht (*Hematocrit*) — показатель гематокрита;
11) MCV (*Mean Corpuscular Volume*) — средний объём эритроцита;
12) MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) — среднее содержание гемоглобина в эритроците;
13) MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) — концентрация гемоглобина в одном эритроците;
14) RDW (*Red Cell Distribution Width*) — ширина распределения эритроцитов по объёму;
15) PLT (*Platelets*) — количество тромбоцитов (нормальные значения см. в работе 7.1);
16) MPV (*Mean Platelet Volume*) — средний объём тромбоцитов;
17) PCT (*Platelet Crit*) — тромбокрит;
18) PDW (*Platelet Distribution Width*) — ширина распределения тромбоцитов по объёму.

Ход работы

А. Проанализированы результаты общего анализа крови, полученного при помощи гематологического анализатора (рис. 4.7).

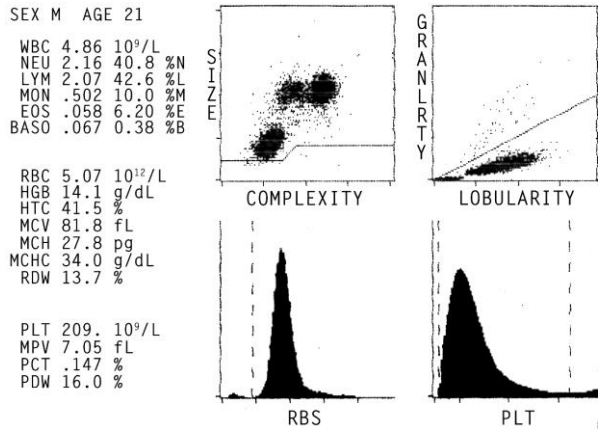


Рис. 4.7. Общий анализ крови[3]:
Size — размер лейкоцитов; *complexity* — сложность строения; *granlrty (granularity)* — гранулярность; *lobularity* — дольчатость ядер.

Рассчитайте ЦП: ***141 × 3 / 507 = 0,83***

Вывод: _____ (*гипо-*, ***нормо-*** *или гиперхромия*)
[*Дополнительно: на первый взгляд выявляются нейтропения, лимфоцитоз и эозинофилия, но при анализе количества (не доли) разных видов лейкоцитов заключение уточняется: имеется абсолютная и относительная нейтропения, но лимфоцитоз относительный как следствие абсолютной нейтропении, абсолютная эозинопения с относительной эозинофилией по той же причине*]

Б. Проанализированы результаты ОАК молодой женщины. Сделано ***заключение*** о соответствии полученных результатов норме. В ***выводе*** указаны отклонения от нормы (при наличии).

ПРОТОКОЛ

Показатель	Норма	Результат	Заключение
1. Эритроциты (RBC)	(3,9–5,1) × 10^{12}/л, м (3,7–4,9) × 10^{12}/л, ж	3,4 × 10^{12}/л	***эритропения (анемия)***
2. Гемоглобин (HGB)	130–170 г/л, м 120–150 г/л, ж	96 г/л	***анемия***
3. Цвет. показатель (ЦП)	0,8–1,05	= ***расчёт = 0,84***	***нормохромия***
4. МСН	25,4–34,6 пг	= ***расчёт =28,2пг***	***норма***
5. Лейкоциты (WBC)	(4–9) × 10^9/л	13,4 × 10^9/л	***лейкоцитоз***
6. Лейкоцитарная формула:	100 %	== ***100 %***	
6.1. Нейтрофилы: миелоциты юные палочкоядерные сегментоядерные	 0 % 0–1 % 1–5 % 47–68 %	 2 % 3 % 8 % 47 %	 ***повышено*** ***повышено*** ***повышено*** ***норма***
6.2. Эозинофилы	1–5 %	4 %	***норма***
6.3. Базофилы	0–1 %	0 %	***норма***
6.4. Моноциты	2–10 %	5 %	***норма***
6.5. Лимфоциты	18–40 %	31 %	***норма***
7. СОЭ по Панченкову	1–10 мм/ч, м 2–15 мм/ч, ж	17 мм/ч	***повышена***
8. Тромбоциты	(140–450) × 10^9/л	347 × 10^9/л	***норма***
Дополнительные показатели:			
Индекс сдвига[4]	0,05–0,1	= ***расчёт = 0,28***	***увеличен***
Ретикулоциты	0,5–1,2 %	0,8 %	***норма***

Вывод: ***нормохромная анемия, лейкоцитоз со сдвигом влево (вероятно, реактивный), СОЭ повышена.***

[3] Среди новых тромбоцитарных показателей в современных гематологических анализаторах используются:
IPF (*Immature Platelet Fraction*) — фракция незрелых тромбоцитов. Отражает состояние костномозгового тромбоцитопоэза. В норме 1,0–10,3 %;
MPC (*Mean Platelet Component*) — средний тромбоцитарный компонент. Характеризует плотность и гранулярность тромбоцитов, повышается при активации тромбоцитов. В норме 259 ± 6,6.
[4] **Индекс сдвига** (индекс регенерации) — это **отношение** количества миелоцитов, юных и палочкоядерных нейтрофилов к количеству сегментоядерных нейтрофилов.

Таблица 4.2

Основные свойства и функции лейкоцитов

Виды лейкоцитов		Свойства и функции
Гранулоциты	Нейтрофилы 47–76 %	• фагоцитоз (микрофаги); • способность к активному передвижению к очагу воспаления (хемотаксис); • секреция лизосомальных катионных белков, интерферона; • наличие рецепторов к антигенам, эндотоксинам бактерий и другим факторам; • продолжительность жизни — 4–7 дней
	Базофилы 0–1 %	• содержат в гранулах гистамин, гепарин, серотонин, медленно реагирующая субстанция анафилаксии (MPCA) и др.; • регулируют проницаемость капилляров и агрегатное состояние крови; • осуществляют дегрануляцию при аллергических реакциях; • секретируют хемоаттрактанты для нейтрофилов и эозинофилов; • продолжительность жизни — месяцы и годы
	Эозинофилы 1–5 %	• обезвреживание и разрушение токсинов белкового происхождения; • продукция гистаминазы и разрушение гистамина; • разрушение комплексов антиген–антитело; • противопаразитарный иммунитет; • слабая способность к фагоцитозу; • продолжительность жизни — 10–12 дней

Продолжение табл. 4.2

Виды лейкоцитов		Свойства и функции
Агранулоциты	Моноциты 2–10 %	• фагоцитоз (макрофаги): способны фагоцитировать более крупные по сравнению с бактериями частицы; • хемотаксис; • выработка интерлейкина-1 и других цитокинов; • презентация антигенов; • наличие большого количества лизосом и пероксисом; • дифференциация в тканевые макрофаги, остеокласты; • продолжительность жизни — месяцы и годы
	Лимфоциты: 18–40 %	• продолжительность жизни — месяцы и годы
	Т-лимфоциты (60–80 % лимф.)	• дифференцировка в тимусе; • осуществление реакций клеточного иммунитета; • разрушение чужеродных клеток путём прямого контакта с ними (Т-киллеры разрушают чужеродные клетки, прикрепляясь к ним и выделяя перфорины и цитотоксические вещества в их цитоплазму); • участвуют в отторжении пересаженного органа; • секретируют цитокины
	В-лимфоциты (15–20 % лимф.)	• дифференцировка в красном костном мозге; • осуществление реакций гуморального иммунитета; • синтезируют антитела против чужеродных антигенов; • после контакта с антигенами превращаются в плазмоциты, синтезирующие антитела
	Нулевые клетки (≈ 10 % лимф.)	• предшественники Т- и В-лимфоцитов; • разрушение клеток, с которыми связались антитела; опухолевых и инфицированных вирусами клеток

Таблица 4.3.

Основные характеристики иммуноглобулинов

Классы иммуноглобулинов	Молекулярная масса	Присутствие в секретах слизистых	Способность проникать через плаценту	Функции
IgG	150 000	±	+++	Нейтрализация, опсонизация, агглютинация антигенов, разрушение бактерий, **гемолиз**
IgM	900 000	+	–	Нейтрализация, опсонизация, **агглютинация** антигенов, разрушение бактерий, гемолиз; антитела первичного иммунного ответа, антигенраспознающий рецептор В-лимфоцитов
IgA	160 000 (sIgA — 370 000)	++++	–	Нейтрализация антигена, защита от чужеродного на уровне слизистых
IgD	180 000	–	–	Рецептор В-лимфоцитов
IgE	200 000	+	–	Защита от чужеродного на уровне слизистых; связывание с тучными клетками, повышение проницаемости сосудов при контакте слизистой с антигеном

IgG обладают максимальной способностью проникать в ткани, поэтому они наиболее эффективно связывают и удаляют антигены. Они вырабатываются в основном при вторичном иммунном ответе, однако могут продуцироваться и после первого контакта с антигеном, сменяя IgM (при первичном иммунном ответе). Это основной класс антител (до 75 % от всех иммуноглобулинов).

IgM вырабатываются при первичном иммунном ответе. Пентамерная молекула IgM состоит из 5 мономерных молекул, подобных молекуле IgG, связанных дисульфидными мостиками и J-цепью. *Эти антитела не проникают через плаценту*. IgM эффективно связывают комплемент и активируют его по классическому пути, обеспечивая разрушение клеток, например бактерий. К этому классу иммуноглобулинов относятся изогемагглютинины — естественные антитела к эритроцитарным антигенам А и В.

IgA — основной иммуноглобулин слизистых, содержится также в крови. Димерный IgA содержит секреторный компонент, который обеспечивает проникновение молекулы через эпителий. Изолированный дефицит IgA — самая частая форма первичного иммунодефицита.

IgD присутствует в сыворотке в очень низкой концентрации, функции его окончательно не изучены. IgD на поверхности В-лимфоцитов выполняют функции антигенраспознающих рецепторов.

IgE. Концентрация IgE возрастает при аллергических реакциях немедленного типа. Высокоаффинные рецепторы к IgE находятся на тучных клетках и базофилах. При связывании IgE, фиксированных на мембранах тучных клеток или базофилов, с антигеном происходит высвобождение медиаторов воспаления. Именно этот механизм лежит в основе патогенеза анафилактических реакций.

Дополнительные материалы (продолжение)

Система комплемента

Комплемент состоит из более чем 20 белков — компонентов комплемента, выявляемых в крови и на поверхности некоторых клеток. Комплемент играет важную роль в защите от чужеродного: он разрушает бактериальные и инфицированные вирусами собственные клетки, участвует в регуляции воспалительных и иммунных реакций.

Некоторые фрагменты компонентов комплемента, например C3b, являются *опсонинами*. Опсонизированные клетки быстрее фагоцитируются, поскольку фагоциты активно связываются с этими клетками через соответствующие рецепторы. Также многие компоненты системы комплемента являются *хемоаттрактантами* — веществами, привлекающими иммунные клетки, запускающими их хемотаксис.

Компоненты комплемента можно условно разделить на три группы:

1) компоненты, запускающие классический путь активации комплемента;

2) компоненты, запускающие альтернативный путь активации комплемента;

3) эффекторные компоненты.

1. Классический путь активации комплемента начинается с присоединения C1 к *иммунным комплексам*, в состав которых входят $IgG_{1–3}$ или IgM и антиген.

2. Альтернативный путь активации комплемента начинается с расщепления C3. Биологический смысл такой активации комплемента заключается в том, что защита от чужеродного начинается ещё *до появления антител*. Активацию комплемента по альтернативному пути вызывают инулин, зимозан, бактериальные полисахариды и агрегаты IgG_4, IgA или IgE.

3. Образование мембраноатакующего комплекса. При активации комплемента как по классическому, так и по альтернативному пути, образуется *мембраноатакующий комплекс* — структура, по форме напоминающая цилиндр, которая встраивается в клеточную мембрану и нарушает её целостность (рис. 4.8). Через образовавшийся канал в клетку устремляются вода и электролиты, что приводит к её гибели.

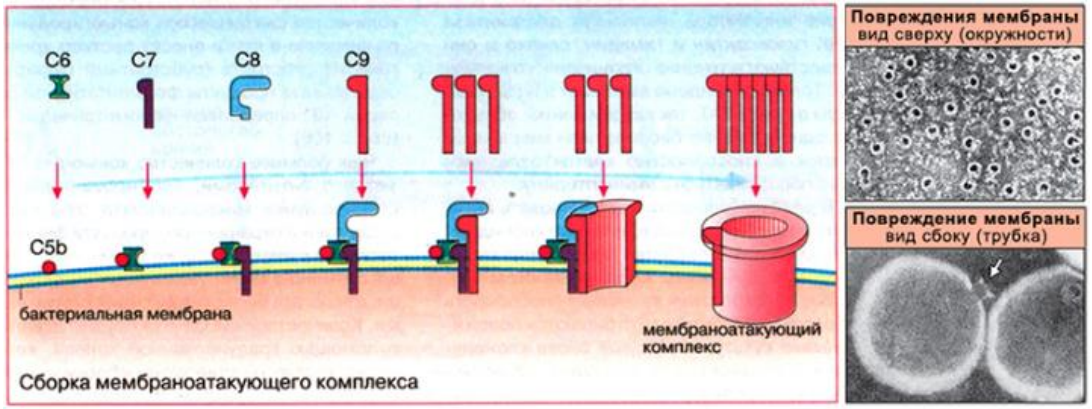


Рис. 4.8. Сборка мембраноатакующего комплекса

Дефензины (лат. defensio — оборона, защита) — катионные пептиды иммунной системы, используемые иммунными клетками для уничтожения бактерий, поглощённых при фагоцитозе. Обычно дефензины присоединяются к клеточной мембране микроорганизма и углубляются в неё, формируя порообразные разрывы. Активны в отношении бактерий, грибков и многих оболочечных и безоболочечных вирусов. Учитывая широкое распространение антибиотикорезистентности, дефензины в настоящее время привлекают пристальное внимание исследователей.

ТРОМБОЦИТЫ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, ФУНКЦИИ. ТРОМБОЦИТОПОЭЗ. СИСТЕМА ГЕМОСТАЗА. СИСТЕМЫ ГРУПП КРОВИ

Занятие 5

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Тромбоциты, их количество, строение и функции. Тромбоцитоз и тромбоцитопения. Тромбоцитопоэз и его регуляция.
2. Понятие о системе РАСК (регуляции агрегатного состояния крови): её компоненты и функции.
3. Свертывающая система крови: основные факторы и механизмы первичного (сосудисто-тромбоцитарного) и вторичного (коагуляционного) гемостаза. Роль тромбоцитов.
4. Понятие о фибринолизе и его механизмах.
5. Противосвертывающая система крови. Естественные антикоагулянты: первичные и вторичные.
6. Роль клеток печени и легких в синтезе компонентов свертывающей и противосвертывающей систем.
7. Представление об искусственных антикоагулянтах, фибринолитических и гемостатических средствах.
8. Группы крови (системы: АВО, Rh, HLA и др.). Способы определения группы крови.
9. Физиологические основы переливания крови. Правило разведения.
10. Последствия переливания крови, несовместимой по: а) группе системы АВО, б) по резус-фактору. Профилактика гемолитической болезни новорожденных.
11. Кровезамещающие растворы, их классификация. Физиологические требования, предъявляемые к ним в зависимости от замещаемой функции крови или выполнения других функций.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

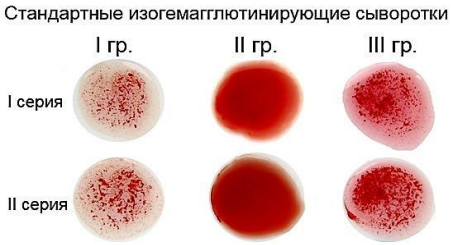
1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 220–221, 225–235.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 251–261.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1.– 542 с. – С. 507–522.
5. *Санитарные* нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41. – С. 7–8.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем важнейшие отличия системы АВ0 от системы резус-фактора?
2. Почему определение группы крови системы АВ0 проводится в течение не менее 5 мин?
3. Для чего в капли, в которых произошла агглютинация, добавляют физиологический раствор?
4. Что такое резус-конфликт? Перечислите возможные причины его возникновения.
5. К каким последствиям может приводить первое переливание крови, несовместимой по группе в системе АВ0, в системе Rh?
6. В чём заключается отличие процессов агглютинации эритроцитов и свёртывания крови?
7. В чем отличие методов определения группы крови системы АВ0 с помощью стандартных сывороток и моноклональных реагентов?
8. Для чего проводятся пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора по системе АВ0 и на резус-совместимость? Какова методика их выполнения?
9. Как выполняется биологическая проба? Какова её цель?
10. По результатам смешивания исследуемой крови со *стандартными сыворотками* определите группу крови:



11. По результатам смешивания исследуемой крови со *стандартными сыворотками* определите группу крови:

Стандартные сыворотки:	I	II	III
Агглютинация:	+	+	+

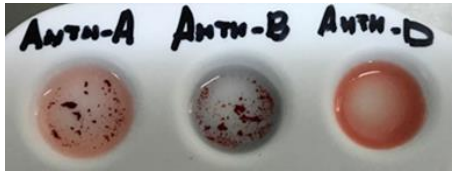
12. По результатам смешивания исследуемой крови со *стандартными сыворотками* определите группу крови:

Стандартные сыворотки:	I	II	III	IV
Агглютинация:	+	+	+	–

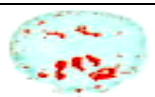
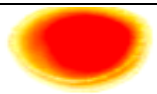
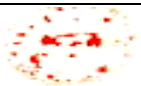
13. По результатам смешивания исследуемой крови с *моноклональными реагентами* определите группу крови:

Моноклональные реагенты:	Анти-А	Анти-В	Анти-D
Агглютинация:	–	+	–

14. По результатам смешивания исследуемой крови с *моноклональными реагентами* определите группу крови:



15. По результатам смешивания исследуемой крови с *моноклональными реагентами* определите группу крови:

Моноклональные реагенты:	Анти-А	Анти-В	Анти-D
Агглютинация:			

16. Какие из перечисленных показателей и лабораторных проб (проба жгута, протромбиновый индекс, время кровотечения по Айви или по Дюке, содержание фибриногена, количество тромбоцитов в крови) характеризуют первичный гемостаз, а какие — вторичный гемостаз?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 5.1**

Количество тромбоцитов в крови взрослого здорового человека независимо от его пола составляет (***140–450***) · 10^9/л.	Антикоагулянты ***(от лат. anti — против, coagulans — свертывание)*** — ***химические эндогенные вещества и лекарственные средства, угнетающие активность свертывающей системы крови и препятствующие образованию тромбов.***
Тромбоцитоз — это ***увеличение количества тромбоцитов выше верхней границы нормы.***	Агглютинация — это ***склеивание и выпадение в осадок из гомогенной взвеси эритроцитов и иных клеточных элементов.***
Тромбоцитопения — ***уменьшение количества тромбоцитов ниже нижней границы нормы.***	Агглютинины (антитела) — это ***антитела, агглютинирующие взвешенные клетки крови или частицы инертного носителя после взаимодействия с антигенами, находящимися на их поверхности.***
Полное название системы РАСК, названия её трёх компонентов: система ***регуляции агрегатного состояния крови*** включает три компонента: 1) ***плазменные факторы: прокоагулянты (факторы свертывания крови), антикоагулянты (противосвертывающие факторы), фибринолитические факторы***; 2) ***клетки крови (тромбоциты, эритроциты, лейкоциты)***; 3) ***сосудистая стенка (эндотелий, мезотелий, тучные клетки).***	Агглютиногены (антигены) — это ***антигены на поверхности эритроцитов, с которыми взаимодействуют агглютинины***.
Гемостаз ***(от греч. haima — кровь, stasis — остановка)*** — это ***совокупность физиологических процессов, завершающихся остановкой кровотечения при повреждении сосудов.***	Стандартные сыворотки — это ***сыворотки, приготовленные из донорской крови человека и содержащие антитела к агглютиногенам эритроцитов определённой группы крови.***
Функция системы фибринолиза — ***обеспечение расщепления нитей фибрина, образовавшихся в процессе свертывания крови, на растворимые фрагменты (пептиды и аминокислоты) и восстановление просвета сосудов.***	Донор — это ***лицо, предоставляющее часть своей крови, других тканей или орган для переливания или пересадки пациенту.***
Три фазы фибринолиза: 1) ***образование активатора плазминогена***; 2) ***превращение плазминогена в плазмин***; 3) ***расщепление плазмином (фибринолизином) фибрина до полипептидов и аминокислот***.	Реципиент — это ***субъект, которому производится переливание компонентов донорской крови, а также трансплантация органа или тканей.***

В связи с тем, что кровотечение и тромбообразование в сосудах разных калибров протекают по-разному, различают два основных механизма гемостаза:

1) *микроциркуляторный, сосудисто-тромбоцитарный*, или *первичный*. С него начинаются все реакции **гемостаза** в капиллярах, венозных и артериальных сосудах до 200 мкм в диаметре. Непосредственно участвуют в этом процессе тромбоциты и сосудистый эндотелий, реакции между которыми проходят в микроциркуляторном русле и приводят к образованию **тромбоцитарной пробки** (белого тромба). Нарушения такого механизма клинически обусловливают почти 80 % кровотечений и 95 % случаев тромбообразования.

2) *макроциркуляторный, плазменно-коагуляционный, вторичный*. Как правило, начинается на основе первичного и следует за ним. Его реализует **система свертывания крови**. Благодаря вторичному гемостазу образуется красный кровяной **тромб**, состоящий главным образом из **фибрина** и форменных элементов. Он обеспечивает окончательную остановку кровотечения из поврежденных макрососудов (более 200 мкм в диаметре).

Первичный (сосудисто-тромбоцитарный, микроциркуляторный) гемостаз заключается в быстром (в течение нескольких минут) формировании тромбоцитарных сгустков в месте повреждения сосуда, что имеет **первоочередное значение для прекращения кровотечения из мелких сосудов, с низким *давлением крови***.

Компоненты первичного гемостаза: сосудистая стенка и тромбоциты с их факторами свертывания.

Механизм первичного гемостаза:

– временный (первичный) спазм сосудов;

– *адгезия тромбоцитов* (с участием фактора Виллебранда), их активация и секреция из них гранул (с участием тромбоксана A_2 через фосфолипазный механизм), а также *агрегация* (сначала обратимая, а затем необратимая (под действием следов тромбина)) *тромбоцитов с образованием тромбоцитарной пробки*;

– ретракция (сокращение и уплотнение) тромбоцитарной пробки. В норме остановка кровотечения из мелких сосудов занимает 2–4 мин.

Важнейшие скринирующие показатели, характеризующие **первичный гемостаз**: проба жгута; количество тромбоцитов; длительность кровотечения по Дюке или по Айви.

А. Проба жгута (оценка сосудистого компонента первичного гемостаза). Метод основан на том, что дозированное механическое воздействие (давление) на капилляры кожи у здорового человека не вызывает каких-либо существенных изменений. При нарушении нормального состояния стенки капилляров развивается их повышенная ломкость. Как следствие при затруднении венозного оттока крови и повышении внутрисосудистого давления в капиллярах целостность сосудов микроциркуляторного русла нарушается, форменные элементы крови начинают выходить в ткани, формируя многочисленные точечные кровоизлияния — петехии или более крупные кровоподтёки. Это свидетельствует о нарушении сосудистого компонента гемостаза.

Материалы и оборудование: тонометр, секундомер, круг из плотного картона 2,5 см в диаметре, ручка или карандаш, увеличительное стекло.

Ход работы. На предплечье в 1,5–2 см от локтевой ямки очертите круг 2,5 см в диаметре. Проверьте, имеются ли кровоизлияния в этом круге (и сколько их, если они есть). На плечо наложите манжетку тонометра и создайте в ней давление 80 мм рт. ст. (рис. 5.1).

При таком уровне давления в манжетке сохраняется артериальный приток крови к конечности, но нарушается её венозный отток. В результате давление в капиллярах повышается с 25–30 мм рт. ст. до 80 мм рт. ст. и более.

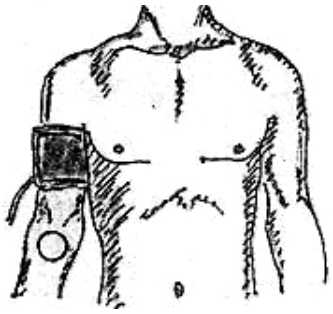


Рис. 5.1.

Поддерживайте давление на этом уровне в течение 5 мин, подкачивая воздух по мере необходимости. Мышцы руки обследуемого должны быть расслаблены. Рука свободно лежит на столе на уровне сердца.

Во время выполнения теста обратите внимание на изменения окраски и температуры кожных покровов. Попросите испытуемого описать характер ощущений, изменения чувствительности. Обратите внимание на изменения подвижности пальцев руки, возможно, нарушение точности движений.

Через 10–15 мин после проведения теста подсчитайте все **петехии**, появившиеся в очерченном круге (с учетом уже имевшихся). У здоровых людей петехии не образуются или их число не более 10 в круге, а размеры не более 1 мм в диаметре (***отрицательная проба жгута***). Увеличение числа петехий более 10, размеров петехий более 1 мм в диаметре или наличие кровоподтека (***положительная проба жгута***) свидетельствуют о неполноценности стенок микрососудов в результате гиповитаминоза С; нарушения выработки фактора Виллебранда или патологии рецепторов тромбоцитов; о наличии тромбоцитопений и тромбоцитопатий; эндокринных изменений (менструальный период); инфекционно-токсических воздействий и др.

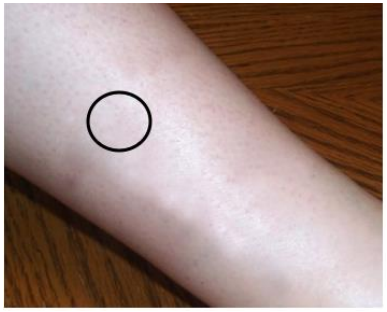
Указания к оформлению протокола:

1. Внесите необходимые данные в протокол.
2. Оцените полученный результат.

ПРОТОКОЛ

1. Количество петехий в круге до проведения теста ***нет*** (нет, 1, 2, 3 …). Количество петехий в круге через 10–15 мин после проведения теста [***А***] (***нет***, ***или, например, 5***). При их наличии — укажите диаметр: ***нет*** или, например, (***< 1 мм*** *или > 1 мм*). [***Б***] ***> 10*** *и/или* ***> 1 мм***

2. Вывод. Проба жгута [***А***] ***отрицательная*** или [***Б***] ***положительная***



А

Б

Б. Длительность кровотечения по Дюке (оценка тромбоцитарного компонента первичного гемостаза). Длительность кровотечения, определяемая по методу Дюке, который дает общее представление о том, нормальна ли функция первичного гемостаза (и в первую очередь позволяет оценить функцию тромбоцитов, их способность к адгезии и агрегации). Практическое значение имеет удлинение времени кровотечения более 4 мин. Оно отражает нарушение первичного гемостаза вследствие тромбоцитопений, тромбоцитопатий, нарушений сосудистой стенки или сочетания этих факторов. Укорочение времени кровотечения свидетельствует лишь о повышенной спастической способности периферических капилляров.

Материалы и оборудование: стерильные фильтровальная бумага, одноразовые скарификаторы, вата, пинцет; секундомер, дезраствор, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Делают прокол мякоти 4-го пальца на глубину не менее 3 мм. При соблюдении этого условия кровь выделяется самопроизвольно без нажима. После прокола включают секундомер. К первой же выступившей капле прикасаются краевой поверхностью круга (или полоски) стерильной фильтровальной бумаги, которая впитывает кровь. Далее снимают вновь выступившие капли крови новым участком стерильной фильтровальной бумагой **строго через каждые 30 с**. Следует избегать прикосновения бумаги к коже, так как это способствует преждевременной остановке кровотечения. Процедуру продолжают до тех пор, пока на фильтровальной бумаге не перестанут оставаться следы крови.

В норме время кровотечения по Дюке́ составляет 2–4 мин.

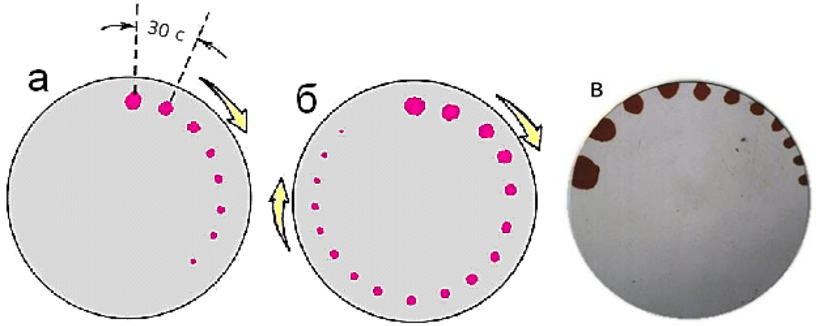
Указания к оформлению протокола:

1. Внесите необходимые данные в протокол.
2. Оцените полученный результат (время кровотечения: в пределах нормы, удлинено (имеется нарушение первичного гемостаза), укорочено).

ПРОТОКОЛ

1. Анализ проводится по рисунку _____ (*а, б или в:* **указывает преподаватель**).
2. Длительность кровотечения по Дюке составляет: [***а***] ***3*** мин ***30*** с; [***б***] __ мин __ с; [***в***] __ мин __ с
3. **Вывод:** длительность кровотечения [***а***] ***в норме***; [***б***] ____; [***в***] _____.

Это свидетельствует о [***а***] сохранении функции первичного гемостаза.
(*сохранении; нарушении*) (*первичного, вторичного*)



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМЕ АВО ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ СЫВОРОТОК **Работа 5.3**

Групповую принадлежность исследуемой крови определяют с помощью стандартных сывороток, приготовленных из донорской крови с известной групповой принадлежностью, благодаря чему в сыворотке содержатся определённые антитела (агглютинины) соответствующей группы крови. Принадлежность исследуемой крови к определённой группе определяют по наличию или отсутствию *реакции гемагглютинации* эритроцитов. В основе такой реакции лежит взаимодействие между ***антигенами эритроцитов*** *исследуемой крови* и соответствующими ***одноименными антителами*** *стандартной сыворотки*. Так как антитела, содержащиеся в стандартных сыворотках, известны, по результатам наличия или отсутствия агглютинации определяют антигены эритроцитов исследуемой крови, и, таким образом, — группу крови системы АВ0 (действующие инструкции по определению групп крови системы АВ0 и резус-принадлежности крови размещены на сайте РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий по адресу http://blood.by/o-centre/normativno-pravovaya-baza).

Материалы и оборудование: стандартные сыворотки двух различных серий с обозначением наличия в них антител и группы крови, из которой они приготовлены, 0αβ(I), Aβ(II), Bα(III) и AB0(IV); белая фарфоровая тарелка или планшет; 0,9 % раствор NaCl; стерильные скарификаторы, вата, стеклянные палочки, пинцет; антисептик; СГО; ёмкость для сбора отработанного материала с дезраствором.

Ход работы. Определение группы крови производят в помещении с хорошим освещением при температуре 15–25 °С.

Определение проводят на тарелке или планшете со смачиваемой поверхностью. В соответствующие углубления планшета вносят *отдельными* пипетками по 0,1 мл (1 большая капля) каждой стандартной сыворотки двух серий (рис. 5.2, 5.3). Кровь для исследования берут из пальца или из вены, соблюдая правила асептики, и сухими стерильными стеклянными палочками или уголками предметного стекла последовательно добавляют кровь (**каплю в 10 раз меньше объёма сыворотки, примерно 0,01 мл**) в каждую каплю сыворотки, тщательно их перемешивая. *Недопустимо использовать для этого одну и ту же палочку, так как это может привести к смешиванию агглютининов разных групп крови.* Полученную смесь дополнительно перемешивают легким покачиванием планшета и наблюдают за ходом реакции в течение **не менее 5 мин**.

Обычно реакция агглютинации начинается в течение первых 10–30 с, однако агглютинация может быть более поздней, например, с эритроцитами крови подгруппы A_2B (IV). По мере наступления агглютинации, но не ранее чем **через 3 мин**, в капли, в которых наступила агглютинация, добавляют по 1 большой капле (0,1 мл) изотонического раствора NaCl для разрушения иногда наступающей ложной агглютинации — неспецифического склеивания эритроцитов. Наблюдение продолжают при покачивании планшета **до окончания 5 мин**, после чего окончательно оценивают результат.

Рис. 5.2. Стандартные сыворотки 0αβ (I), Aβ (II), Bα (III) и AB_0 (IV) групп крови двух разных серий

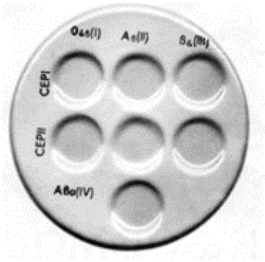


Рис. 5.3. Планшет

Рис. 5.4. Скарификаторы (ланцеты)

Реакция в каждой капле может быть положительной либо отрицательной. При положительной реакции (+) в смеси появляются видимые невооруженным глазом мелкие красные зернышки (агглютинаты), состоящие из склеенных эритроцитов. Они постепенно группируются в более крупные зерна или хлопья неправильной формы. При этом сыворотка полностью или частично обесцвечивается и просветляется. В случае отрицательной реакции (–) содержимое капель остается равномерно окрашенным в красный цвет, и агглютинаты в нем не обнаруживаются (рис. 5.5). *Результаты реакции в каплях с сыворотками одной группы обеих серий должны быть одинаковыми*.

Возможны четыре различных комбинации реакций (рис. 5.6):

1) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп не вызвали реакции агглютинации, и все капли остались равномерно окрашенными в красный цвет.

В этом случае исследуемая кровь принадлежит *к группе 0αβ (I)*;

2) агглютинины стандартных сывороток, приготовленных из крови групп 0αβ (I) и Bα (III), вызвали реакцию агглютинации, а сыворотки крови группы Aβ (II) — нет.

Исследуемая кровь принадлежит *к группе Aβ (II);*

3) агглютинины стандартных сывороток крови групп 0αβ (I) и Aβ (II) вызвали реакцию агглютинации, а сыворотки крови группы Bα (III) — нет.

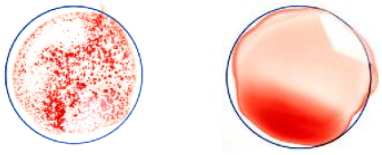
Исследуемая кровь принадлежит *к группе Bα (III)*;

4) агглютинины стандартных сывороток крови всех трех групп вызвали реакцию агглютинации.

Исследуемая кровь принадлежит *к группе AB0 (IV)*.

В случае определения принадлежности крови к группе AB0 (IV), прежде чем сделать такое заключение, для исключения неспецифической агглютинации необходимо провести дополнительное контрольное исследование со стандартной сывороткой крови AB0 (IV) группы по той же методике в свободном (чистом) квадрате тарелки.

Отсутствие агглютинации в этом исследовании позволяет считать ранее полученные реакции специфическими и отнести исследуемую кровь к группе AB0 (IV). Наличие агглютинации с сывороткой крови группы AB0 (IV) говорит о неспецифической агглютинации. В таком случае исследование следует повторить с отмытыми в 0,9 % растворе NaCl эритроцитами в лабораторных условиях. *Выявление других комбинаций реакций агглютинации говорит о неправильном определении групповой принадлежности крови по системе AB0!*



а ***б***

Рис. 5.5. Реакция исследуемой крови с сывороткой:
а — положительная (+), *б* — отрицательная (–)

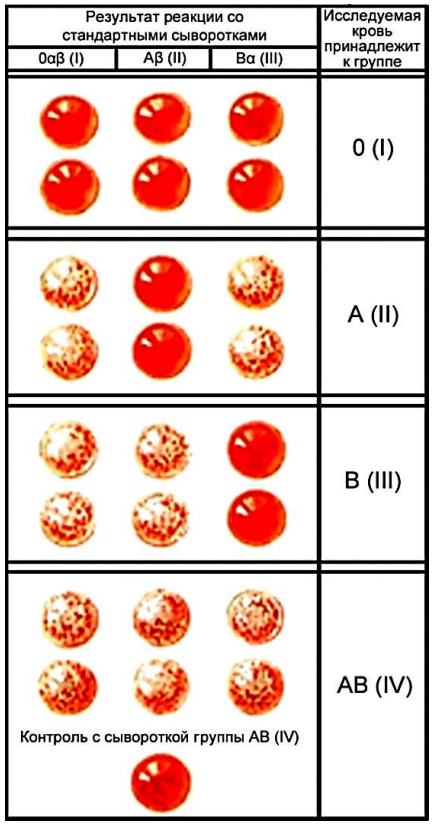


Рис. 5.6. Результаты определения групп крови системы AB0

Ошибки при определении групповой принадлежности крови возможны в случае ошибочного расположения реагентов, а также в ситуациях, когда агглютинация не выявляется или появляется ложная агглютинация.

Каждый раз при определении группы крови следует проверить расположение реагентов, а также визуально оценить их качество, исключить использование помутневших, частично высохших реагентов, реагентов с истекшим сроком годности.

Отсутствие агглютинации чаще всего может быть обусловлено:

1) замедлением этой реакции при температуре окружающей среды > 25 С, поскольку активность агглютининов системы АВ0 при высокой температуре резко снижается;

2) добавлением к стандартным сывороткам избыточного количества исследуемой крови, что ведет к снижению в них титра (концентрации) агглютининов. Малый объём капли крови также затрудняет агглютинацию. Помните, что объём капли, вносимой крови должен быть в 10 раз меньше объёма капли сыворотки;

3) слабой активностью стандартной сыворотки или низкой агглютинирующей способностью эритроцитов.

Выявление *ложной агглютинации* при её фактическом отсутствии может быть обусловлено подсыханием капли сыворотки и образованием «монетных столбиков» эритроцитов или проявлением неспецифической холодовой агглютинации при понижении температуры < 15 °С.

Добавление капли изотонического раствора хлорида натрия к исследуемой смеси сыворотки и крови, и проведение исследования при температуре выше 15 °С позволяют избежать указанных ошибок.

Примечание. При получении сомнительного или нечеткого результата при первом определении группы крови проводят повторное исследование групповой принадлежности той же крови со стандартными сыворотками других серий.

Если результаты остаются неясными, то следует определить группу крови перекрестным способом при помощи стандартных сывороток и стандартных эритроцитов или с помощью моноклональных антител в лабораторных условиях.

ПРОТОКОЛ

Указания к оформлению протокола:

1. *Заполните* табл. 5.1., 5.2. В табл. 5.2 укажите, в каком случае происходит (+) или не происходит (–) агглютинация.

2. *Зарисуйте схему опыта определения группы крови в системе АВО для исследуемой на занятии крови.*

3. *Сделайте* вывод, к какой группе в системе АВО относится исследуемая кровь.

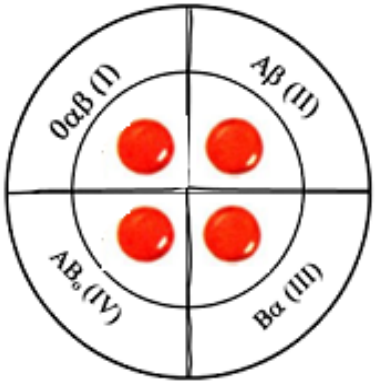
Таблица 5.1

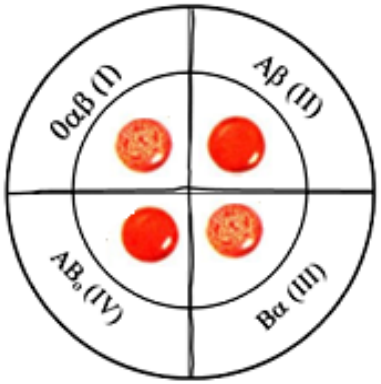
Группы крови	Агглютинины сыворотки	Агглютиногены эритроцитов
0αβ (I)	αβ	–
Aβ (II)	β	***A***
Bα (III)	α	***B***
AB_0 (IV)	–	***AB***

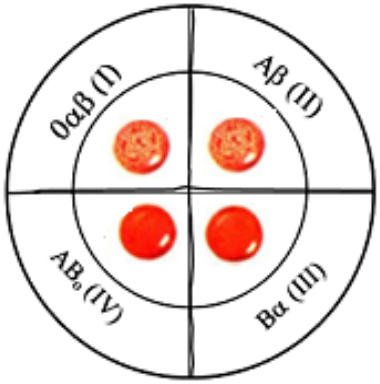
Таблица 5.2

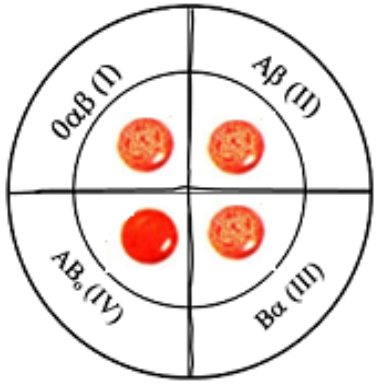
Группы крови	Группы стандартных сывороток			
	0αβ (I)	Aβ (II)	Bα (III)	AB_0 (IV)
0αβ (I)	–	–	–	–
Aβ (II)	+	–	+	–
Bα (III)	+	+	–	–
AB_0 (IV)	+	+	+	–

Нарисована схема определения каждой из групп крови системы АВ0:
(объём капли крови в 10 раз меньше капли сыворотки, температура 15–25 °С)









0αβ (I)	Aβ (II)	Bα (III)	AB_0 (IV)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУС-ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КРОВИ **Работа 5.4**

Работа может проводиться в виде демонстрации учебных фильмов в компьютерном классе или в ЭУМК.

Определение резус-принадлежности исследуемой крови проводят по такому же принципу, как и определение группы крови в системе АВ0. Исследуемую цельную кровь или взвесь эритроцитов смешивают с универсальной антирезусной сывороткой, содержащей антитела к резус-антигену D (анти-D) и лишённой групповых антител анти-А и анти-В. По истечении установленного времени смесь проверяют на наличие агглютинации, при появлении которой реакцию считают положительной, а кровь — содержащей резус-антиген. Система резус, в отличие от системы АВ0, *не имеет естественных агглютининов*, но они могут появляться при иммунизации организма резус-отрицательного организма резус-положительной кровью.

Материалы и оборудование: универсальный реагент антирезус для экспресс-метода определения резус-принадлежности крови; 0,9 % раствор NaCl, лупа; стерильные скарификаторы, вата, стеклянная палочка, пинцет в 6 % растворе перекиси водорода; пробирка с резиновой пробкой, антисептик, СГО, ёмкость для сбора отработанного материала с дезраствором.

Ход работы. На дно пробирки помещают 1 каплю универсальной антирезусной сыворотки (анти-D) и 1 каплю исследуемой крови (или эритроцитов). Содержимое пробирки перемешивают встряхиванием; затем медленно поворачивают пробирку, наклоняя её почти до горизонтального положения таким образом, чтобы содержимое растекалось по стенкам — это делает реакцию более выраженной. Как правило, агглютинация наступает в течение 1-й мин, но для образования устойчивого комплекса «антиген – антитело» и чётко выраженной агглютинации, а также ввиду возможности замедленной реакции при слабо выраженной агглютинирующей способности эритроцитов, контакт эритроцитов с реагентом следует проводить, вращая пробирку в почти горизонтальном положении **не менее 5 мин при комнатной температуре**. Затем для исключения неспецифической агглютинации эритроцитов в пробирку добавляют 2–3 мл изотонического раствора NaCl, закрывают пробирку пробкой и перемешивают, не встряхивая, путём 2–3-кратного перевёртывания пробирки. Оценку результатов проводят визуально на скосе жидкости или через лупу.

Одновременно с исследованием цельной крови производится контрольное исследование специфичности и активности сыворотки антирезус со стандартными резус-положительными эритроцитами той же группы или группы I (0) по системе АВ0 и стандартными резус-отрицательными эритроцитами, обязательно одногруппными с исследуемой кровью.

Наличие агглютинации в виде хлопьев из эритроцитов на фоне просветлённой жидкости указывает на *резус-положительную* принадлежность исследуемой крови (Rh^+). Отсутствие агглютинации указывает на её *резус-отрицательную* принадлежность (Rh^-).

Ошибки при определении групповой принадлежности крови по Rh-фактору как правило связаны с ситуациями, когда агглютинация не выявляется. Отсутствие агглютинации может быть обусловлено следующими причинами:

1) замедлением этой реакции при *низкой температуре окружающей среды* < 15 °С (определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25 °С); 2) добавлением к универсальной антирезусной сыворотке *избыточного или недостаточного количества исследуемой крови*; 3) *несоблюдением времени* контакта эритроцитов с реагентом и ранним добавлением физраствора *или интенсивным встряхиванием пробирки*.

Результат считается *истинным* после проверки специфичности и активности сыворотки антирезус со стандартными эритроцитами (см. выше), а также после контрольного исследования, которое проводится путём смешивания 1 капли исследуемой крови с 2 каплями 0,9 % раствора NaCl и 1 каплей 33 % раствора полиглюкина (для исключения неспецифической агглютинации).

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте схему опыта определения резус-принадлежности исследуемой крови.

2. По результатам опыта сделайте вывод о резус-принадлежности исследованной крови (Rh^+ или Rh^-).

ПРОТОКОЛ

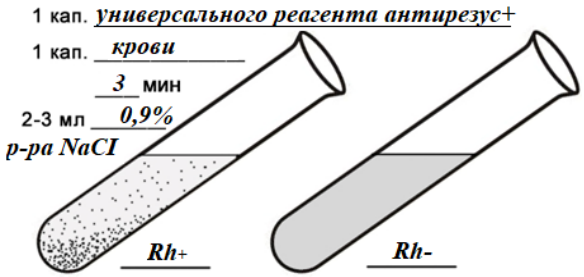


Рис 5.7. Определение резус-принадлежности крови

3. **Вывод:** исследуемая кровь является ***Rh***$^+$ (*Rh^+ или Rh^-*), так как при смешивании её с универсальным антирезус реагентом в пробирке наблюдается ***да*** (*да, нет*) агглютинация.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ СИСТЕМ АВО и Rh ПРИ ПОМОЩИ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ (РЕАГЕНТОВ)

Работа 5.5

Для определения групп крови пока ещё часто используются АВ0- и Rh-типирующие (изогемагглютинирующие) сыворотки, приготовленные из донорской крови человека и содержащие антитела к агглютиногенам эритроцитов. Эти антитела являются продуктом поликлонального иммунного ответа, т. е. они происходят из различных клонов антителобразующих клеток и представляют собой набор иммуноглобулинов различных классов. Для получения таких сывороток требуется большое количество донорской крови. Кроме того, титр природных антител в крови человека обычно низок, поэтому часто полученные сыворотки обладают низкой активностью, в связи с чем приходится использовать сыворотки, полученные от специально иммунизированных доноров.

Всё большее распространение получает технология получения антител, основанная на слиянии злокачественной миеломной клетки с антителообразующим лимфоцитом мыши. В результате слияния образуется гибридная клетка (*гибридома*), наследующая основные свойства своих родителей: бессмертность и способность к непрерывному росту — от опухолевой клетки, и способность к продукции антител — от В-лимфоцита. Антитела, секретируемые клетками-потомками таких гибридов, моноклональны, т. е. происходят из одного клона клеток, принадлежат к одному классу иммуноглобулинов, направлены против одного антигена, стандартны и могут быть получены в любых количествах. Гибридомы мышиного происхождения способны к росту как в культуре, так и в организме мыши в виде асцитной опухоли, продуцируя антитела в очень высоких концентрациях — до нескольких десятков граммов на литр. Для получения АВ0-, Rh- или других моноклональных реагентов достаточно делать смыв культуры тканей или забор асцитной жидкости и разведение этих жидкостей, так как титр антител в них очень велик. В настоящее время АВ0- и Rh-титрующие моноклональные реагенты выпускаются в промышленных масштабах в том числе и в Республике Беларусь.

Преимуществами моноклональных реагентов является их высокая активность, стандартность, надёжность выявления соответствующих антигенов, отсутствие ложноположительных реакций, что, в первую очередь, связано с отсутствием антител другой специфичности. Моноклональные реагенты не являются продуктами клеток человека, поэтому в них исключено содержание вирусов гепатита и ВИЧ.

Для определения группы крови системы АВ0 необходимы **два вида моноклональных реагентов — анти-А и анти-В**, которые продуцируются двумя различными гибридомами и содержат соответственно **α- и β-агглютинины**. Некоторые производители выпускают также анти-АВ реагенты.

Для определения группы крови по системе Rh необходим моноклональный реагент **анти-D** (или по-другому анти-Rh), содержащий антитела анти-D.

Техника определения групп крови человека системы АВ0 и системы Rh с помощью моноклональных сывороток

На специальный планшет наносят по одной большой капле реагентов анти-А, анти-В и анти-D под соответствующими надписями (анти-А, анти-В и анти-D). Рядом с каплями реагентов помещают по маленькой капле исследуемой крови (соотношение 10 : 1). Реагент тщательно перемешивают с кровью стеклянными палочками. Наблюдение за ходом реакции агглютинации проводят при лёгком покачивании планшета в течение 5 мин.

Агглютинация с моноклональными реагентами обычно наступает в течение первых 3–5 с. Но наблюдение следует вести **5 мин** ввиду возможности более позднего наступления агглютинации с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов. Оценка результатов реакции агглютинации представлена в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Группа крови	Реакция агглютинации эритроцитов исследуемой крови с моноклональными реагентами		
	анти-A	анти-B	анти-D
0αβ (I)	–	–	
Aβ (II)	+	–	
Bα (III)	–	+	
AB_0 (IV)	+	+	
Rh^+			+
Rh^-			–

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «**PhysioEx**». Кликните на гиперссылку «**Access PhysioEx 9.0**» → «**Exercise 11: Blood Analysis**» → «**Activity 4: Blood Typing**» → «**Introduction** (вкладка в верхнем меню)» и изучите распределение агглютиногенов на поверхности эритроцитов разных групп (**Figure 11.3**, стр. 1 из 3), и методику определения групп крови с использованием моноклональных антител (видео **Blood Typing wet-lab video**, стр. 2 из 3).

Перейдите на вкладку «**Experiment**»[5]. Мышкой возьмите из автомата (Blood Typing Slide Dispenser) планшет для определения групп крови и перетащите его на рабочий стол. После этого лунки на планшете обозначатся символами A, B и Rh. Капните в лунки, начиная с «A», исследуемую кровь № 1 (Sample 1), затем по капле реагентов anti-A, anti-B и anti-Rh. Перемешайте кровь с реагентами при помощи палочек соответствующего цвета (Stirring Sticks). Использованные палочки выбрасывайте в пакет для отработанных биоматериалов (Biohazard).

Поместите планшет на осветительный столик справа и нажмите «**Light**».

На появившемся изображении мышкой выберите «positive» под каплями, в которых произошла агглютинация крови, и «negative» под каплями, в которых агглютинация не произошла. Чтобы записать результаты, нажмите «**Record Data**». Выбросьте планшет в пакет для отработанных биоматериалов (Biohazard).

Ответьте на вопрос программы, появившийся слева («**Predict Questions**»):

«Если у пациента кровь группы AB_0 (IV) Rh^-, что будет наблюдаться при смешивании крови с указанными моноклональными реагентами?

a) A, агглютинация; B, отсутствие агглютинации; Rh, агглютинация;

b) A, агглютинация; B, агглютинация; Rh, отсутствие агглютинации;

c) A, отсутствие агглютинации; B, отсутствие агглютинации; C, агглютинация».

Нажмите «**Submit**».

Проанализируйте образцы крови № 2–6. Для начала анализа помещайте планшеты из автомата на рабочий стол. После анализа последнего образца определите группы исследуемой крови, выделив в электронном протоколе соответствующую строчку и щелкая по кнопкам «**A**», «**B**», «**AB**» или «**0**» и «+» или «–» для указания Rh-фактора. Внесите полученные данные в протокол.

Ответив на вопрос программы: «Почему лица с группой крови AB_0 (IV) Rh^- известны как “универсальные реципиенты”» и нажав «**Check Answer**» → «**Submit**» → «**Submit**», можно при необходимости повторно посмотреть результаты определения групп крови, нажав «**View Experiment Results**».

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите результаты в протокол. Определите группу крови в исследуемых образцах (проверить правильность определения наличия агглютинации можно по таблице в Приложении).

В выводе укажите: 1) в чём отличия в определении групп крови при помощи стандартных изогемагглютинирующих сывороток и моноклональных антител. Объясните причину различий. 2) В чем состоит условность понятий «универсальный донор», «универсальный реципиент» и их применимость в практической деятельности.

ПРОТОКОЛ

Образец крови	Наличие агглютинации (укажите «+» или «–»)			Группа крови
	anti-A	anti-B	anti-Rh	
1	+	–	+	***Aβ(II)*** Rh^+
2	–	+	+	***Bα(III)*** Rh^+
3	+	+	–	AB_0***(IV)*** Rh^-
4	–	–	–	***0αβ(I)*** Rh^-
5	+	+	+	AB_0***(IV)*** Rh^+
6	–	+	–	***Bα(III)*** Rh^-

Вывод: 1) ***При смешивании капли крови с одногрупповой стандартной изогемагглютинирующей сывороткой агглютинация не происходит, поскольку в ней отсутствуют комплиментарные антитела. Наоборот, при использовании моноклональных реагентов наблюдается агглютинация эритроцитов, содержащих тот антиген, который указан на флаконе с сывороткой.*** 2) ***Универсальность относительна, поскольку в плазме донора 0αβ(I) или реципиента*** AB_0***(IV) группы имеются комплиментарные антигенам эритроцитов антитела. В Беларуси переливание НЕ одногрупповой крови НЕ допускается.***

[5] Отменить последнее действие можно при помощи расположенной внизу кнопки «Undo», начать эксперимент заново — кнопкой «Reset».

Дополнительные материалы

Антигены лейкоцитов и тромбоцитов. Системы HLA и CD

На поверхности лейкоцитов имеются агглютиногены системы AB0, идентичные эритроцитарным и обладающие иммунногенными свойствами. Кроме того, лейкоциты имеют особые, присущие им антигены, которые могут иммунизировать реципиента, что в редких случаях может приводить к развитию посттрансфузионных реакций при переливании крови, совместимой по антигенам эритроцитов.

Антигены лейкоцитов и других клеток впервые были выявлены в 1952 г. при исследовании проблемы пересадки костного мозга (при лучевой болезни), а потом и других органов. Была обнаружена иммунологическая несовместимость клеток, тканей, органов реципиента и донора. *Антигены лейкоцитов назвали антигенами гистосовместимости.*

Главный комплекс гистосовместимости человека — система HLA (Human Leukocyte Antigens) — система антигенов, характеризующаяся чрезвычайно высокой степенью полиморфизма (по состоянию на 2022 г. было изучено более 34 500 аллелей генов системы HLA (на начало 2015 г. — 12 500 аллелей HLA). Постоянно обновляемая база данных HLA расположена на сайтах: www.ebi.ac.uk/imgt/hla и http://www.ebi.ac.uk/ipd/imgt/hla). Таким образом, вероятность полного совпадения этих антигенов у донора и реципиента очень мала.

Антигены HLA являются периферическими мембранными белками, играющими важную роль в регуляции реакций иммунитета. По морфофункциональным особенностям их делят:

а) на антигены I класса — HLA-A, B, C и другие, которые находятся на мембране почти всех ядросодержащих клеток человека. Это сильные антигены, играющие ведущую роль в реакциях посттрансплантационной несовместимости тканей, а также в выявлении инфицированных или атипичных клеток организма. С их помощью осуществляется взаимодействие с цитотоксическими Т-киллерами (при участии корецептора Т-лимфоцитов, называемого CD8);

б) антигены II класса — HLA-D (DR, DQ, DP, DM, DO). Они распространены не так широко, как антигены I класса. Их активация с участием корецептора Т-лимфоцитов CD4 ведёт к формированию двух популяций Т-хелперов, одна из которых индуцирует развитие гуморального иммунного ответа, а другая является необходимым компонентом в индукции Т-киллеров.

Система HLA играет огромную роль в формировании совместимости клеток и тканей организма человека, реакций «свой» — «чужой». У лиц с нарушением образования антигенов системы HLA могут наблюдаться тяжёлые иммунные заболевания.

Антигены системы HLA:

а) осуществляют индукцию и регуляцию иммунного ответа через систему Т-лимфоцитов;

б) играют роль в распознавании чужеродных антигенов;

в) регулируют взаимодействие Т-киллеров и клеток-мишеней;

г) организуют взаимодействие не только между иммуннокомпетентными клетками, но и другими, обеспечивая функциональную целостность организма.

Практическое значение HLA-типирования:

а) для подбора совместимой донорской крови или препаратов крови.

При многократных переливаниях эритроцитарной массы, лейкоцитов, тромбоцитов возможна иммунизация реципиента антигенами I класса системы HLA (HLA-A, B, C). При этом могут развиваться фебрильные (повышение температуры) посттрансфузионные реакции. Для их профилактики надо переливать суспензию эритроцитов без лейкоцитов;

б) для подбора пары донор-реципиент при трансплантации органов и тканей. Перед каждой трансплантацией органов или тканей необходимо установить, нет ли у реципиента антител против донорских лейкоцитов. Для успешной трансплантации необходима совместимость донора и реципиента по группе крови системы AB0, по системе антигенов HLA-A, B, C, а при пересадке почки — по HLA-DR. Родные братья или сестры имеют идентичность по этим системам не менее 25 %;

в) для решения спорного отцовства.

При решении спорного отцовства в судебной практике определяют HLA-A, B, C, HLA-DR антигены. Вероятность исключения отцовства — до 98 %. При дополнительном определении эритроцитарных, сывороточных, ферментных систем вероятность возрастает до 99,97 %;

г) для изучения генетической предрасположенности к заболеваниям.

Существует связь между возникновением и развитием ряда заболеваний при наличии в генотипе человека того или иного антигена HLA. При отсутствии на мембране лимфоцитов антигенов HLA I класса (синдром оголённых лимфоцитов) больные страдают недостаточностью иммунитета и погибают в раннем детстве. Если на Т- и В-лимфоцитах нет антигенов HLA-D или снижена экспрессия антигенов HLA-A, B, C, развивается синдром сочетанного иммунодефицита. При наличии HLA-B_{27} велика вероятность развития ревматических заболеваний, в частности, анкилозирующего спондилита. При болезни Аддисона (атрофия надпочечников) антиген HLA-B_8 встречается у 80 % пациентов, при хроническом гепатите — у 40–50 % пациентов, у здоровых — в 16 % случаев.

Антигены тромбоцитов — очень сложная система. На поверхности тромбоцитов имеются антигены, общие с эритроцитарными антигенами A, B, M, N, резус; общие с лейкоцитарными антигенами HLA; свои собственные антигены. Антигены тромбоцитов играют роль в процессе сенсибилизации организма при переливании крови, при пересадках органов и тканей.

Антигены (маркеры) CD

С использованием гибридомной технологии получения моноклональных антител были открыты многочисленные антигены (маркеры) на поверхности мембраны и внутри лейкоцитов, получившие название дифференцировочных антигенов — CD (claster of differentiation). К настоящему времени описано более 400 таких CD-молекул (http://www.hcdm.org/index.php/molecule-information), которые выполняют также функции рецепторов, ферментов и их ингибиторов, лигандов, молекул клеточной адгезии, принимающих участие в межклеточном взаимодействии и передаче межклеточных и внутриклеточных сигналов.

Эти молекулы лейкоциты и другие клетки приобретают в процессе их дифференцировки на различных этапах гемоцитопоэза. Так, стволовые клетки характеризуются маркерами CD34 и CD31; гранулоциты — наличием общего для всех лейкоцитов антигена CD45 и специфичного для них антигена CD15; моноциты содержат CD45 и CD14; тромбоциты — CD45 и CD61. В-лимфоциты содержат CD45 и CD19; Т-лимфоциты — CD45 и CD3. При этом **Т-хелперы**, кроме характерных для Т-лимфоцитов CD45 и CD3, приобретают антиген **CD4**; **Т-супрессоры** характеризуются наличием CD45, CD3 и приобретённого ими **CD8**. **Цитотоксические Т-лимфоциты** (киллеры) содержат CD45, CD3, **CD8**, в отличие от естественных киллеров, характеризующихся наличием маркеров CD16, CD56 и CD3. Для активированных Т-лимфоцитов характерно наличие маркеров CD45, CD3 и CD25.

Путём выявления с помощью моноклональных антител специфичных для лейкоцитов CD маркеров и их сочетаний проводится их типирование с целью диагностики клеточного состава онкологических заболеваний крови, подбора совместимых донорских органов для трансплантации реципиенту. Количество в крови Т-лимфоцитов с CD4 и CD8 маркерами используется для мониторинга течения ВИЧ инфекции, так как вирус иммунодефицита связывает CD4 на поверхности Т-хелперов для проникновения в клетки.

ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ. ТКАНИ, ИХ ВИДЫ. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ВИДЫ, ФУНКЦИИ. КРОВЬ» Занятие 6

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Анатомия и физиология как науки: определение, основные понятия, значение в системе медицинских знаний. Морфология как комплекс наук, изучающих макроскопическое строение (анатомия), микроскопическое строение органов и тканей (гистология), строение клеток (цитология). Значение знаний по нормальной физиологии с основами морфологии для провизора.
2. Этапы развития анатомии и физиологии: вклад отечественных ученых. Краткая история развития высшего медицинского и фармацевтического образования на территории Белоруссии.
3. Понятие об анатомических, физиологических и гистологических методах исследований. Микроскопический метод исследования.
4. Ведущие закономерности, характеризующие жизнь (самообновление, самовоспроизведение, саморегуляция, метаболизм).
5. Основные свойства живого организма (обмен веществ и энергии, раздражимость, гомеостаз, адаптация, размножение, наследственность и изменчивость).
6. Понятие о соматических и вегетативных функциях. Уровни регуляции: клеточный, тканевой, органный, организменный.
7. Физиологические представления о гомеостазе как об относительном постоянстве внутренней среды организма, функций и механизмов, их регулирующих. Гомеокинез. Нейрогуморальные механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма.
8. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции, их сравнительная характеристика и единство.
9. Типы регуляции функций. Обратная связь. Принцип надежности.
10. Системный принцип регуляции функций, понятие системы (И. П. Павлов). Функциональная система (П. К. Анохин), принцип саморегуляции.
11. Общее понятие о тканях. Клеточные элементы и неклеточное вещество. Классификация тканей.
12. Соединительные ткани: понятие, виды, функции.
13. Костные ткани: клеточный состав и межклеточное вещество.
14. Роль ионов кальция и фосфатов в костной ткани и в организме. Возрастные и индивидуальные нормы потребления кальция, фосфатов и фтора для сохранения здоровья костной ткани и зубов.
15. Представление о скелете человека. Отделы скелета. Классификация костей.
16. Понятие о скелете плечевого и тазового поясов, скелете верхней и нижней конечностей.
17. Представление о строении черепа: кости, швы и основные отверстия.
18. Понятие о видах и формах соединения костей. Виды суставов, их строение, классификация, функции.
19. Жидкие среды организма: виды (внутри- и внеклеточная / сосудистая, интерстициальная, трансцеллюлярная / жидкость); электролитный состав. Обмен воды в организме.
20. Морфофизиологическая характеристика внешних и внутренних барьеров. Представление о гистогематических барьерах, механизмах транспорта веществ через них и регуляции их проницаемости.
21. Система крови. Состав, количество, свойства, основные функции крови. Гематокрит: определение, величина в норме. Основные факторы, влияющие на величину гематокрита.
22. Плазма: физико-химический состав и функции. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови, его роль и зависимость от содержания осмотически активных веществ и воды. Гипо-, гипер- и изотонические растворы. Расчёт величины осмотического давления плазмы крови.
23. Гемолиз и его виды, плазмолиз. Неблагоприятные последствия гемолиза эритроцитов в организме.
24. Виды и функции белков плазмы (альбуминов, глобулинов, фибриногена). Роль белков в связывании и транспорте веществ (в том числе лекарственных). Функциональное значение ферментов плазмы: протромбина, плазмина, ренина.

25. Низкомолекулярные азотистые соединения (остаточный азот). Продукты распада гемоглобина (билирубин и др.). Безазотистые органические соединения: углеводы, липиды, органические кислоты.
26. Онкотическое (коллоидно-осмотическое) давление плазмы и его роль в обмене воды между кровью и межклеточной жидкостью. Вклад различных белков плазмы в создание онкотического давления.
27. Кислотно-основное состояние крови. Физико-химические и физиологические механизмы, обеспечивающие постоянство pH крови. Основные буферные системы крови. Понятие об ацидозе и алкалозе.
28. Меры профилактики инфицирования при работе с кровью и другими биологическими жидкостями.
29. Форменные элементы крови. Эритроциты: количество, строение, функции. Гемоглобин: количество, его соединения и типы, химическая структура, функции.
30. Лейкоциты: количество, строение, виды, функции. Лейкоцитарная формула. Физиологический лейкоцитоз. Участие лейкоцитов в специфических и неспецифических иммунных реакциях.
31. Основные показатели общего анализа крови: их физиологическая оценка; понятие о возрастных нормах.
32. Органы гемоцитопоэза и иммуногенеза (центральные и периферические): строение и функции.
33. Гемоцитопоэз (гемопоэз). Теория стволовых клеток: их виды, свойства и функции. Регуляция клеточного состава крови: стимуляторы и ингибиторы эритроцитопоэза, лейкоцитопоэза.
34. Значение и потребности организма здорового человека в незаменимых питательных веществах, витаминах и микроэлементах для поддержания нормального кроветворения. Общее представление о нарушениях кроветворения при дефиците поступления этих веществ в организм.
35. Функциональная система, поддерживающая оптимальное для метаболизма количество форменных элементов.
36. Тромбоциты, их количество, строение и функции. Тромбоцитоз и тромбоцитопения. Тромбоцитопоэз и его регуляция.
37. Понятие о системе РАСК (регуляции агрегатного состояния крови): её компоненты и функции.
38. Свертывающая система крови: основные факторы и механизмы первичного (сосудисто-тромбоцитарного) и вторичного (коагуляционного) гемостаза. Роль тромбоцитов.
39. Понятие о фибринолизе и его механизмах.
40. Противосвертывающая система крови. Естественные антикоагулянты: первичные и вторичные.
41. Роль клеток печени и легких в синтезе компонентов свертывающей и противосвертывающей систем.
42. Представление об искусственных антикоагулянтах, фибринолитических и гемостатических средствах.
43. Группы крови (системы: АВО, Rh, HLA и др.). Способы определения группы крови.
44. Физиологические основы переливания крови. Правило разведения.
45. Последствия переливания крови, несовместимой по: а) группе системы АВО, б) по резус-фактору. Профилактика гемолитической болезни новорожденных.
46. Кровезамещающие растворы, их классификация. Физиологические требования, предъявляемые к ним в зависимости от замещаемой функции крови или выполнения других функций.

ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ:

1. Описание морфологических структур организма человека (сравнительная характеристика четырех типов тканей).
2. Проведение мероприятий по профилактике инфицирования вирусными гепатитами и вирусом иммунодефицита человека при исследованиях крови и других биологических материалов.
3. Физиологическая оценка показателей общего анализа крови (оценка результатов определения гематокрита).
4. Физиологическая оценка показателей общего анализа крови (количество эритроцитов, гемоглобина, цветовой показатель и эритроцитарные индексы, количество лейкоцитов и лейкоцитарная формула, СОЭ по методу Панченкова).
5. Физиологическая оценка показателей общего анализа крови, получаемых при использовании ручных и полуавтоматических методов подсчета (количество тромбоцитов).
6. Оценка показателей первичного гемостаза (проба жгута).
7. Оценка результатов определения групповой принадлежности крови (системы АВ0 и Резус) с использованием стандартных сывороток (реагента) и моноклональных антител.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ:

1. Для определения СОЭ лаборант смешал четыре части 5 % цитрата натрия с одной частью крови и на 1 час поставил в прибор Панченкова (рис. 6.1). Определите СОЭ. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.
2. Определите СОЭ пациента (рис. 6.1). Дайте физиологическую оценку полученным показателям, если в плазме крови у него содержится 84 г/л белка, в т. ч. альбумина — 38 г/л, глобулинов — 40 г/л, фибриногена — 6 г/л. Содержание эритроцитов $4{,}0 \times 10^{12}$/л, лейкоцитов — $10{,}8 \times 10^{9}$/л.
3. Определите групповую принадлежность крови с использованием моноклональных антител (рис. 6.2). Требуются ли дополнительные исследования для подтверждения полученных результатов?
4. Определите групповую принадлежность крови впервые забеременевшей женщины с использованием моноклональных антител (рис. 6.3). Женщина, помнит, что ранее после травмы ей перелили одногруппную по системе АВ0 Rh-положительную кровь. Отец ребёнка неизвестен. На что необходимо обратить внимание врачу?
5. Возможно ли рождение ребенка с III группой крови, если у родителей I и IV группы крови по системе АВ0? Почему?
6. Возможно ли рождение ребенка со II группой крови, если у родителей I и III группы крови по системе АВ0? Почему?
7. Рассчитайте цветовой показатель (ЦП) и среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН), если количество эритроцитов $3{,}7 \times 10^{12}$/л, содержание гемоглобина — 125 г/л. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.
8. Дайте физиологическую оценку результатам общего анализа крови (сделан в 14.00): лейкоциты — $9{,}5 \times 10^{9}$/л (юные — 0 %, палочкоядерные — 1 %, сегментоядерные нейтрофилы — 60 %, базофилы — 1 %, эозинофилы — 3 %, лимфоциты — 29 %, моноциты — 6 %). СОЭ — 9 мм/ч.
9. Определите групповую принадлежность крови по системе АВ0 (исследование проводилось при температуре воздуха 12 °С) (рис. 6.4). Есть ли вероятность ошибки определения? Если да, то какова причина?
10. Определите резус-принадлежность крови в пробирках, помеченных «О» и «К» (рис. 6.5). Какие исследования проводятся для подтверждения полученных результатов?

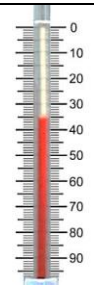


Рис. 6.1

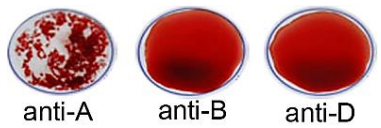


Рис. 6.2

Рис. 6.3

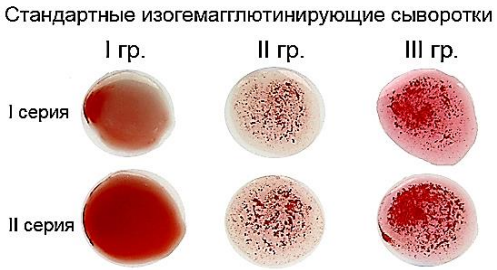


Рис. 6.4

Рис. 6.5

11. При проведении биологической пробы реципиенту трижды вливали кровь донора по 10–15 мл с интервалом 10 мин. Сразу после окончания последнего вливания врач начал гемотрансфузию. Оцените правильность выполнения биологической пробы.
12. Дайте физиологическую оценку результатам общего анализа крови мужчины: эритроциты — $4{,}1 \times 10^{12}$/л, гемоглобин — 125 г/л, ретикулоциты — 2,7 %. Цветовой показатель, МСН — рассчитайте.

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА **Работа 6.1**

	Показатель	Значение
1. Кровь		
1.1	**Количество крови** (% от массы тела)	**6–8 %**
1.2	**Гематокрит** (доля форменных элементов в общем объёме крови, HTC или Ht):	**40–49 %** (0,40–0,49) у мужчин **36–42 %** (0,36–0,42) у женщин
1.3	Объём плазмы (от общего объёма крови)	51–64 %
1.4	**Осмотическое давление** плазмы крови	**290 ± 10 мосмоль/кг** (7,3 атм. или 745 кПа, или 5600 мм рт. ст.)
1.5	**Онкотическое давление** плазмы крови	**25–30 мм рт. ст.**
1.6	**pH артериальной крови**	**7,35–7,45**
1.7	**Вязкость крови** (по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0)	**4,5–5,0**
1.8	**Вязкость плазмы** (по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0)	**1,8–2,2**
1.9	Относительная плотность крови	1,050–1,062 г/мл
1.10	Относительная плотность плазмы	1,029–1,032 г/мл
1.11	Содержание **глюкозы в цельной крови**	**3,3–5,5 ммоль/л (60–100 мг/дл)**
1.12	**Общее** содержание **белков в плазме:**	**60–85 г/л**
	из них : альбуминов	38–50 г/л
	глобулинов	20–36 г/л
	фибриногена	2–4 г/л
1.13	Содержание **в плазме** крови: холестерина	3,1–5,2 ммоль/л
	креатинина	74–110 мкмоль/л
	мочевины	2,7–8,0 ммоль/л
1.14	**Электролитный состав плазмы** крови. содержание: натрия (Na^+)	 136–145 ммоль/л
	калия (K^+)	3,5–5,1 ммоль/л
	хлора (Cl^-)	98–107 ммоль/л
	кальция общего (Ca^{2+})	2,2–2,75 ммоль/л (ионизированного — около 60 %, связанного с белками — около 40 %)
	бикарбонатов (HCO_3^-)	21–32 ммоль/л (в среднем, 24 ммоль/л)

	Показатель	Значение
1.15	**Осмотическая устойчивость эритроцитов взрослого человека:**	
	минимальная	0,46–0,48 % NaCl
	максимальная	0,32–0,34 % NaCl

1.16 **Показатели красной крови:**

Группа	Эритроциты × 10^{12}/л	Ретикулоциты, %	Гемоглобин, г/л	MCV[6], фл	MCH, пг	MCHC, г/дл
Новорождённые	5,0–7,0	12–15	192–232	101–128	25,4–34,6	30–37
Взрослые мужчины	3,9–5,1	0,5–1,2	130–170	80–100	25,4–34,6	30–37
Взрослые женщины	3,7–4,9	0,5–1,2	120–150	79–98	25,4–34,6	30–36

1.17	**Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) по Панченкову:**	
	у молодых мужчин	**1–10 мм/ч**
	у молодых женщин	**2–15 мм/ч**
1.18	**Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) по Вестергрену:**	
	до 10 лет	до 10 мм/ч
	до 50 лет: у мужчин	до 15 мм/ч
	у женщин	до 20 мм/ч
	старше 50 лет: у мужчин	до 20 мм/ч
	у женщин	до 30 мм/ч

1.19 **Показатели тромбоцитов у взрослых:**

Тромбоциты × 10^9/л	PCT[7], %	MPV, фл	PDW, %
140–450	0,15–0,40	6,5–12	10–20

1.20	Протромбиновый индекс капиллярной крови	93–107 %
1.21	Международное нормализованное отношение (МНО)	0,85–1,25
1.22	Время кровотечения по Дюке	2–4 мин

[6] MCV (mean corpuscular volume) — средний объём эритроцитов; MCH (mean corpuscular hemoglobin) — среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration) — концентрация гемоглобина в одном эритроците.

[7] PCT (Platelet Crit) — тромбокрит; MPV (Mean Platelet Volume) — средний объём тромбоцитов; PDW (Platelet Distribution Width) — ширина распределения тромбоцитов по объёму.

	Показатель	Значение
1.23	**Содержание лейкоцитов:**	
	у новорождённого	до 25 × 10^9/л
	в 1 год	(6–12) × 10^9/л
	у взрослого	**(4–9) × 10^9/л**

1.24	**Лейкоцитарная формула** (процентное соотношение разных видов лейкоцитов):						
	Гранулоциты					**Агранулоциты**	
	Нейтрофилы 47–76 %			**Базофилы**	**Эозинофилы**	**Лимфоциты**	**Моноциты**
	юные	**палочкоядерные**	**сегментоядерные**				
	0–1 %	**1–5 %**	**47–68 %**	**0–1 %**	**1–5 %**	**18–40 %**	**2–10 %**
	1–50 кл/мкл	100–250 кл/мкл	2750–3400 кл/мкл	1–75 кл/мкл	100–250 кл/мкл	1200–2800 кл/мкл	200–600 кл/мкл
	СДВИГ ВЛЕВО ←			Увеличение незрелых форм нейтрофилов в крови, стимуляция лейкоцитопоэза			
	→ СДВИГ ВПРАВО			Увеличение зрелых форм нейтрофилов в крови, угнетение лейкоцитопоэза			

2. Ликвор

2.1	**Количество ликвора**	**10 % от массы мозга или 120–150 мл**	2.7	**Содержание белков** в цистернальном ликворе	**0,15–0,35 г/л**
2.2	**Суточная продукция ликвора**	**500 мл**		из них:	
2.3	**Цвет** ликвора	**бесцветный**		альбуминов	0,14–0,18 г/л
	Прозрачность ликвора	**прозрачный**		глобулинов	0,01–0,06 г/л
2.4	Относительная плотность ликвора	1,005–1,009 г/мл	2.8	Содержание **глюкозы**	**глюкоза крови × 0,5**
2.5	**pH ликвора**	**7,31–7,33**	2.9	Содержание **хлоридов**	**120–130 ммоль/л**
2.6	**Осмотическое давление** ликвора	**290 ± 10 мосмоль/кг**	2.10	Количество клеток (цитоз)	(1–5) × 10^6/л

ЛИТЕРАТУРА **для подготовки к итоговому занятию**	**ОРГАНИЗАЦИЯ КОЛЛОКВИУМА**
Основная 1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 15–38, 205–235. 2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии. ***Дополнительная*** 3. *Общая* физиология. Физиология жидких сред организма : метод. рекомендации / Д. А. Александров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – 90 с. – С. 60–82. 4. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 11–74, 237–265. 5. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 8–72, 453–483, 483–533. 6. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 123–125, 126–147, 148–163, 164–177. 7. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 8–23.	Коллоквиум проводится в форме **компьютерного тестирования** по вопросам, охватывающим все темы разделов дисциплины, и **устного или письменного собеседования**. На выполнение теста отводится до 28 минут. На текущей аттестации осуществляется контроль усвоения **теоретического** материала и **практических** навыков с выставлением **двух раздельных** отметок.

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Проведение мероприятий по профилактике инфицирования вирусными гепатитами и вирусом иммунодефицита человека при исследовании крови и других биологических материалов».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Дресс-код (одежда и внешний вид человека при исследовании крови и других биологических материалов) с объяснениями	☐ 0 ☐ 1
2	Перечень основных средств индивидуальной защиты (СИГ) и санитарно-гигиенической одежды (СГО)	☐ 0 ☐ 1
3	Посмотреть наличие на экзаменуемом СИГ и СОГ (минимум халат + маска + шапочка)	☐ 0 ☐ 1
4	Правильная последовательность действий в случае повреждения целостности кожных покровов при работе с биологическим материалом (укол, парез)	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
5	Правильная последовательность действий в случае загрязнения биологическим материалом кожных покровов без нарушения их целостности	☐ 0 ☐ 1
6	Правильная последовательность действий в случае попадания биологического материала на слизистую оболочку	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
7	Правильная последовательность действий в случае загрязнения биологическим материалом санитарно-гигиенической одежды, личной одежды, обуви	☐ 0 ☐ 1
8	Правильная последовательность действий в случае загрязнения биологическим материалом внешней среды	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Описание морфологических структур организма человека (сравнительная характеристика четырех типов тканей)»**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Особенности строения эпителиальной ткани	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
2	Особенности строения соединительной ткани	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
3	Особенности строения мышечной ткани	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
4	Особенности строения нервной ткани	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Физиологическая оценка показателей общего анализа крови (количество эритроцитов, гематокрит, количество гемоглобина, цветовой показатель и эритроцитарные индексы, количество лейкоцитов и лейкоцитарная формула, количество тромбоцитов, СОЭ по методу Панченкова)».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Показатели красной крови взрослого здорового молодого человека в зависимости от его пола	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
2	Показатели лейкоцитов и лейкоцитарной формулы взрослого здорового молодого человека независимо от его пола	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
3	Количество тромбоцитов в крови взрослого здорового молодого человека независимо от его пола	☐ 0 ☐ 1
4	СОЭ по методу Панченкова у взрослого здорового молодого человека в зависимости от его пола	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Оценка показателей первичного гемостаза».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Определение первичного гемостаза и его основные компоненты	☐ 0 ☐ 1
2	Проба жгута: предназначение и оборудование	☐ 0 ☐ 1
3	Выполнение исследования (или подробный рассказ о нём)	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
4	Оценка результатов исследования с комментарием	☐ 0 ☐ 1
5	Время кровотечения по Дюке: предназначение и оборудование для его установления	☐ 0 ☐ 1
6	Подробный рассказ о ходе выполнения исследования	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
7	Оценка результатов исследования с комментарием	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Оценка результатов определения групповой принадлежности крови (системы АВ0 и резус) с использованием стандартных сывороток (реагента) и моноклональных антител».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Дать определение понятию «агглютинация»	☐ 0 ☐ 1
2	Комбинации различных агглютиногенов и агглютининов в крови различных групп системы АВ0 и системы Резус	☐ 0 ☐ 1
3	Последовательность действий при определении групп крови по системе АВ0 и системе Резус с использованием стандартных сывороток	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
4	Результаты определения групп крови по системе АВ0 и системе Резус с использованием стандартных сывороток	☐ 0 ☐ 1
5	Последовательность действий при определении групп крови по системе АВ0 и системе Резус моноклональными антителами	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
6	Результаты определения групп крови по системе АВ0 и системе Резус с использованием моноклональных антител	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ. КОЖА. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ: ВИДЫ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, ФУНКЦИИ. ЖЕЛЕЗИСТЫЙ ЭПИТЕЛИЙ, СЕКРЕЦИЯ. ЖЕЛЕЗЫ: ВИДЫ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, ФУНКЦИИ. КОЖА: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, ФУНКЦИИ

Занятие 7

Основные вопросы: 1. Эпителиальные ткани: виды, особенности строения, функции. Базальная и апикальная мембраны эпителиоцита, их функции. 2. Поверхностные эпителии: их виды, строение, функции. 3. Железистый эпителий. Железы внешней и внутренней секреции. 4. Понятие о секреции, ее продуктах: секрет, экскрет, инкрет. Виды секретов: белковый, слизистый, смешанный, сальный. 5. Клеточные механизмы секреции: секреторный цикл, фазы секреции, типы секреции (апо-, меро-, голокриновый). 6. Кожа: строение и функции. 7. Производные кожи, их функции.	**ЛИТЕРАТУРА** ***Основная*** 1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии. ***Дополнительная*** 2. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 35–41. 3. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 2. – 528 с. – С. 435–438. 4. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 404–414.
Вопросы для самоподготовки: 1. Какая структура находится между эпителием и соединительной тканью? 2. Назовите структурные особенности апикальной мембраны эпителиоцита. 3. Перечислите основные функции апикальной мембраны эпителиоцита. 4. Какие эпителии входят в группу однослойных согласно морфофункциональной классификации? 5. Перечислите функции эпителиальных тканей. 6. Из чего состоит базальная мембрана эпителиальных тканей? 7. Назовите основные функции базальной мембраны. 8. Какие эпителиоциты секретируют вещества через обе мембраны (апикальную и базальную) как во внешнюю, так и во внутреннюю среду? 9. Какую форму имеют клетки сосудистого эндотелия?	10. Какой вид эпителия выстилает воздухоносные пути? 11. Сколько слоев имеет многослойный плоский ороговевающий эпителий тонкой кожи? 12. Какие экзокринные железы называются сложными? 13. Выводной проток железы содержит разветвления. В каждое из них открывается несколько концевых отделов, имеющих вид мешочка. Каков морфологический тип железы? 14. На электронограмме эпителиоцитов в апикальном конце видны вакуоли, заполненные секретом и окруженные мембраной, соприкасающейся с апикальной плазмолеммой, целостность которой не нарушена. Какой тип секреции зарегистрирован в данном случае?

Эпителиальные ткани — это ткани, характеризующиеся ***полярной дифференцировкой клеток, их тесным взаиморасположением (с малым количеством межклеточного вещества) в виде пласта на базальной мембране на границе с внешней или внутренней средой, а также образующих паренхиму большинства желез.***	Железистый эпителий — это гландулоциты, основной функцией которых является ***вырабатывание и выделение специфических продуктов (секретов) на поверхность кожи и слизистых оболочек (внешняя, экзокринная секреция) или непосредственно в кровь и в лимфу (внутренняя эндокринная секреция).***
	Виды секретов: а) ***белковый***; б) ***слизистый***; в) ***белково-слизистый***; г) ***кожное сало (20–25 г/сутки)*** д) ***солевой (пот).***
Основные виды эпителиальных тканей: 1) ***поверхностные (покровные, выстилающие), покрывающие поверхность тела и внутренние органы и выстилающие полости тела, а также слизистые оболочки внутренних органов, пищевого тракта, дыхательной системы, мочеполовые пути***; 2) ***железистые, образующие одноклеточные железы или паренхиму большинства многоклеточных желез внешней (экзокринных) и внутренней (эндокринных) секреции***; 3) ***сенсорные эпителии, выполняющие рецепторные функции и входящие в состав органов чувств (слуха, гравитации, вкуса).***	Различают две группы желез: 1) ***эндокринные железы, или железы внутренней секреции***; 2) ***экзокринные железы, или железы внешней секреции.***
	Секреторный цикл включает четыре фазы: 1) ***поглощение из крови исходных компонентов***; 2) ***синтез из них продуктов секреции***; 3) ***выделение секрета за пределы клетки***; 3) ***восстановление структуры клетки после выделения секрета.***
	Кожа — ***это слоистый*** орган, массой ***5–6*** % от массы тела, состоящий из трех оболочек: а) ***эпидермис (многослойного плоского эпителия)***; б) ***дерма (собственно кожи из волокнистой соединительной ткани)***; в) ***гиподерма (подкожно-жировая клетчатка).***
Перечислите морфофункциональные свойства эпителиев: а) ***особая пространственная организация эпителиев в виде ассоциатов клеток: пластов, трубочек, тяжей, островков, фолликулов, сети***; б) ***небольшое количество межклеточного вещества***; в) ***расположение на базальных мембранах***; г) ***отсутствие кровеносных сосудов***; д) ***полярная дифференцировка эпителиоцитов (базальная и апикальная части)***; е) ***высокая способность к регенерации***; ж) ***пограничное расположение***; з) ***наличие развитых межклеточных соединений;*** и) ***специфический тип промежуточных нитей (цитокератины).***	Функции кожи: а) ***защитная***; б) ***барьерная***; в) ***участие в водно-солевом и тепловом обмене***; д) ***рецепторная***; е) ***синтез витамина Д***; ж) ***участие в иммунных процессах***; з) ***депонирование крови***; и) ***выделительная.***
	Перечислите производные кожи: а) ***потовые железы***; б) ***сальные железы***; в) ***молочные железы***; г) ***волосы***; д) ***ногти.***

ЛОКАЛИЗАЦИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭПИТЕЛИЕВ И ИХ ФУНКЦИИ **Работа 7.2**

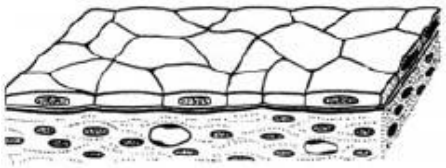
Морфологическая классификация покровных эпителиев: примеры локализации и функции.

Рис. 7.1

Локализация	Функции
Альвеолоциты I типа, клетки тонкой части петли Генле	***Газообмен между альвеолярным воздухом и кровью; концентрирование мочи в нисходящей части петли Генле***
Собирательные трубочки в почке, фолликулы щитовидной железы	***Обеспечение реабсорбции; эндокринная функция.***
Извитые проксимальные и дистальные канальцы почек, слизистая ЖКТ, половые железы, половые пути	***Секреторная и защитная функции, функции реабсорбции и всасывания***
Эпителий трахеи и воздухоносных путей, маточных труб	***Защитная (удаление пылевых частиц в носовую полость и далее во внешнюю среду), продвижение яйцеклетки в матку***
Эпителий кожи	***Происходят процессы ороговения, связанные с дифференцировкой клеток верхних слоев в плоские роговые чешуйки (защитные свойства и водонепроницаемость)***
Покрывает поверхность роговицы глаза, конъюнктивы, слизистых оболочек полости рта (частично), глотки, пищевода, влагалища, части мочеиспускательного канала	***Защитная***
Стенка крупных фолликулов яичника, выстилает протоки потовых и сальных желез кожи.	***Секреторная***
Некоторые участки мочеиспускательного канала, крупные выводные протоки слюнных и молочных желез	***Защитная, секреторная***
Эпителий органов мочевой системы: мочевого пузыря, мочеточников и др.	***Обеспечивает нормальное растяжение этих органов при заполнении мочой, защитная функция***

ВИДЫ ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ **Работа 7.3**

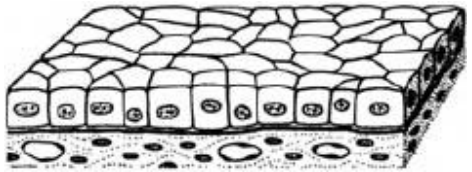
Указаны названия эпителиев (рис. 7.2.) и приведены примеры их локализации.



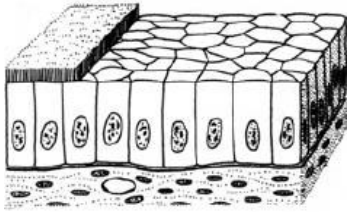
1. ***Однослойный однорядный плоский (альвеолоциты I типа, клетки тонкой части петли Генле)***

Общие структурные особенности эпителиоцитов:

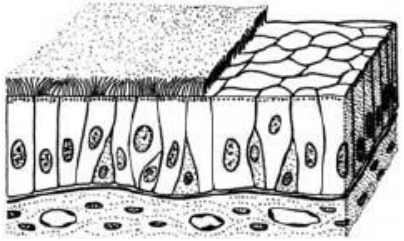
1) ***практически нет межклеточного вещества;***
2) ***клетки плотно прилегают одна к другой;***
3) ***специализированные межклеточные контакты;***
4) ***расположение на базальной мембране;***
5) ***полярная дифференцировка эпителиоцитов (базальная и апикальная части).***



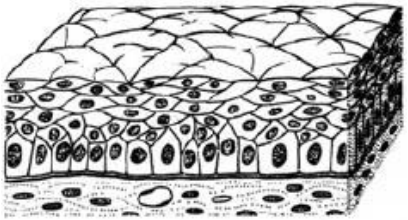
2. ***Однослойный однорядный кубический (фолликулы щитовидной железы, собирательные трубочки в почке)***



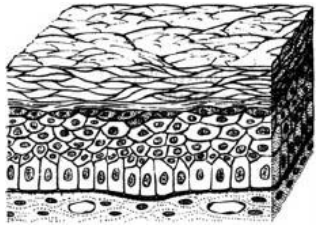
3. ***Однослойный многорядный призматический (слизистая ЖКТ, половые железы, половые пути, извитые канальцы почек)***



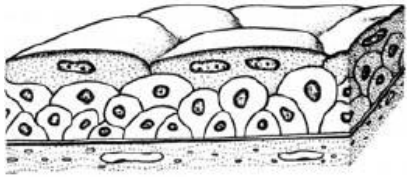
4. ***Однослойный многорядный призматический (мерцательный эпителий слизистой оболочки воздухоносных путей)***



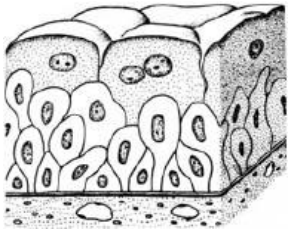
5. ***Многослойный плоский неороговевающий (эпителий роговицы, пищевода)***



6. ***Многослойный плоский ороговевающий (эпителий кожи)***



7. ***Переходный растянутый (растянутый мочевой пузырь, эпителий мочевыводящих путей)***



8. ***Переходный нерастянутый (мочевой пузырь после опорожнения)***

Рис. 7.2. Схемы строения разных видов покровных эпителиальных тканей

Ответы: 1 — однослойный плоский, 2 — однослойный кубический, 3 — однослойный призматический, 4 — однослойный многорядный призматический, 5 — многослойный плоский неороговевающий, 6 — многослойный плоский ороговевающий, 7, 8 — переходной.

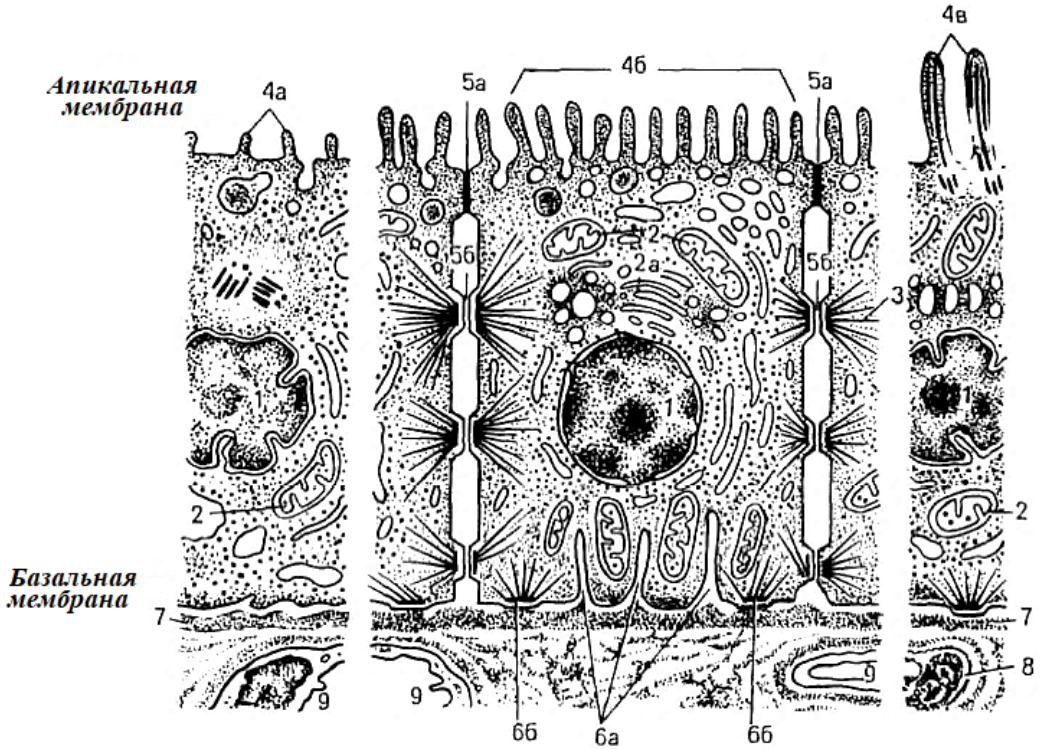


Рис. 7.3. Строение однослойного эпителия (схема по Е. Ф. Котовскому):
1 — ядро; 2 — митохондрии; 2а — аппарат Гольджи; 3 — тонофибриллы; 4 — структуры апикальной поверхности клеток; 4а — микроворсинки; 4б — щеточная каемка; 4в — реснички; 5 — структуры межклеточной поверхности; 5а — плотные контакты; 5б — десмосомы; 6 — структуры базальной поверхности клеток; 6а — инвагинация цитолеммы; 6б — полудесмосомы; 7 — базальная мембрана; 8 — соединительная ткань; 9 — кровеносные капилляры

На рис. 7.3. указана локализация базальной и апикальной мембран и перечислены их функции.

1. Функции базальной мембраны:

1. Транспортная (O_2, ионов, питательных веществ)
2. Экскреторная (CO_2, и др. продуктов метаболизма)
3. Секреторная (гормонов эндокринными железами)
4. Рецепторная (сенсорная) с участием рецепторов к медиаторам, гормонам и др. БАВ
5. Защитная (образование гистогематических барьеров)

2. Функции апикальной мембраны:

1. Всасывательная (через микроворсинки кишечника и почек)
2. Секреторная (экзокринные железы ЖКТ и кожи)
3. Транспортная
4. Сенсорная (в сенсоэпителиоцитах органов гравитации, слуха, вкуса)
5. Защитная

Приведены примеры локализации и функций однослойного эпителия:

а) с микроворсинками ***в клетках эпителия тонкого кишечника и в клетках канальцев почки резко увеличивают всасывающую поверхность;***

б) щеточной каемкой ***тонкий кишечник (пристеночное пищеварение, всасывание), проксимальные канальцы нефрона (реабсорбция, секреция);***

в) ресничками ***обеспечивают подвижность клеток (например, сперматозоидов); обеспечивают поступательные движения, в частности, продвижение слизи на апикальной поверхности клеток воздухоносных путей.***

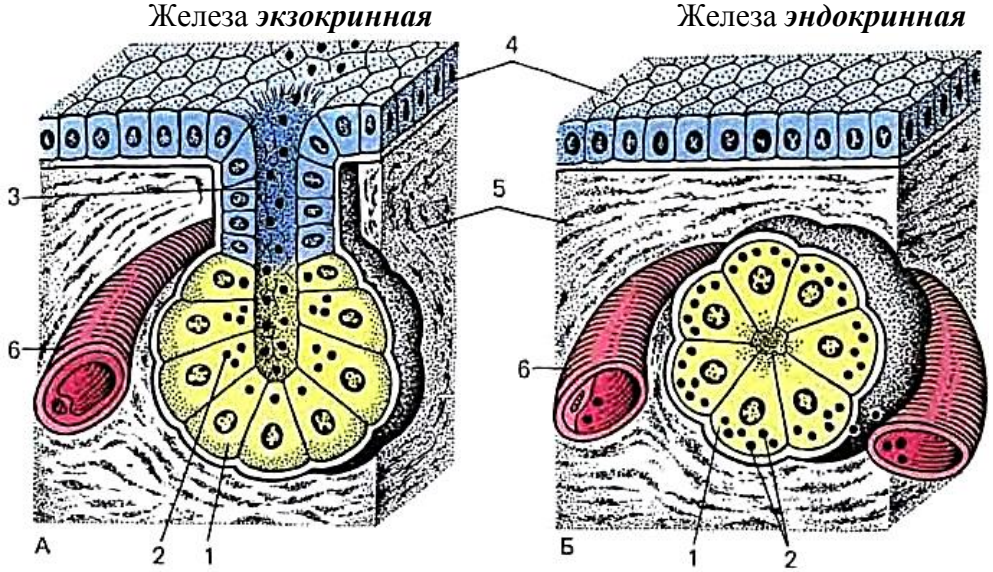


Рис. 7.4. Строение экзокринных и эндокринных желез (схема по Е. Ф. Котовскому)

А — экзокринная железа; Б — эндокринная железа; 1 — концевой отдел; 2 — секреторные гранулы; 3 — выводной проток экзокринной железы; 4 — покровный эпителий; 5 — соединительная ткань; 6 — кровеносный сосуд

1. Указаны названия желез (рис. 7.4) и признаки, позволившие нам сделать правильное заключение.

а) ***наличие (экзокринная железа) / отсутствие (эндокринная железа) выводных протоков;***

б) ***выведение секрета наружу (на поверхность эпителия, выстилающего внутренние органы, и на поверхность тела) / в кровоток или лимфу соответственно.***

Железы — это ***органы, обладающие способностью синтезировать и выделять особые биологически активные вещества. Они называются секретами, а сама функция — секреторной. Вещества могут выделяться в выводные протоки*** (*экзокринные железы*) ***либо в качестве*** *гормона* ***прямо в систему*** *кровообращения* ***или в лимфу*** (*эндокринные железы*).

2. Классификация желез по составу секреции:

а) ***белковые***;

б) ***слизистые***;

в) ***слизисто-белковые***;

г) ***сальные (или можно указать на «солевые»)***.

Таблица 7.1

Сравнительная характеристика экзокринных и эндокринных желез

Показатели	Экзокринные железы	Эндокринные железы
Выводные протоки (отсутствуют или имеются)	***имеются***	***отсутствуют***
Выведение секрета	***наружу (на поверхность кожи или в полости органов, выстланных эпителием)***	***во внутреннюю среду организма (кровь или лимфу)***
Примеры секретов	***слюна, пищеварительные соки, пот***	***гормоны***
Функции	***секреторная (внешняя секреция): пищеварительная (слюна, желудочный и кишечный сок); трофическая (слюна); защитная; выделительная; терморегуляторная и т. д.***	***секреторная (внутренняя секреция): регуляторная или эндокринная***

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗ ВНЕШНЕЙ СЕКРЕЦИИ **Работа 7.6**

Подписаны полные **названия** желез внешней секреции и приведены примеры их **локализации** в организме с указанием **функций** этих желез.

А	**Б**	**В**	**Г**
Простая, трубчатая, неразветвленная железа	***Простая, трубчатая, разветвленная железа***	***Простая, альвеолярная, неразветвленная железа***	***Простая, альвеолярная, разветвленная железа***
Эккриновые и апокриновые потовые железы *(участие в терморегуляции (потоотделение),* ***собственные железы желудка*** *(участие в пищеварении),* ***железы слизистой оболочки матки*** *(секреция гликогена, гликопротеинов, липидов, муцина).*	***Кардиальные и пилорические железы желудка, пищеводные железы*** *(участие в различных этапах пищеварения).*	***Мейбомиевы железы век*** *(25 — на верхнем и 16 — на нижнем веке), видоизмененные сальные железы (смазывают веки, предохраняя их от смачивания слезами и предотвращая пересыхание глаза и испарение водного слоя).*	***Сальные железы*** *(бактерицидное действие, смягчает кожу и придает ей эластичность, защищает кожу от повреждения при перегревании покровов).*
Д	**Е**	**Ж**	Принципы классификации:
Сложная, трубчатая, разветвленная железа	***Сложная, альвеолярная, разветвленная железа***	***Сложная, альвеолярно-трубчатая, разветвленная железа***	А) от формы секреторного отдела: ***1) альвеолярные (форма близка к мешковидной: сальные)*** ; ***2) трубчатые (желудочные, пищеводные)*** ; ***3) альвеолярно-трубчатые (все большие слюнные железы, молочные)***
Яички *(сперматогенез, выделение андрогенов),* ***печень*** *(синтез желчи),* ***слезные железы*** *(слезная жидкость: защитная функция).*	***Поджелудочная*** *(участие в пищеварении),* ***молочные железы*** *(секреторная функция),* ***околоушные слюнные железы*** *(функции слюны: см. рядом).*	***Подчелюстные, подъязычные слюнные железы*** *(функции слюны: защитная, минерализация эмали зубов, смачивание пищи, ферментное расщепление углеводов),* ***предстательная железа*** *(участвует в разжижении семени и способствует его прохождению по мочеиспускательному каналу при эякуляции).*	Б) от ветвления секреторного отдела: 1) ***с неразветвленными концевыми отделами (потовые)*** ; 2) ***с разветвленными концевыми отделами (желудочные, пищеводные)***
			В) от ветвления выводного протока: 1) ***простые (выводной проток не ветвиться: желудочные, пищеводные, маточные, потовые, сальные)*** ; 2) ***сложные (выводной проток ветвится: все большие слюнные железы, молочные)***

Рис. 7.5. Схемы строения различных типов желез внешней секреции

Железистый эпителий специализируется на секреторной функции. Вещества, синтезируемые секреторными клетками, поступают в кровь (эндокриния) или на поверхность эпителия (экзокриния), а сам процесс секреции осуществляется циклически (секреторный конвейер). В этом цикле можно выделить четыре фазы:

1) поглощение из крови исходных компонентов;
2) синтез из них продуктов секреции;
3) выделение секрета за пределы клетки;
4) восстановление ее структуры.

В фазу поглощения активизируются транспортные потоки, направляющиеся через базальную мембрану из гемокапилляров в клетку. В фазу синтеза увеличивается функциональная активность эндоплазматической сети и аппарата Гольджи. Изменения, происходящие в клетках в фазу выделения, зависят от механизма секреции.

При мерокриновом типе секреции секреторные гранулы с помощью акто-миозинового комплекса перемещаются к клеточной мембране и выводятся за пределы клетки без разрушения цитолеммы. Такой тип секреции характерен для желез пищеварительного тракта, в том числе для части слюнных желез.

При апокриновом типе выделения секрета (например, в молочных и некоторых потовых железах) в фазу выделения происходит разрушение апикальной части клеток.

Голокриновый тип секреции приводит к полному разрушению железистых клеток. Подобным образом функционируют сальные железы кожи. Сохраняющиеся в базальном слое железы камбиальные элементы обеспечивают восстановление популяции разрушенных гландулоцитов.

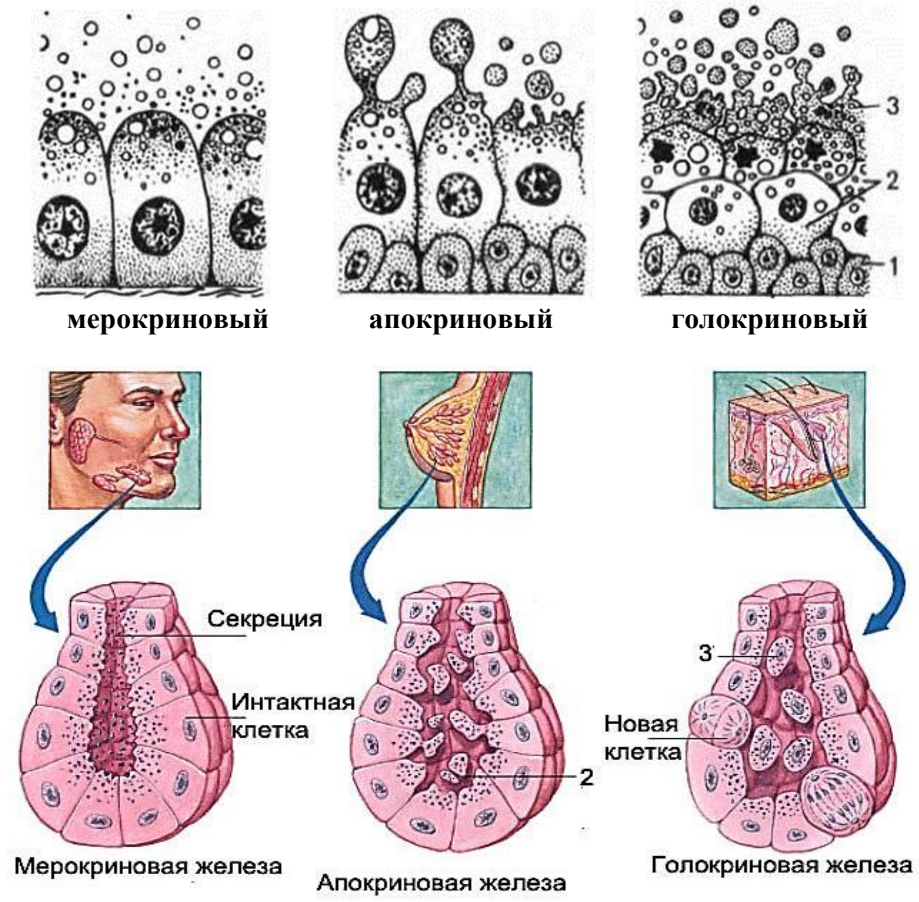
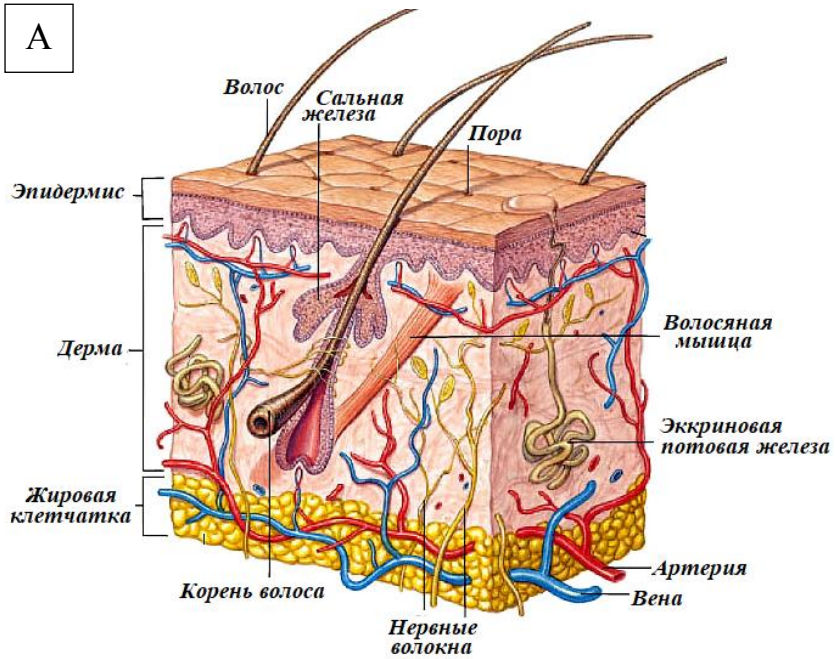


Рис. 7.6. Схемы типов секреции желез с примерами желез внешней секреции и их функции:
1 — малодифференцированные клетки; 2 — перерождающиеся; 3 — разрушающиеся клетки

А

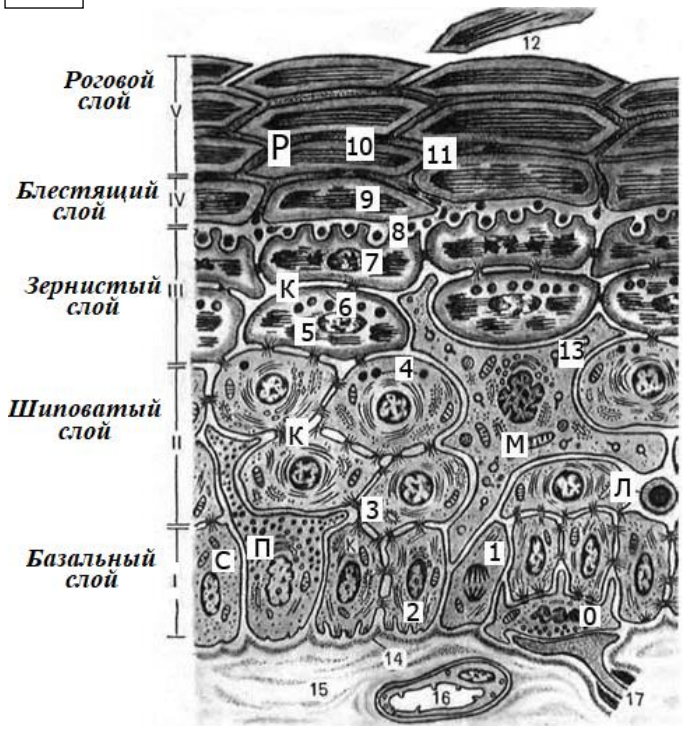


Названия слоев кожи:
1) слой ***эпидермис***;
2) слой ***дерма***;
3) слой ***гиподерма (подкожно-жировая клетчатка)***.

Перечислены придатки кожи и указаны некоторые из них на рис. 7.7, *А*:

1. ***волосы;***
2. ***сальные железы;***
3. ***потовые железы.***

Б



1 — базальный слой; 2 — шиповатый слой; 3 — зернистый слой; 4 — блестящий слой; 5 — роговой слой.

К — кератиноциты, Р — корнеоциты (роговые чешуйки), М — макрофаг (клетка Лангерганса), Л — лимфоцит, О — клетка Меркеля, П — меланоцит, С — стволовая клетка.
1 — митоз кератиноцита; 2 —кератиновые тонофиламенты; 3 — десмосомы; 4 — кератиносомы; 5 — кератгиалиновые гранулы; 6 — слой кератолинина; 7 — разрушение ядра; 8 — образование межклеточного вещества; 9, 10 — кератиновые фибриллы; 11 — цементирующее межклеточное вещество; 12 — отпадающая чешуйка; 13 — гранулы в форме теннисных ракеток; 14 — базальная мембрана; 15 — сосочковый слой дермы; 16 — гемокапилляр; 17 — нервное волокно

Рис. 7.7. Схема строения кожи как органа (А) и ее эпидермальной части (Б)

Кожа состоит из 3 слоев: эпидермиса, дермы и подкожной клетчатки (гиподермы). Волосы, ногти, сальные и потовые железы являются придатками кожи. Зная массу тела, объем груди и рост человека можно определить площадь его кожи. Иногда расчет дозы медикамента ведется на единицы площади тела (например, в онкогематологии).

Формула для расчета площади кожи:

1. Формула Туровского: 1 кг веса взрослого человека приходится на 221 см^2 поверхности кожи, а у подростков — на 378 см^2.

2. По номограмме для определения площади поверхности тела.

Указания к оформлению протокола. Рассчитайте площадь поверхности своего тела по формулам и по номограмме.

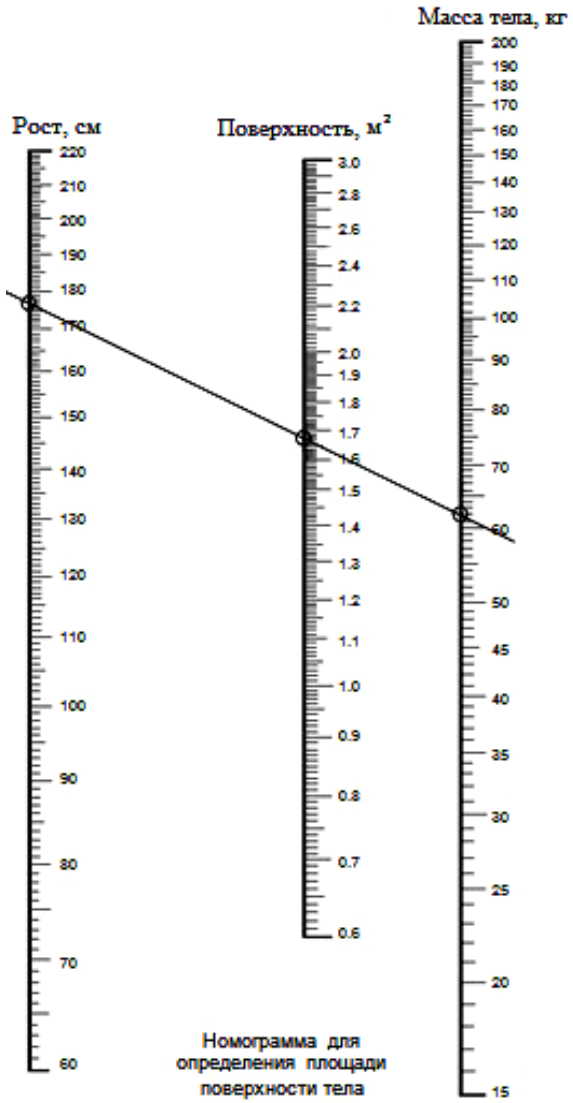
ПРОТОКОЛ

1. Расчет площади поверхности кожи по Туровскому:

S тела в см = масса тела в кг × 221 см^2 ***63 кг*221 см^2***= ***13923*** см^2= ***1,39*** м^2

2. Расчет площади поверхности кожи по номограмме:

S тела в м^2 = ***1,66*** м^2



Номограмма — это графическое представление функции от нескольких переменных (в данном случае рост и масса тела испытуемого), позволяющее с помощью простых геометрических операций (например, прикладывания линейки) исследовать функциональные зависимости без вычислений.

ХИМИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ГИПОТАЛАМУСА, ГИПОФИЗА И ЭПИФИЗА

Занятие 8

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Обмен информацией между клетками и окружающей средой. Понятия: информация, сигнал. Виды информационных сигналов.
2. Химическая сигнализация. Основные способы межклеточной коммуникации (паракринная, аутокринная, юкстокринная, эндокринная и нейроэндокринная), их характеристика.
3. Молекулярные (клеточные) рецепторы. Классификация по строению и локализации в клетке. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Основные пути передачи сигнала с участием рецепторов клеточной мембраны (семисегментных трансмембранных (7-TMS), односегментных (1-TMS) трансмембранных рецепторов и лиганд-зависимых ионных каналов) и внутриклеточных рецепторов.
4. Морфофункциональная организация эндокринной системы. Центральные и периферические органы эндокринной системы. Современные представления о функциях желез внутренней секреции и диффузных элементах.
5. Гормоны: источники и химическая природа. Классификация. Транспортные формы, пути метаболизма, инактивации и выведения гормонов.
6. Механизмы действия гормонов. Синергизм и антагонизм действия гормонов на клетки-мишени.
7. Нервные и гуморальные, прямые и обратные (положительные и отрицательные) связи в регуляции деятельности эндокринных желез.
8. Методы оценки состояния функций эндокринной системы у человека.
9. Гипоталамус, его гормоны: рилизинг-факторы (либерины) и ингибирующие гормоны (статины), их биологическое действие. Вазопрессин и окситоцин — гормоны гипоталамуса, их биологическое действие. Пути поступления гипоталамических гормонов в гипофиз (адено- и нейрогипофиз).
10. Гипофиз. Топография, строение, отделы и их основные гормоны: тропные (ТТГ, АКТГ, ФСГ и ЛГ) и эффекторные (СТГ, пролактин, МСГ, АДГ и окситоцин). Взаимосвязь с гипоталамусом и значение в регуляции периферических желез внутренней секреции. Регуляция эндокринных функций гипофиза.
11. Эпифиз. Топография и микроскопическое строение. Эндокринная функция эпифиза, её регуляция.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 23–36, 38–42, 84–92.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Общая* физиология. Физиология жидких сред организма : метод. рекомендации / Д. А. Александров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – 90 с. – С. 60–70.
4. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 110–117, 122–123.
5. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 542 с. – С. 38–42, 73–81, 246–275.
6. *Гистология*, цитология, эмбриология: учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 315–327.
7. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 2. – 528 с. – С. 90–93, 96–97.

Вопросы для самоподготовки:	
1. С какими рецепторами преимущественно связываются липофильные лиганды, и с какими — гидрофильные лиганды? 2. Что такое первичные и вторичные посредники действия гормонов? 3. Перечислите вещества, являющиеся классическими вторичными посредниками? Какие вещества выполняют роль первичных посредников? 4. Какие основные пути регуляции функциональной активности белков клетки Вы знаете? Какова роль протеинкиназ, фосфатаз, фосфодиэстераз? 5. Какие ферменты активируются вторичными посредниками цАМФ, цГМФ и диацилглицеролом (ДАГ)? Какую функцию выполняет вторичный посредник инозитолтрифосфат ($ИФ_3$)? 6. К какому типу рецепторов относится мускаринчувствительный холинорецептор (м-ХР)? Никотинчувствительный холинорецептор (н-ХР)?	7. В чем заключается метаболический эффект гормонов? Перечислите основные анаболические и катаболические гормоны. 8. В чем заключается пермиссивный эффект гормонов? 9. Что такое морфогенетическое действие гормонов? 10. Какими способами можно оценить состояние функций эндокринной железы? 11. В чем заключаются эффекты АКТГ? Чем тормозится его секреция? Почему необходимо соотносить уровень гормонов со временем суток? 12. Чем проявляется избыток и недостаток АКТГ в организме? 13. Как регулируется секреция ТТГ, в чем заключается его тиреоидное действие и как проявляется избыток и недостаток в организме ТТГ? 14. Где синтезируется и где секретируется окситоцин? Какова его роль? 15. Что является стимулами для секреции вазопрессина (АДГ)? 16. Какие общие симптомы имеются при сахарном и несахарном диабете? Каковы причины этих двух разных заболеваний?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 8.1**

Гормон — это ***эндогенные химические соединения, обладающие высокой биологической активностью и вызывающие в очень малых концентрациях (10^{-6}–10^{-12}) конкретную биохимическую или биофизическую реакцию в клетке-мишени.***	Химическая классификация гормонов: 1) ***пептиды и белки***; 2) ***производные аминокислот***; 3) ***стероиды, производные холестерола***; 4) ***эйкозаноиды, производные арахидоновой кислоты.***
Центральные органы эндокринной системы — это ***гипоталамус (нейросекреторные ядра), гипофиз, эпифиз.***	Пролактин ***(лактотропный гормон, ЛТГ)*** — это ***эффекторный гормон гипофиза, выделяется в кровь желтыми лактотрофами аденогипофиза.***
Агонист (стимулятор) — ***лиганд, который при взаимодействии с рецептором вызывает ответную реакцию или увеличивает ее силу.***	МСГ ***(меланоцитстимулирующий гормон, интермедин)*** — это ***эффекторный гормон гипофиза, который вырабатывается в промежуточной зоне у плода и новорожденных (у взрослых эта зона редуцирована).***

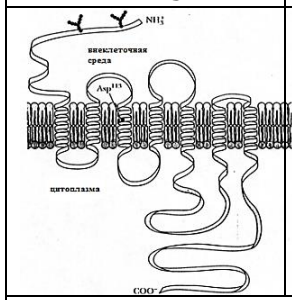
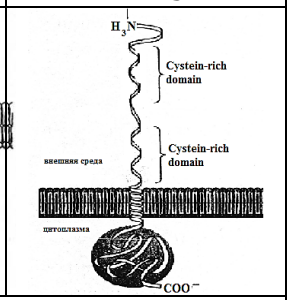
Антагонист (блокатор) — ***лиганд, который при взаимодействии с рецептором блокирует его, предотвращая активацию рецептора агонистом.***	Тропные гормоны — это ***гормоны, образующиеся в гипофизе и регулирующие функции периферических эндокринных желез и клеток, а также неэндокринных клеток.***
Гормон — ***эндогенное химическое соединение, обладающие высокой биологической активностью и вызывающие конкретную биохимическую или биофизическую реакцию в клетке-мишени.***	Мелатонин — это ***гормон, который синтезируется пинеалоцитами эпифиза (5 %), в эндокринных клетках (апудоцитах) желудочно-кишечного тракта (95 %).***
Либерины — это ***класс пептидных гормонов гипоталамуса, общим свойством которых является реализация эффектов через стимуляцию синтеза и секреции в кровь тропных гормонов передней доли гипофиза.***	Проопиомеланокортин ***(ПОМК, кортикотропин-подобный иммунный пептид)*** — это ***прогормон, синтезируемый кортикотропными клетками аденогипофиза и меланотропными клетками средней доли гипофиза, является предшественником для АКТГ и МСГ.***
Статины — это ***класс пептидных гормонов гипоталамуса, общим свойством которых является реализация эффектов через торможение синтеза и секреции в кровь тропных гормонов передней доли гипофиза.***	Механизм действия стероидов — через ***внутриклеточные*** рецепторы.
АДГ ***(антидиуретический гормон, вазопрессин)*** — это ***эффекторный гормон гипоталамуса и нейрогипофиза, который синтезируется в крупноклеточных нейронах супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса, доставляется путем аксонального транспорта в нейро- гипофиз и импульсно выделяется в кровь капилляров нижней гипофизарной артерии.***	Механизм действия АКТГ, ТТГ, ФСГ, ЛГ, МСГ, дофамина, мелатонина — через ***мембранные 7-TMS*** рецепторы.
Окситоцин — это ***эффекторный гормон гипоталамуса и нейрогипофиза, который синтезируется в крупноклеточных нейронах супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса, доставляется путем аксонального транспорта в нейрогипофиз и импульсно выделяется в кровь капилляров нижней гипофизарной артерии.***	Гигантизм — ***клинический синдром, характеризующийся очень высоким ростом (выше 200 см для мужчин и 190 см для женщин). Возникает при избытке СТГ в детском возрасте.***
Гормон роста ***(ГР, соматотропин, соматотропный гормон)*** — это ***эффекторный и тропный (к печени) гормон гипофиза, выделяется в кровь красными ацидофильными соматотрофами аденогипофиза, который влияет на скорость роста твердых и мягких тканей (в том числе через ИФР-I и ИФР-II).***	Акромегалия — ***заболевание, обусловленное повышенной секрецией СТГ у взрослых. Наблюдаются непропорциональный рост дистальных частей тела (кисти, стопы, нос, ушные рак.) и инсулинорезистентность.***

ИЗУЧЕНИЕ РЕЦЕПТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВОСПРИЯТИЯ СИГНАЛА. РЕЦЕПТОРЫ И ИХ ТИПЫ **Работа 8.2**

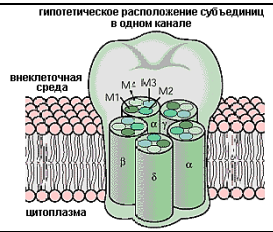
Молекулярный (клеточный) рецептор — ***это генетически детерминированные макромолекулярные сенсоры, локализованные в специализированных частях клетки.***

Классификация молекулярных рецепторов	Соответствующие лиганды (примеры)
Рецепторы плазматической мембраны:	
1. ***7-ТМС (семисегментные трансмембранные) рецепторы***	***адреналин, норадреналин, серотонин, дофамин***
2. ***1-ТМС (односегментные трансмембранные) рецепторы***	***инсулин, факторы роста, цитокинины***
3. ***ЛЗИК (лигандзависимые ионные каналы)***	***ацетилхолин (никотиновый холинорецептор)***
Рецепторы внутриклеточные:	
1. ***Цитозольные***	***глюкокортикоиды, минералокортикоиды, андрогены***
2. ***Ядерные***	***тиреоидные гормоны, эстрогены, вит. D***

Строение трансмембранных рецепторов

7-TMS	1-TMS
	

ЛЗИК

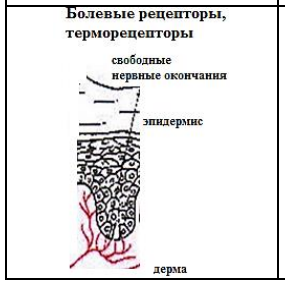
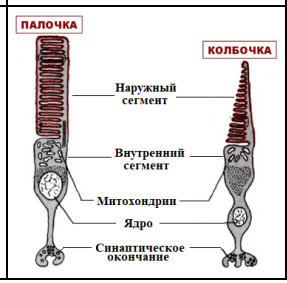
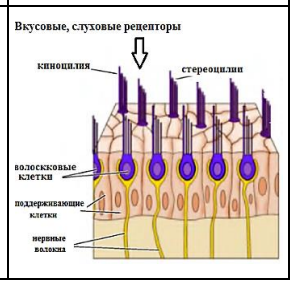


Сенсорный рецептор — ***это специализированные чувствительные клетки или нервные окончания чувствительных нейронов, которые воспринимают, преобразуют и передают информацию о раздражителе в ЦНС.***

Классификация сенсорных рецепторов

Характеристика	Рецепторы
по характеру ощущения	***тепловые, холодовые, болевые***
по природе воспринимаемых сигналов и их адекватности	***механо-, термо-, хемо-, фото-, баро-, осморецепторы***
по месту расположения в организме	***экстерорецепторы, интерорецепторы, проприорецепторы***
по способности активирования одним или несколькими видами сигналов	***моно-, полимодальные***
по способности активирования одним или несколькими видами сигналов	***моно-, полимодальные***
по расположению источников воспринимаемого сигнала	***контактные и дистантные***
по порогу раздражения	***низкопороговые, высокопороговые***
по скорости адаптации	***быстро, медленно и не адаптирующиеся***
по морфологии и механизму возникновения возбуждения	***первичночувствующие, вторичночувствующие***

Строение сенсорных нейронов

Свободные нервные окончания	Несвободные нервные окончания	Нейросенсорные клетки	Сенсоэпителиальные клетки
			

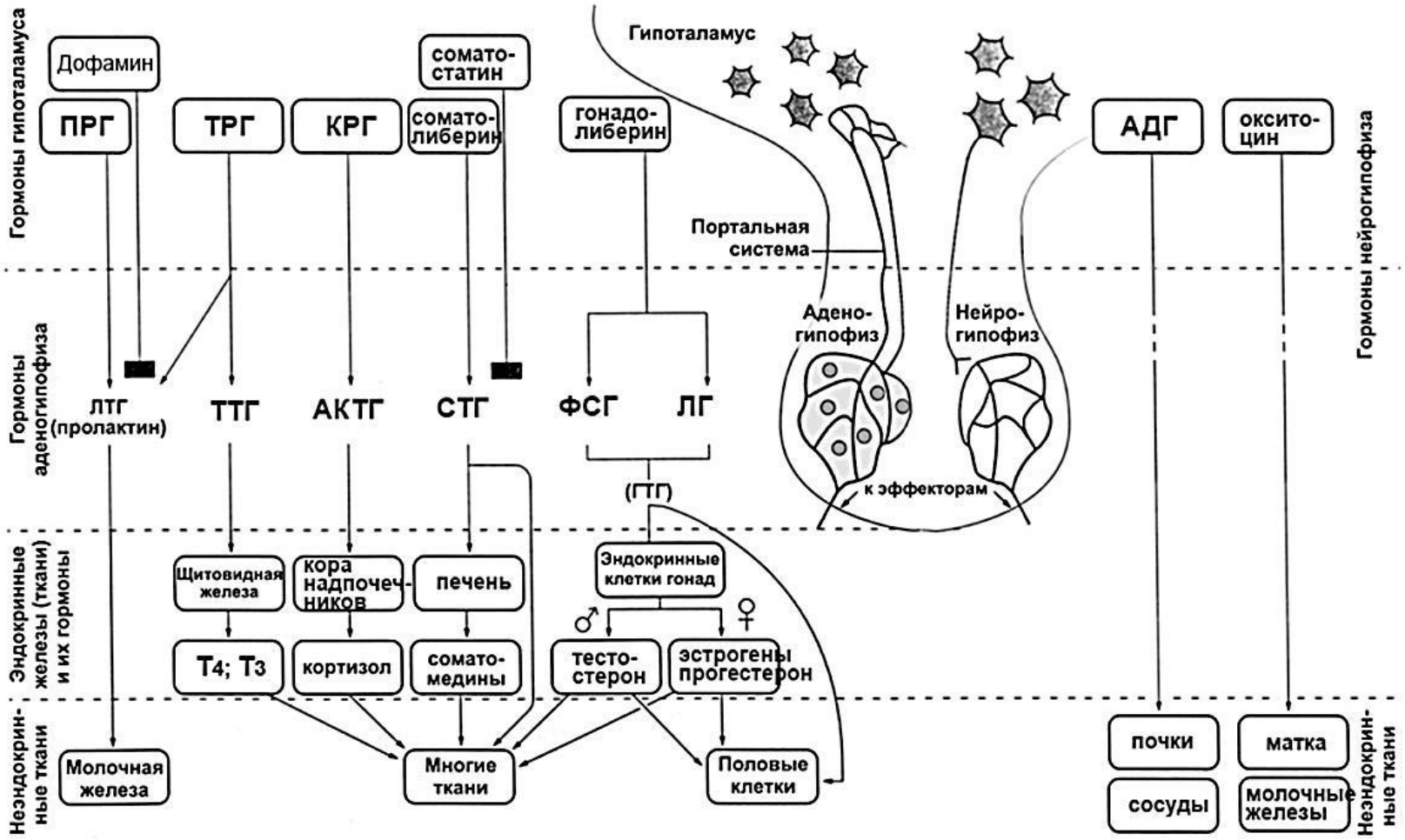
Характеристика сенсорных рецепторов:

– представляют начальное звено любой рефлекторной дуги;

– преобразуют энергию раздражителей внешней и внутренней среды в биоэлектрическую активность, передаваемую по афферентным нервам в ЦНС в виде информации, кодирующей свойства этих раздражителей;

– участвуют в оценке параметров полезного приспособительного результата в функциональных системах любого уровня организации.

Схема взаимодействия «гипоталамус – гипофиз – периферическая железа или эффекторный орган»



ИЗУЧЕНИЕ ГОРМОНОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА КЛЕТКИ, ТКАНИ, ОРГАНЫ-МИШЕНИ У ЧЕЛОВЕКА

Работа 8.4

На рис. 8.1 *указаны названия органов эндокринной системы.*

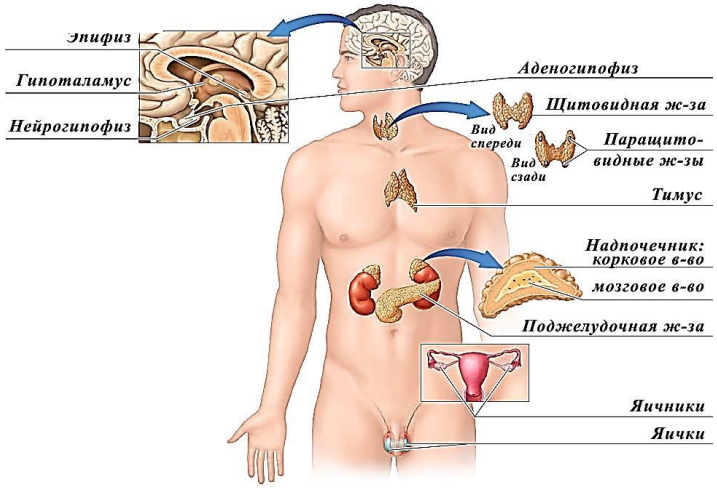


Рис. 8.1. Нейроэндокринные органы, эндокринные железы и органы с эндокринной тканью

Схема регуляции секреции ЖВС.

В кружках указаны стимулирующие (знаком «+») или ингибирующие (знаком «–») влияния.

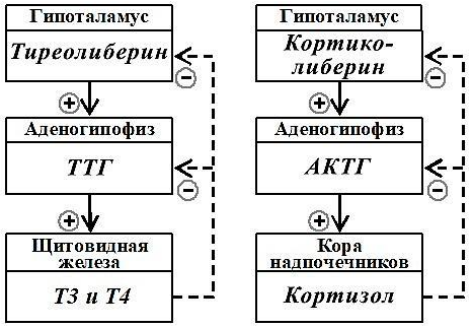


Таблица 8.1

Гормоны гипофиза, эпифиза, гипоталамуса

Название гормона	Хим. природа	Орган-мишень	Основные функции
Аденогипофиз			
1. ЛТГ — ***лактотропный гормон***	***белок***	***молочная железа, ЦНС, гипоталамус***	***Стимулирует развитие железистой ткани, лактацию, родительские инстинкты. ↓ секрецию ГТГ***
2. ТТГ — ***тиреотропный гормон***	***гликопротеид***	***щитовидная железа, кожа***	***Стимулирует продукцию и секрецию T_4 и T_3; ↑ образования гликозаминогликанов в коже лица***
3. АКТГ — ***адренокортикотропный гормон***	***пептид***	***кора надпочечников, жировая ткань, кожа***	***↑ рост и развитие пучковой и сетчатой зон, синтез и выделение глюкокортикоидов и половых гормонов); ↑ липолиз, пигментация кожи***
4. СТГ — ***соматотропный гормон***	***белок***	***печень, мягкие и твердые (костные) ткани***	***↑ процессы биосинтеза белка, нуклеиновых кислот, роста мягких и твердых тканей; ↑ липолиз, ↑ синтез ИФР (соматомединов), инсулина и глюкагона, ↑ основной обмен и др.***
5. ФСГ — ***фолликулостимулирующий гормон***	***гликопротеид***	**половые железы**	***Стимулирует созревание первичного фолликула, ↑ концентрацию эстрадиола в крови, синтез андрогенсвязывающего белка***
6. ЛГ — ***лютеинизирующий гормон***	***гликопротеид***	***половые железы***	***Инициирует разрыв фолликула и его превращение в желтое тело; ↑ образование прогестерона и эстрогенов в яичниках, тестостерона в семенниках***
Нейрогипофиз			
7. ***Окситоцин***	***пептид***	***матка, миоэпителиальные клетки, ЦНС***	***↑ сокращение матки при родах и в послеродовой период; ↑ сокращение миоэпителиальных клеток молочных желез (выделение молока) и др.***
8. ***Вазопрессин (АДГ)***	***пептид***	***ГМК сосудов, нефрон***	***V1-R → сужение артерий; V2-R → реабсорбция воды в собирательных трубочках нефрона. Несахарный диабет / водная интоксикация***
Эпифиз и гипоталамус			
9. ***Мелатонин***	***пептид***	***гипоталамус, почки, периферические ткани***	***↓ синтез ФСГ и ЛГ, ↑ иммунитет, диуретическое действие, регуляция биоритмов, противоопухолевая активность и др.***
10. ***Орексин***	***пептид***	***гипоталамус, периферические ткани***	***Поддерживает бодрствование, ↑ основной обмен и аппетит, уровень глюкозы и АД. При дефиците — нарколепсия и ↑ т тела.***

ОЦЕНКА РОСТА ЧЕЛОВЕКА **Работа 8.5**

Рост человека — одна из основных характеристик его физического развития. Линейный рост — процесс неравномерный. Максимальная скорость роста отмечается у новорожденных и детей 1-го года жизни, составляя в среднем 16–19 см в год. Затем скорость роста значительно понижается до 5–6 см в год у детей дошкольного и начального школьного возраста. С 9 до 14 лет у девочек и с 11 до 16 лет у мальчиков отмечается некоторое увеличение скорости роста до 7–8 см/год и 7–10 см/год соответственно. Затем скорость роста человека существенно понижается. К 16 годам у девушек и к 18 годам у юношей рост тела в длину практически завершается и не превышает в норме 1 см/год. Полное окостенение наступает к 20–23 годам в женском организме и к 21–25 годам в мужском. Рост взрослого человека в пределах 130–200 см у мужчин и 120–190 см у женщин рассматривается как нормальный. Мужчины ростом менее 130 см и женщины менее 120 см называются карликами. Люди-гиганты имеют рост более 190 см женщины и более 200 см мужчины.

Рост является интегральным показателем влияния генетических, гормональных, тканевых и внешних факторов на кость и другие ткани организма. Генетическая программа роста реализуется через гуморальную эндокринную систему, включающую все известные гормоны (тиреоидные, инсулин, кальцийрегулирующие, надпочечниковые, половые), но особое значение имеет гипоталамо-гипофизарная регуляция роста, центральное звено которой — соматотропин [3, 12]. Соматотропин (СТГ — соматотропный гормон, ГР — гормон роста) — основной гормон, стимулирующий линейный рост. СТГ способствует росту костей в длину, росту и дифференцированию внутренних органов, развитию мышечной ткани. Основные эффекты СТГ на уровне костной ткани состоят в стимуляции роста хряща, синтеза белка, индуцировании митоза клеток. Ростостимулирующие эффекты СТГ опосредуются инсулинподобными факторами роста (ИФР-I, ИФР-II), иначе называемыми соматомединами, которые под влиянием ГР синтезируются, главным образом, в печени и почках. Линейный рост человека завершается с закрытием зон роста под влиянием половых гормонов.

Методика исследования соматотропной функции гипофиза включает:

– антропометрические исследования (оценку роста по сравнению с прогнозируемым ростом, оценку скорости роста и пропорций тела);

– рентгенологические исследования (рентгенография кисти с лучезапястным суставом, рентгенография черепа, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография головного мозга для определения костного возраста, визуализации турецкого седла и состояния костей черепа);

– гормональная диагностика радиоиммунными наборами (для исследования содержания и спонтанной суточной секреции СТГ и соматомединов, регистрации уровней СТГ во время сна, при физической нагрузке, при проведении фармакологических проб со стимуляторами и блокаторами секреции ГР).

Наиболее простой и доступный метод исследования соматотропной функции — антропометрический, а именно, оценка роста человека по сравнению с его прогнозируемым ростом, рассчитанным на основании среднего роста его родителей. Для определения границ конечного роста используется следующая формула:

Прогнозируемый конечный рост мужчины =
(Рост отца + рост матери + 13 см) : 2+4,5 см
Прогнозируемый конечный рост женщины =
(Рост отца – 13 см + рост матери) : 2+4,5 см

где **4,5** прибавляется с учетом **поправки на акселерацию.**

Измеренный рост взрослого человека должен совпадать с прогнозируемым ростом или отклоняться от расчетной величины роста не более чем на 2 СО (стандартных отклонения), а именно, ±2,6 см [22] к расчетной величине роста. Отклонения измеренного роста более чем на 2 СО от расчетной величины роста указывает на патологически низкий или высокий рост человека. В данном случае для выяснения причины нарушения роста необходимо проводить все вышеперечисленные исследования соматотропной функции гипофиза, а также изучение состояния других желез (прежде всего, половых и щитовидной).

Материалы и оборудование: деревянный ростомер или металлический стадиометр.

Для проведения работы необходимо знание роста родителей.

Указания к оформлению протокола:

1. Проведите измерение роста у испытуемого с помощью ростомера.
2. Проведите расчет прогнозируемого роста испытуемого.
3. Оцените полученный результат измерения, сравнив его с прогнозируемым ростом человека.

Ответьте на вопрос о том, как повлияет избыток и недостаток гормона роста или половых гормонов в детском и юношеском возрасте на конечный рост человека.

Ход работы. Измерение роста проводят в положении стоя с помощью деревянного ростомера, который представляет собой доску с делениями на сантиметры и со скользящей по ней горизонтальной планкой, или металлического стадиометра. Во избежание ошибок измерения и для получения точных результатов необходимо соблюдать ряд условий. Испытуемый должен стоять без обуви (в тонких носках) в правильной позиции: руки по швам; пятки вместе; пятки, ягодицы и лопатки прижаты к доске ростомера. Голова располагается в позиции «плоскости Франкфурта», т. е. нижний край глаза и наружный слуховой проход должны находиться на одной горизонтальной линии. Измерения проводят на выдохе. Планку ростомера опускают на голову измеряемого, не очень надавливая, но в то же время учитывая развитие волосяного покрова. Измерения проводят с точностью до 0,5 см. Расчет прогнозируемого роста измеряемого человека проводят по вышеуказанной формуле в зависимости от его пола с учетом роста родителей испытуемого. Оценку полученного результата проводят путем сопоставления измеренного роста человека с его рассчитанным прогнозируемым ростом. Отклонение измеренной величины роста рассматривается как нормальное, если оно находится в пределах 2 СО от расчетной величины роста. У детей оценку роста следует проводить с помощью центильных таблиц. При этом важно учитывать также скорость роста ребенка, особенно, если она выходит за пределы 4–12 см/год.

ПРОТОКОЛ

1. Рост испытуемого равен ***175*** см. Пол испытуемого ***М***.

2. Рост родителей испытуемого: матери ***160*** см; отца ***175*** см.

Расчет прогнозируемого роста испытуемого (ПРИ) ПРИ = (рост отца ± 13 см + рост матери) : 2 + 4,5 (***175*** + ***160*** + ***13***) : ***2*** + ***4,5*** = ***178,5*** см.

Допустимое отклонение:

ПКР ± 2,6 см = от ***175,9*** до ***181,1*** см.

ПКР♀ = (рост отца + рост матери – 13 см) : 2 + 4,5 см = (***175*** + ***160*** – ***13***) : ***2*** + ***4,5*** = ***165,5*** см.

Допустимое отклонение:

ПКР ± 2,6 см = от ***162,9*** до ***168,1*** см.

3. Вывод. Конституциональный рост испытуемого в ***норме*** (в норме, чрезвычайно высокий, чрезвычайно низкий).

4. Избыток в детском и юношеском возрасте гормона роста или недостаток половых гормонов могут привести к патологически ***высокому*** росту. Недостаток в детском и юношеском возрасте гормона роста или избыток половых гормонов могут привести к патологически ***низкому*** росту.

ОЦЕНКА ФУНКЦИЙ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КОРТИЗОЛА И АДРЕНОКОРТИКОТРОПНОГО ГОРМОНА В ПЛАЗМЕ КРОВИ

Работа 8.6

Кортизол, гормон коркового вещества надпочечников, — один из важных гормонов стресс-реализующей системы. Секреция кортизола контролируется **адренокортикотропным гормоном** (АКТГ) гипофиза. В свою очередь, секреция АКТГ находится под контролем **кортикотропин-рилизинг гормона** (КРГ) гипоталамуса. Усиление секреции кортизола корой надпочечников приводит к угнетению секреции как АКТГ, так и КРГ.

Повышение концентрации кортизола в плазме крови (*гиперкортизолизм*) в результате опухоли коры надпочечника или приема экзогенных глюкокортикоидов (например, для лечения ревматоидного артрита, системной красной волчанки, рассеянного склероза и др.) называется ***синдромом* Кушинга**. Его также иногда называют «стероидным сахарным диабетом», поскольку гиперкортизолизм приводит к гипергликемии. При этом содержание АКТГ обычно снижено. Напротив, гиперкортизолизм, вызванный опухолью аденогипофиза, называют ***болезнью* Кушинга**. В этом случае в плазме крови наблюдается повышение концентрации АКТГ и кортизола.

Снижение концентрации кортизола в крови (*гипокортизолизм*) может наблюдаться при недостаточности функции коры надпочечников. В случае первичной надпочечниковой недостаточности, известной как **болезнь Аддисона**, в результате постепенного повреждения клеток коры надпочечников наблюдается снижение концентрации кортизола и компенсаторное усиление секреции АКТГ. **Вторичная надпочечниковая недостаточность** также характеризуется снижением секреции кортизола, однако причиной этого снижения является недостаточное образование АКТГ, как правило, в результате повреждения аденогипофиза.

Как видно, различные эндокринные расстройства могут приводить к формированию как высоких, так и низких уровней кортизола и АКТГ в плазме крови (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Эндокринное расстройство	Уровень кортизола	Уровень АКТГ
Синдром Кушинга (первичный гиперкортизолизм)	↑	↓
Ятрогенный синдром Кушинга	↑	↓
Болезнь Кушинга (вторичный гиперкортизолизм)	↑	↑
Болезнь Аддисона (первичная надпочечниковая недостаточность)	↓	↑
Вторичная надпочечниковая недостаточность (гипопитуитаризм)	↓	↓

Материалы и оборудование: в компьютерной работе используются образцы плазмы от пяти пациентов; колонка для высокоэффективной жидкостной хроматографии (*англ.* HPLC, high performance liquid chromatography) с приёмником (HPLC injector) и детектором (HPLC detector) — применяются для количественного определения содержания кортизола и АКТГ в плазме крови; многоразовый шприц.

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «**14 PhysioEx**». Для начала работы выберите «**Access PhysioEx 9.0**» → «**Exercise 4: Endocrine System Physiology**» → «**Activity 4: Measuring Cortisol and Adrenocorticotropic Hormone**» → «**Experiment** (вкладка в верхнем меню)[8]».

1. На детекторе (HPLC detector) щёлкните по кнопке «**Cortisol**», чтобы подготовить колонку хроматографа к выделению и измерению содержания кортизола.
2. Зажмите левую кнопку мыши (ЛКМ) и поместите шприц в 1-ю пробирку с образцом плазмы. Дождитесь заполнения шприца.
3. Зажмите ЛКМ и поместите иглу шприца в приёмник хроматографа (HPLC injector). Образец плазмы поступит в систему и потечёт через колонку хроматографа. Концентрация кортизола в плазме крови первого пациента отобразится на экране детектора (HPLC detector).
4. Нажмите «**Record Data**» для сохранения результата и *внесите полученные данные в протокол*.

[8] Отменить последнее действие можно при помощи расположенной внизу кнопки «Undo», начать эксперимент заново — кнопкой «Reset».

5. Нажмите на кнопку «Clean» под шприцем для его очистки.
6. Нажмите на кнопку «Clean Column» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки от остатков кортизола.
7. Поместите шприц в пробирку с образцом плазмы 2-го пациента. Дождитесь заполнения шприца.
8. Поместите иглу шприца в приёмник хроматографа (HPLC injector). Образец плазмы поступит в систему и начнёт течь через колонку хроматографа. Концентрация кортизола в плазме крови второго пациента отобразится на экране детектора (HPLC detector).
9. Кликните «Record Data» для сохранения результата и внесите полученные данные в протокол.

Ответьте на вопрос программы, появившийся слева («Stop & Think Question»): «В норме высокий уровень кортизола должен угнетать секрецию
a. АКТГ
b. КРГ
c. как АКТГ, так и КРГ
d. ни АКТГ, ни КРГ»
Нажмите «Submit».

10. Нажмите на кнопку «Clean» под шприцем для его очистки.
11. Нажмите на кнопку «Clean Column» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки.
12. Далее процедура анализа образцов плазмы будет завершаться автоматически. Последовательно помещайте шприц в образцы плазмы оставшихся пациентов и выполняйте описанную выше последовательность действий.
13. После завершения анализа концентрации кортизола в плазме 5-го пациента, на детекторе (HPLC detector) нажмите кнопку «ACTH», чтобы подготовить колонку хроматографа к выделению и измерению содержания АКТГ.
14. Повторите действия, описанные в пп. 2–12 настоящей работы.

Указания к оформлению протокола:

1. *Внесите результаты* в протокол (серые столбики). *Оцените концентрацию* кортизола и АКТГ в исследуемых образцах, используя данные из табл. 8.3.

Таблица 8.3

Отклонение от нормальных величин в утренние часы	Уровень кортизола, мкг/дл	Уровень АКТГ, пг/мл
Повышен (↑)	≥ 23	≥ 80
Понижен (↓)	< 5	< 20

2. *Сделайте заключение* о наличии или отсутствии эндокринных расстройств у обследованных пациентов и их причинах.

ПРОТОКОЛ

Пациент	Кортизол, мкг/дл	Уровень кортизола (↑/↓)	АКТГ, пг/дл	Уровень АКТГ (↑/↓)	Вид эндокринного расстройства	Вероятная причина расстройства
1	***3,08***	↓	***18,72***	↓	***Вторич. надп. недост.***	***Гипопитуитаризм***
2	***32,56***	↑	***13,97***	↓	***Синдром Кушинга***	***Опухоль коры надпочечника или экзогенные ГКС***
3	***41,40***	↑	***82,38***	↑	***Болезнь Кушинга***	***Опухоль аденогип.***
4	***3,82***	↓	***100,19***	↑	***Болезнь Аддисона***	***Поврежд. клеток коры надпочечн.***
5	***48,28***	↑	***19,33***	↓	***Синдром Кушинга***	***см. пациент № 2***

Пациент № 2 страдает ревматоидным артритом и получает терапию синтетическим глюкокортикоидом (производным кортизола) преднизолоном в таблетках. Как эта информация может изменить Ваше заключение? ***Вероятно, у пациента № 2 ятрогенный синдром Кушинга (вызванный медицинским вмешательством — приемом экзогенных глюкокортикостероидов).***

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТОЧНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Семисегментные трансмембранные рецепторы (7-transmembrane segment receptors — 7-TMSRs). Суперсемейство 7-TMS-рецепторов насчитывает более 250 их разновидностей, имеющих общий план строения и локализацию, но различающихся специфичностью связывания с лигандами. Рецепторы этого суперсемейства являются белковыми макромолекулами, формирующими внеклеточную, трансмембранную и внутриклеточную части рецептора. Трансмембранная часть представлена семью спиральными сегментами белковой макромолекулы, вплетенными в структуру липидного бислоя мембраны. Эта часть рецепторной молекулы может выполнять как функции распознавания и связывания с сигнальной молекулой, так и функции передачи сигнала с внеклеточной части рецептора на внутриклеточную. Внеклеточная часть рецепторной молекулы представлена гидрофильными петлями, с которыми могут взаимодействовать сигнальные молекулы-лиганды данного рецептора. Внутриклеточная часть рецептора представлена гидрофильными петлями, погруженными в цитоплазму, и имеет центры связывания субъединиц G-белка. Поэтому семисегментные трансмембранные рецепторы называют также рецепторами, ассоциированными с G-белком (G-protein-coupled receptors — GPCRs). Важнейшая функция G-белка является дальнейшая передача внеклеточного сигнала на пострецепторные внутриклеточные структуры, с помощью которых формируется ответ клетки на воспринятый рецептором сигнал.

Односегментные трансмембранные рецепторы (single transmembrane segment receptors — 1-TMSRs). 1-TMS-рецепторы являются белковыми макромолекулами, состоящими из трех частей: одного трансмембранного сегмента, внеклеточного и внутриклеточного глобулярных доменов. Если функция узнавания и связывания сигнальной молекулы-лиганда внеклеточным доменом 1-TMS-рецептора сходна с таковой для внеклеточных петель 7-TMS-рецепторов, то в отличие от последних внутриклеточный домен 1-TMS-рецепторов не ассоциирован с G-белком и сам проявляет каталитическую активность в ответ на образование лиганд-рецепторного комплекса.

Лигандзависимые ионные каналы или каналообразующие рецепторы (channel-forming receptors). Обычно они состоят из мембранного белка, представленного пятью субъединицами, в центре которых формируется пора. В отсутствии связи с лигандом пора закрыта. В белковой молекуле имеется пептидная группа, способная узнавать определенный лиганд и вступать с ним во взаимодействие, что вызывает конформацию белка в составе воротного механизма, в результате чего ионный канал открывается.

Характеристика сенсорных рецепторов:

– представляют начальное звено любой рефлекторной дуги;

– преобразуют энергию раздражителей внешней и внутренней среды в биоэлектрическую активность, передаваемую по афферентным нервам в ЦНС в виде последовательности ПД, которые кодируют свойства этих раздражителей;

– участвуют в оценке параметров полезного приспособительного результата в функциональных системах любого уровня организации.

ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ. СТРЕСС **Занятие 9**

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Щитовидная железа. Топография, макро- и микроскопическое строение. Тиреогормоны, их биологическое действие. Регуляция функций щитовидной железы. Гипер- и гипофункция. Тирокальцитонин.
2. Околощитовидные железы. Топография, микроскопическое строение. Паратгормон, его биологическое действие.
3. Регуляция обмена кальция и фосфатов в организме. Роль кальцитонина, паратгормона и кальцитриола в этом процессе.
4. Надпочечники. Топография, макро- и микроскопическое строение. Гормоны коркового и мозгового вещества, их биологическое действие. Представление о гипоталамо-гипофизарно-надпочечни-ковой системе.
5. Эндокринный аппарат поджелудочной железы. Топография, микроскопическое строение. Гормоны, их биологическое действие.
6. Физиологические механизмы саморегуляции содержания глюкозы в крови.
7. Понятие о диффузной эндокринной системе. Понятие об эндокринной функции печени (соматомедины, ангиотензиноген, тромбоцитопоэтин, 1(ОН)$Д_3$), сердца (атриопептиды), почек (эритропоэтин, кальцитриол и др.), апудоцитов ЖКТ (гастрин, гистамин, соматостатин, секретин и др.), параганглиев (катехоламины).
8. Понятие об эндокринной функции тимуса.
9. Стресс: понятие, виды, фазы, механизмы развития. Функция надпочечников при стрессе.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология: учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 92–102, 106–121.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.

Дополнительная

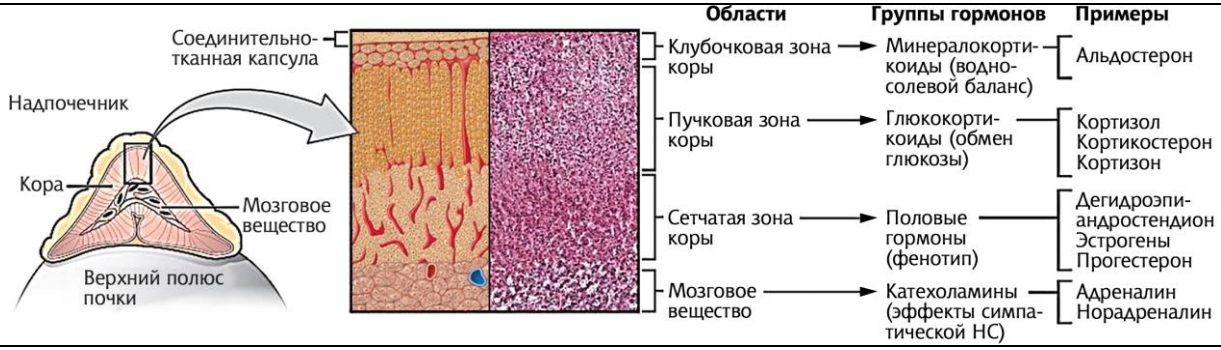
3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 117–130, 143–147.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 604 с. – С. 285–327, 463–483.
5. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – Минск : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 93–103.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

1. В чём проявляется избыток или недостаток тиреоидных гормонов?
2. Какие гормоны коры надпочечников являются жизненно важными?
3. Каким путем глюкокортикоиды повышают уровень глюкозы крови?
4. При введении гормона экспериментальному животному было отмечено усиление работы сердца и повышение артериального давления, расширение зрачков, покраснение кожных покровов. Какой гормон был введен животному? Какие изменения в функционировании ЦНС возможны при его избыточном введении?
5. Какие гормоны участвуют в поддержании водно-электролитного баланса?
6. Какое действие оказывает инсулин на уровень глюкозы в крови, потребление глюкозы тканями, гликогенолиз, глюконеогенез, синтез гликогена, обмен белков и жиров, уровень свободных жирных кислот и уровень ионов K^+ в крови?
7. От каких процессов зависит концентрация кальция в плазме крови?
8. Почему у детей, недостаточно времени проводящих на свежем воздухе, может наблюдаться нарушение минерализации костей, приводящее к их выраженной деформации? Почему при этом могут развиваться судорожные сокращения мышц?
9. Какие гормоны являются важнейшими для развития стресса?

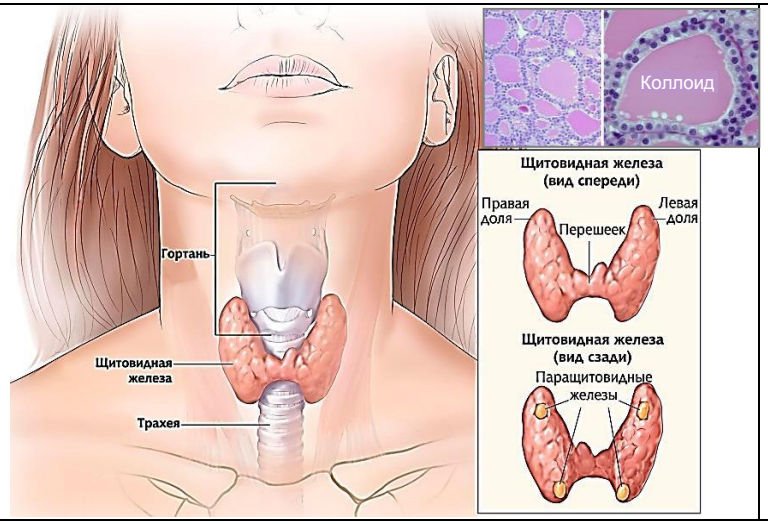
Фолликулярные клетки щитовидной железы выделяют гормоны: ***3,5,3′,5′-тетрайод-L-тиронин (L-тироксин — (T_4)) и 3,5,3′-трийод-L-тиронин (T_3)***; парафолликулярные клетки — ***кальцитонин (тиреокальцитонин)***	Инсулин и глюкагон — это гормоны ***поджелудочной железы (ее эндокринной части — островки Пирогова–Лангерганса)***, регулирующие уровень ***глюкозы*** в крови. Инсулин ***понижает*** уровень гликемии, а глюкагон — ***повышает***
Гипофункция щитовидной железы у детей может привести к развитию ***кретинизма (физическое, половое и умственное недоразвитие)***, у взрослых — к ***«микседеме» (слизистый отек)***	Какие из гормонов (адреналин, кортизол, СТГ, ИФР-I, инсулин, глюкагон) вызывают гипергликемию: ***адреналин, кортизол, глюкагон, СТГ***, а какие гипогликемию: ***ИФР-I, инсулин***
Основные гормоны, регулирующие обмен Ca^{2+} и P в организме и в крови — это 1) ***кальцитонин***; 2) ***паратирин (паратиреоидный гормон (ПТГ), или паратгормон)***; 3) ***кальцитриол (активная форма витамина D_3 — D_3 [1.25 $(OH)_2$ D_3])***	Стресс — это ***врожденный защитный механизм, который давал и дает возможность человеку выжить в неблагоприятных условиях среды, воздействие которых несет угрозу гибели организма. По своей природе стрессовая реакция является психофизиологической***
Надпочечники состоят из ***двух*** частей ***(разных по эмбриональному происхождению тканей): коркового (производное мезодермы) вещества и мозгового (производное эктодермы) вещества*** и секретируют ***четыре*** группы гормонов: 1) ***минералокортикоиды***; 2) ***глюкокортикоиды***; 3) ***половые гормоны***; 4) ***катехоламины (адреналин и норадреналин)***	Жизненноважными гормонами надпочечников являются ***минералокортикоиды,*** который регулирует уровень ***ионов Na^+ и K^+*** в организме и величину ***осмотического*** давления крови. ***Минералокортикоиды регулируют и реакцию среды (pH)***
Примеры гормонов, синтезирующихся в печени — ***тромбопоэтин, соматомедин C, ангиотензиноген, предшественник кальцийтриола,*** сердце — ***натрийуретический пептид (НУП),*** почках — ***эритропоэтин, кальцитриол, ренин***	
Назовите стрессреализуюшие системы: 1) ***кора большого мозга, лимбическая система***; 2***) высшие (гипоталамус и другие структуры головного мозга) и низшие (ствол мозга и спинной мозг) вегетативные центры***; 3) ***мозговое вещество надпочечников (А и НА)***; 4) ***адренокортикальный механизм (гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось)***	Назовите стресслимитирующие системы: 1) ***ГАМК-ергическая система головного мозга***; 2) ***парасимпатический отдел АНС***; 3) ***вагоинсулярная система***; 4) ***система эндогенных опиатов***; 5) ***простагландиновая система и др.***

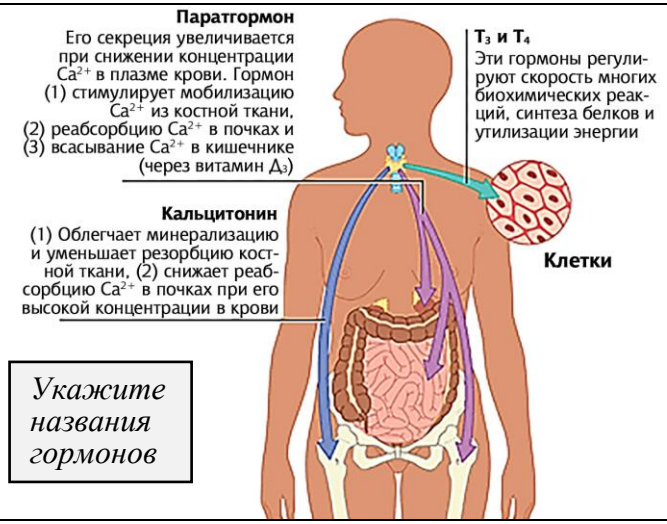
ЭНДОКРИННЫЕ ФУНКЦИИ НАДПОЧЕЧНИКОВ **Работа 9.2**



Группы гормонов	Основные функции
минералокортикоиды	***Реабсорбция Na^+ и воды, выведение с мочой K^+ и H^+. Антидиурез, ↑ ОЦК***
глюкокортикоиды	***Стимуляция глюконеогенеза, распад белка в опорных тканях (кроме печени), ↑ липолиза, ↑ фильтрации и ↓ реабсорбции воды в почках, участвуют в формировании стресса, стимулирующее действие на скелетную мускулатуру и др.***
♀ и ♂ половые гормоны	***Развитие половых признаков, формирование полового поведения, анаболическое действие***
катехоламины	***Стимуляция сердечной деятельности (β_1-АР); вазодилатация, расширение бронхов (β_2-АР); гликогенолиз (β_3-АР); вазоконстрикция (α_1-АР); угнетение секреции на уровне ЖКТ и др.***

ЭНДОКРИННЫЕ ФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ И ПАРАЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗ **Работа 9.3**





Укажите названия гормонов

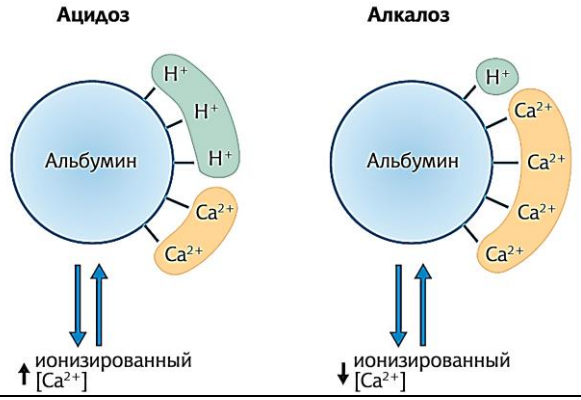
Заполните таблицу.

У детей
Избыток T_3 и T_4
тиреотоксикоз
Недостаток
кретинизм
У взрослых
Избыток T_3 и T_4
тиреотоксикоз
Недостаток
микседема

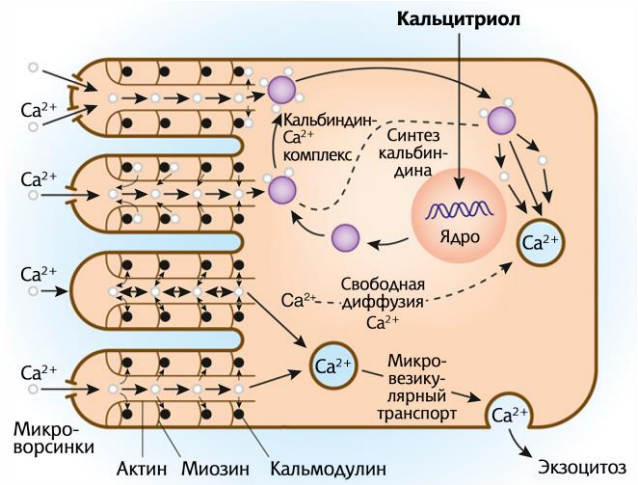
Основные эффекты (↑, –, ↓) гормонов, регулирующих [Ca^{2+}] и [P_i].

Гормон	Стимуляторы секреции гормона	Концентрация Ca^{2+} в плазме крови	Концентрация P_i в плазме крови	Всасывание Ca^{2+} и P_i в кишечнике	Мобилизация Ca^{2+} и P_i из кости	Реабсорбция Ca^{2+} в почках	Реабсорбция P_i в почках
Паратгормон	↓***Ca^{2+}*** ↑***P_i***	↑	↓	–	↑↑	↑	↓
Витамин $Д_3$	↓***P_i*** ↑***ПТГ***	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Кальцитонин	↑***Ca^{2+}***	↓	↓	–	↓	↓	↓

Указано влияние изменения кислотно-щелочного состояния внутренней среды на концентрацию свободного ионизированного Ca^{2+} и Ca^{2+}, связанного с белками, в плазме крови.



Указано название гормона, стимулирующего абсорбцию Ca^{2+} и P_i в энтероцитах кишечника.



АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАТЕХОЛАМИНОВ КАК ГОРМОНОВ И КАК НЕЙРОМЕДИАТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (демонстрационная компьютерная работа) **Работа 9.5**

Ход работы. Используется программа «**01 Physiol2**», позволяющая выполнять виртуальные эксперименты на крысах.

Подробное описание работы с программой дано в работе 1.6.

Выполнение работы позволяет проанализировать сходство и различия в действии гормонов мозгового вещества надпочечников, а также сравнить продолжительность действия гормонов и нейромедиатора симпатической нервной системы, определив его.

Адреналин является конечным продуктом обмена аминокислоты тирозина в хромафинных клетках, составляя около 80–90 % от общего количества гормонов, секретируемых мозговым веществом надпочечников. Оставшиеся 10–20 % приходятся на предшественник адреналина — норадреналин.

Физиологические эффекты гормонов зависят от типа активируемых рецепторов. Один и тот же гормон, активируя разные типы рецепторов, может вызывать различные, нередко противоположные, ответные реакции.

Адреналин и норадреналин обладают неодинаковым сродством к α- и β-адренорецепторам (α- и β-АР). *Адреналин* в физиологических концентрациях имеет большую аффинность к *β-АР*, а в высоких концентрациях — начинает активировать и *α-АР*. *Норадреналин* обычно имеет большее сродство к *α-АР*.

Адренорецепторы имеют неодинаковую функциональную активность и неоднородно распределены в разных тканях. При одновременной активации α- и β-АР проявляются эффекты *α-АР*. В сердце находятся преимущественно β_1-АР; в артериях кожи, органов брюшной полости, венах — α_1-АР (вызывают сокращение гладких мышц сосудов); в артериях скелетных мышц — преимущественно β_2-АР (вызывают расслабление гладких мышц сосудов).

Указания к оформлению протокола:

1. Выполните эксперимент и проанализируйте полученные данные. Обозначения: HR — Heart Rate (ЧСС), BP_{syst} — Systolic Blood Pressure ($АД_{сис}$), BP_{diast} — Diastolic Blood Pressure ($АД_{диа}$), BP_{mean} — Mean Hemodynamic Blood Pressure ($АД_{сгд}$).

2. Запишите показатели работы сердечно-сосудистой системы в исходном состоянии, при стимуляции симпатических нервов, иннервирующих сердце и мозговое вещество надпочечников, в том числе на фоне применения разных видов адреноблокаторов, а также при раздельном и совместном введении норадреналина и адреналина, указав во всех случаях частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 1 мин и артериальное давление (АД) крови: систолическое ($АД_с$), диастолическое ($АД_д$) и среднее гемодинамическое ($АД_{сгд}$) — в мм рт. ст.

3. Сделайте заключение о характере влияния на показатели сердечно-сосудистой системы со стороны катехоламинов как нейромедиаторов (при стимуляции симпатических нервов, иннервирующих сердце) и как гормонов (при стимуляции симпатических нервов, иннервирующих мозговое вещество надпочечников, или при совместном введении норадреналина и адреналина). Укажите, через какие преимущественно типы адренорецепторов реализуется действие норадреналина и адреналина на сердечно-сосудистую систему.

ПРОТОКОЛ

Воздействия на сердце	ЧСС	АДс	АДд	АДсгд
Исходные показатели	*161*	*98*	*53*	*66*
Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	***211***	***155***	***96***	***114***
Стимуляция Symp.Nerves to adrenals$T_{6–8}$	***213***	***138***	***74***	***93***
Phentolamine$^{(\alpha\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg	*161*	*98*	*53*	*66*
Phentolamine$^{(\alpha\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	***207***	***156***	***98***	***115***
Phentolamine$^{(\alpha\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to adrenals$T_{6–8}$	***212***	***118***	***50***	***70***
Propranolol $^{(\beta\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg	*161*	*98*	*53*	*66*
Propranolol $^{(\beta\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	***168***	***106***	***57***	***72***
Propranolol $^{(\beta\text{-адреноблокатор})}$, 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to adrenals$T_{6–8}$	***168***	***141***	***99***	***111***
Введение noradrenaline, 5 μg/kg	***207***	***168***	***115***	***131***
Введение adrenaline, 5 μg/kg	***240***	***126***	***46***	***70***
Введение noradrenaline, 5 μg/kg + adrenaline, 2 μg/kg	***231***	***133***	***58***	***80***

ВЫВОД. При стимуляции симпатического нерва к сердцу увеличиваются следующие показатели ***ЧСС, АДс, АДд, АДсгд*** (ЧСС, АДс, АДд, АДсгд). При стимуляции мозгового вещества надпочечников в большей степени увеличиваются только два показателя ***ЧСС, АДс*** (ЧСС, АДс, АДд, АДсгд). Это обусловлено тем, что норадреналин (как нейромедиатор симпатических нервов в сердце) повышает силу и частоту работы сердца через активацию β_1-адре-норецепторов, а также увеличивает тонус гладких мышц артерий через α_1-адренорецепторы, и это проявляется увеличением всех изученных показателей. В дальнейшем тахикардия (повышение ЧСС) может смениться рефлекторной брадикардией (понижением ЧСС) из-за стимуляции барорецепторов аорты и каротидных телец, и повышения тонуса вагуса, замедляющего ЧСС. При стимуляции надпочечников (мозгового вещества) выделяются гормоны адреналин и норадреналин, которые через β_1-адрено-рецепторы увеличивают силу и частоту работы сердца. Однако на гладкие мышцы сосудов адреналин действует преимущественно через β_2-адренорецепторы и в меньшей степени через α_1-адренорецепторы. Поэтому при стимуляции симпатических нервов ($T_{6–8}$) к надпочечникам диастолическое артериальное давление, которое отражает сопротивление сосудов (тонус их гладких мышц) практически не изменяется, а АДсгд возрастает незначительно, в то время как ЧСС и АДс повышаются.

РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА **Занятие 10**

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Генотипические и фенотипические признаки пола.
2. Репродуктивная система мужчины. Представление о макро- и микроскопическом строении мужских половых органов. Признаки функциональной полноценности сперматозоидов.
3. Яички. Топография, макро- и микроскопическое строение. Андрогены, их биологическое действие. Сперматогенез, факторы его регуляции.
4. Репродуктивная система женщины. Представление о макро- и микроскопическом строении наружных и внутренних половых органов.
5. Яичники. Топография, представление об их макро- и микроскопическом строении.
6. Эстрогены, их роль в развитии половых признаков. Овогенез. Фазы овариально-менструального цикла. Гормоны желтого тела (прогестины), их биологическое значение.
7. Оплодотворение. Беременность, роды. Представление об эндокринной функции плаценты. Лактация: ее механизмы и пути ее искусственного регулирования.
8. Изменения в мужском и женском организме на разных стадиях жизни: стадия полового созревания, стадия половой зрелости и климакса.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 102–105.

Дополнительная

2. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 130–143.
3. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 275–285.
4. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 431–461.
5. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 2. – 456 с. – С. 21–43, 56–64.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

1. Где образуются мужские половые гормоны?
2. Какие основные эффекты обуславливают в организме мужские половые гормоны?
3. В какие периоды женского полового цикла какие половые гормоны образуются в организме женщины?
4. Где образуются женские половые гормоны?
5. Назовите основные физиологические эффекты эстрогенов, гестагенов.
6. Какое участие в регуляции обмена кальция принимают женские и мужские половые гормоны?
7. Где образуется и какие функции выполняет гормон пролактин?
8. Назовите место образования и основные функции гормона окситоцина.
9. Как регулируется секреция гонадотропинов ФСГ и ЛГ?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 10.1**

Генетические признаки пола — это ***наличие определенного набора хромосом, в том числе половых: у женщин — 46XX, у мужчин — 46XY***	Перечислите женские половые органы: ***внутренние — яичники, маточные трубы, или яйцеводы, матка и влагалище; наружные — большие и малые половые губы, клитор, девственная плева (отделяющая наружные половые органы от внутренних) и лобок.***
Фенотипические признаки пола — это ***первичные (половые железы и половые органы) и вторичные половые признаки (особенности развития костно-мышечной системы, пропорций тела, распределение подкожно-жировой клетчатки, тембр голоса, растительность на лице и волосяной покров, развитие молочных желез)***	Эстрогены и прогестины — это ***женские половые гормоны***, которые вырабатываются у женщин в ***яичниках*** и ***сетчатой зоне коры надпочечников***, у мужчин в ***яичках*** и ***коре надпочечников.***
Перечислите мужские половые органы: ***внутренние — яички (с оболочками), семявыносящие протоки с семенными пузырьками, предстательная железа, бульбоуретральные (куперовы) железы; наружные — половой член, мошонка.***	
Назовите вторичные половые признаки у мужчин — ***телосложение по мужскому типу (узкие бедра, широкие плечи), высокий процент мышечной ткани, низкий процент жира в организме, низкий тембр голоса, форма гортани с развитым выступом — кадыком, оволосение помужскому типу на лобке, подмышечных впадинах, борода, усы и др.***	Назовите вторичные половые признаки у женщин: ***телосложение и пропорции по женскому типу (широкий таз, узкие плечи), высокий процент содержания жира, развитие молочных желез, лобковое оволосение по женскому типу, волосы в подмышечных впадинах, формирование высокого тембра голоса и др.***
Андрогены — это ***мужские половые гормоны***, которые вырабатываются у мужчин в ***клетках Лейдига в мужской гонаде (яичко) — 95 %, в клетках канальцевого эпителия семенников и сетчатой зоне коры надпочечников***, у женщин в ***в яичниках*** и ***в коре надпочечников.***	Эндокринные функции половых желез контролируются ***гипоталамо-гипофизарной*** системой с помощью гормонов ***гипоталамуса — ГРГ (гонадолиберин, люлиберин), гипофиза — ФСГ (фолликулостимулирующий гормон) и ЛГ (лютеинизирующий гормон).***
Гормоны, предупреждающие раннее половое созревание детей — это ***мелатонин, пролактин.***	

ПЕРВИЧНЫЕ И ВТОРИЧНЫЕ ПОЛОВЫЕ ПРИЗНАКИ **Работа 10.2**

На рис. 10.1 обозначены **первичные** и **вторичные** половые признаки у мужчин и женщин.
На рис. 10.3 указаны все органы мужской (А) и женской (Б) половой систем.

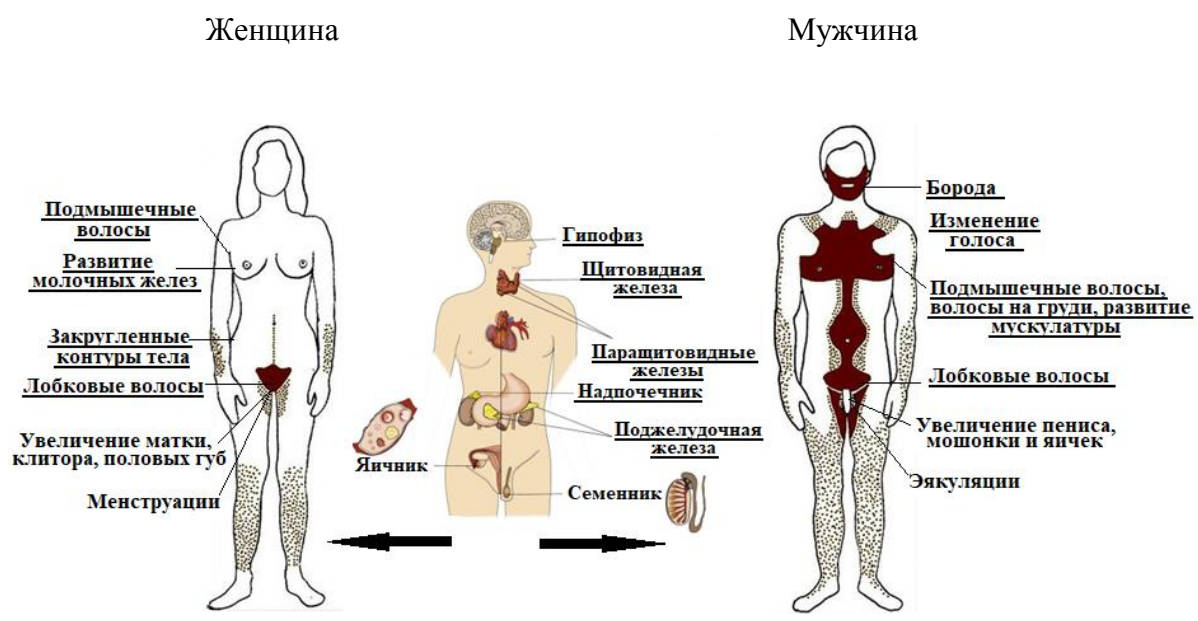


Рис. 10.1. Фенотипические половые признаки у мужчин и женщин

Рис. 10.2. Механизм действия виагры

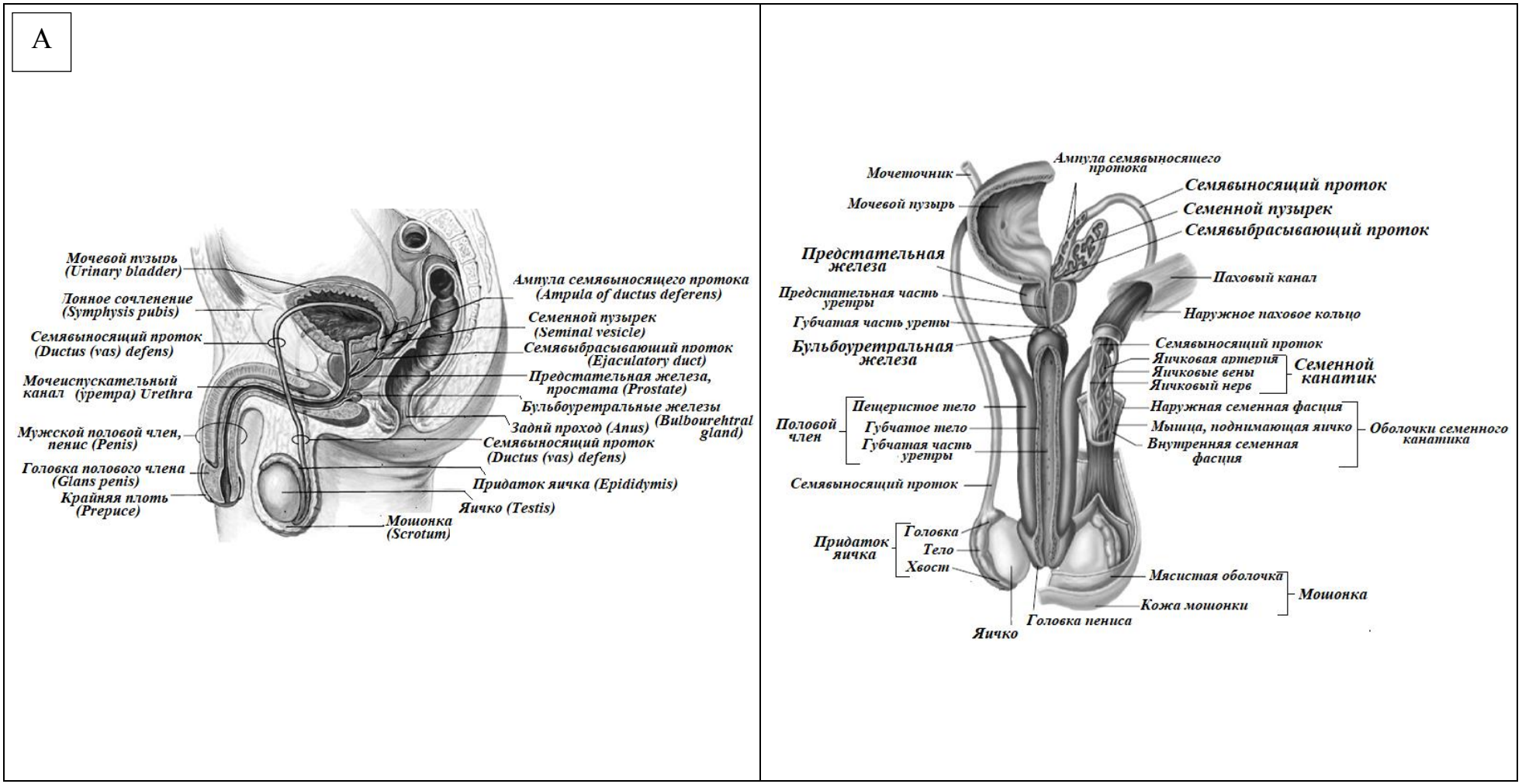
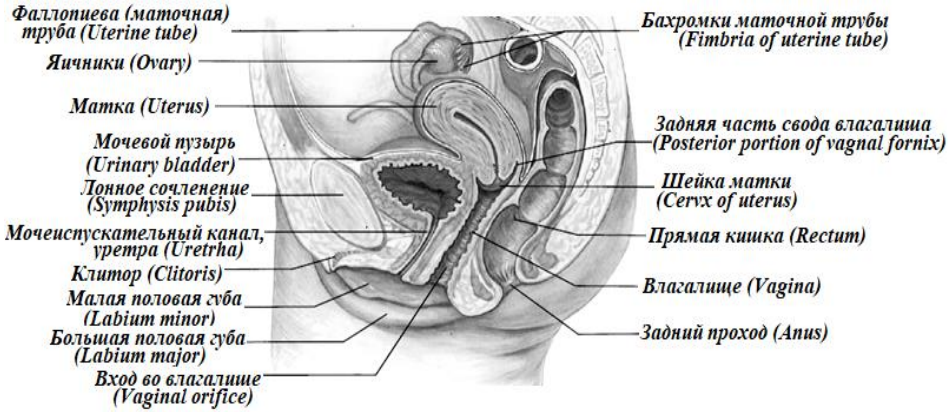


Рис. 10.3. Половая система мужчин (А)

Б



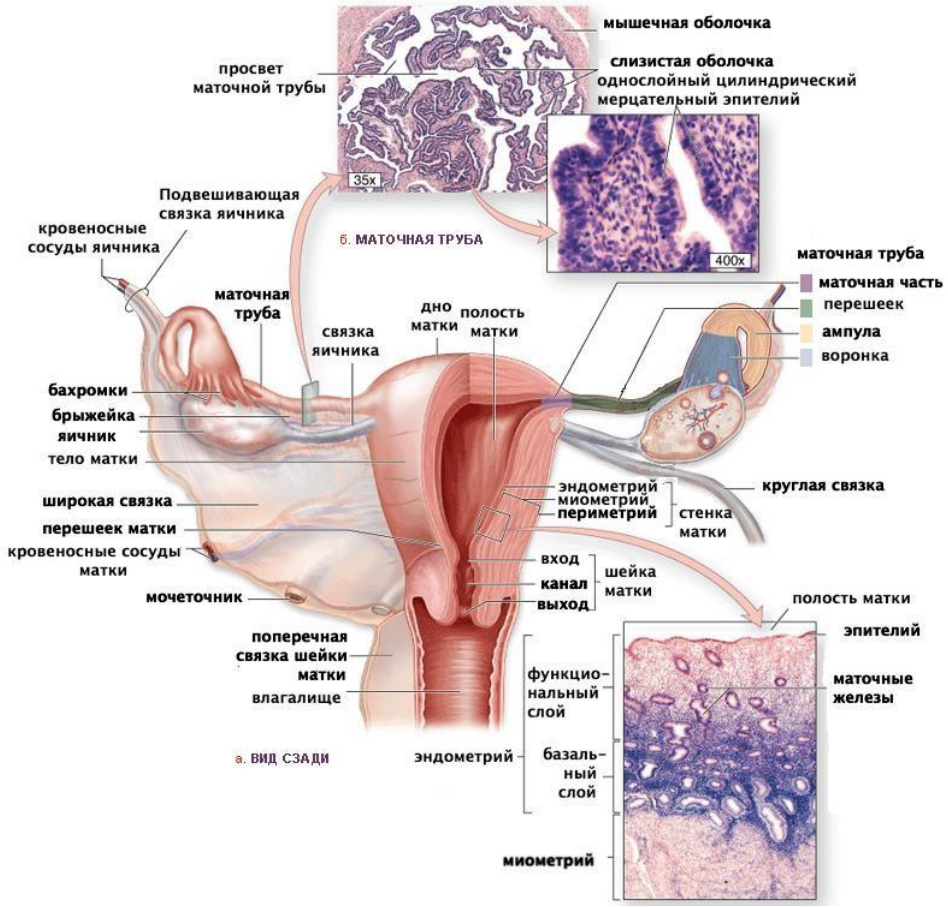


Рис. 10.3. Половая система женщин (Б)

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛЫ МЫШЦ РУК У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН **Работа 10.3**

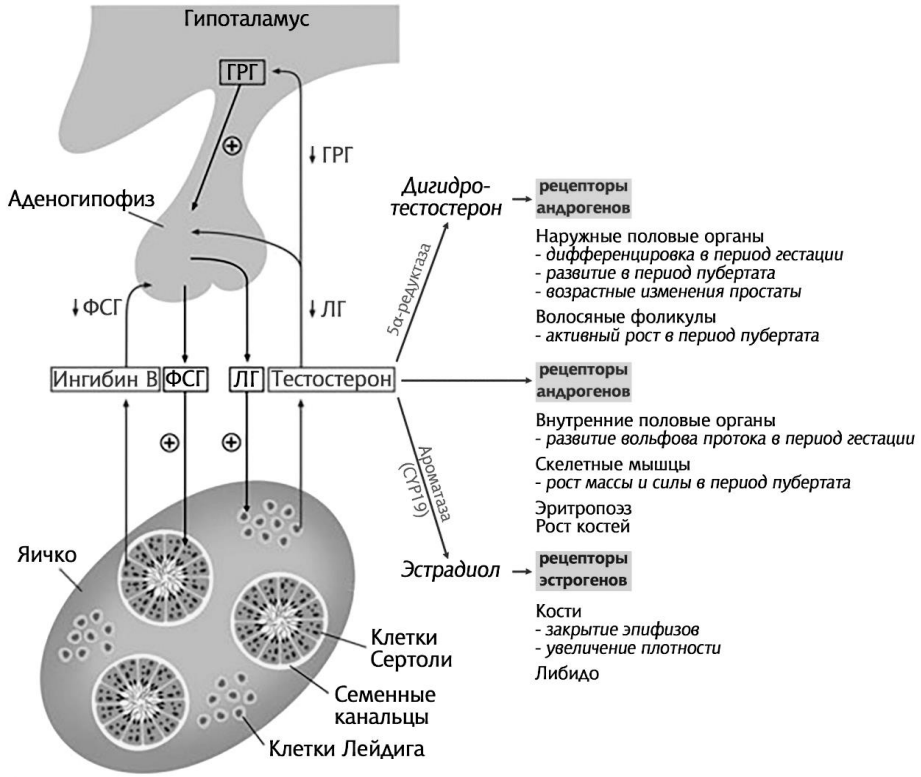


Рис. 10.4

Андрогены, мужские половые гормоны, оказывают выраженное анаболическое действие на органы и ткани, особенно на скелетную мускулатуру. Высокой чувствительностью к андрогенам характеризуются грудные мышцы и мышцы плечевого пояса. В связи с этим имеются выраженные межполовые различия в массе скелетных мышц и их силе у мужчин и женщин.

Материалы и оборудование: ручной динамометр ДК-150 или аналогичный.

Ход работы. Измерьте силу мышц ведущей руки у всех студентов и студенток в группе с помощью ручного динамометра. Подготовьте динамометр, установив при помощи кнопки возврата на задней панели стрелку в нулевое положение и переводя кнопку в положение фиксации стрелки при измерении. Вытяните выпрямленную руку с динамометром в сторону, держите её перпендикулярно туловищу. Свободная рука расслаблена и опущена вниз (рис. 9.5). Сожмите динамометр с максимальной силой, запишите результат в протокол. Верните стрелку в нулевое положение. Выполните исследование каждой рукой трижды и выберите максимальную величину. Для увеличения выборки можно воспользоваться данными студентов из параллельных групп.

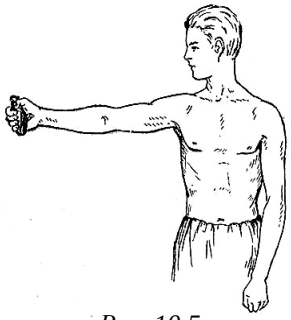


Рис. 10.5

Указания к оформлению протокола:

1. *Запишите* значения абсолютных показателей силы мышц рук (в кг) у всех студентов и студенток.
2. *Рассчитайте* среднюю силу рук у мужчин и у женщин в каждой из групп.
3. *Сравните* между собой полученные результаты и *сделайте заключение* о причинах наблюдаемых различий.

ПРОТОКОЛ

Сила рук, кг	1	2	3	4	5	6	7	8	**Среднее**
у мужчин	***42***								
у женщин	***22***								

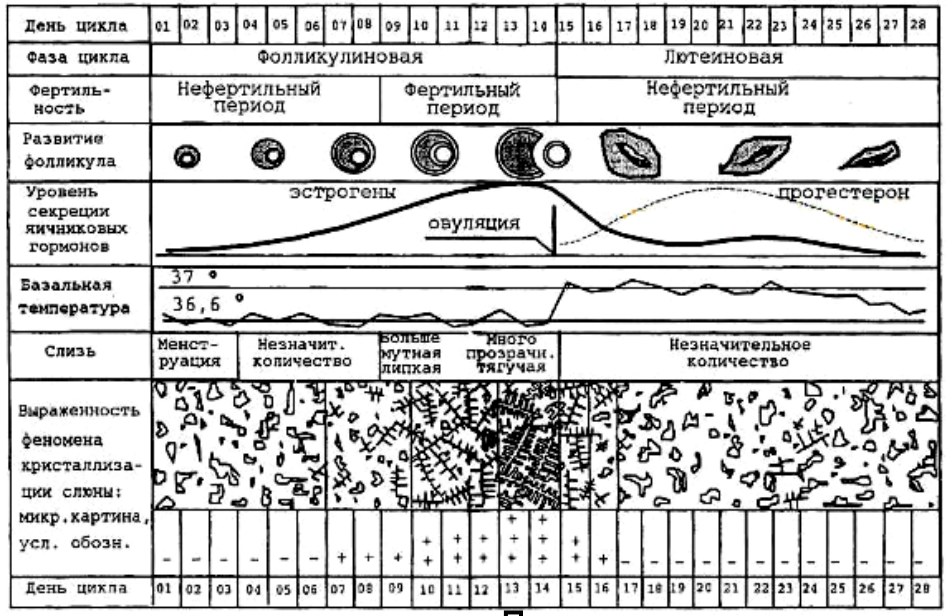
Студенты заполняют самостоятельно. Приведён пример заполнения.

Вывод. ***Большая*** (*бóльшая, меньшая*) сила мышц рук у мужчин, чем у женщин, обусловлена высокой чувствительностью этих мышц ***к действию тестостерона, который оказывает выраженное анаболическое действие на мышцы плечевого пояса.***

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СЛЮНЫ (демонстрационная работа) Работа 10.4

Поскольку слюна представляет собой перенасыщенный раствор фосфата кальция (в виде мицелл гидроксиапатита), при ее высыхании могут образовываться кристаллические структуры, в ряде случаев напоминающие ветви папоротника. Изучение характера рисунка высохшего образца слюны может быть использовано у женщин для определения дня овуляции. Обнаружено, что появление рисунка «папоротника» в слюне при овуляции коррелирует с образованием таких же структур в высохшей цервикальной слизи (тест «папоротника» в цервикальной слизи используется в гинекологической практике как один из критериев овуляции). Характерный рисунок «папоротника» сохраняется в образцах слюны и цервикальной слизи спустя 1–2 суток после овуляции. Предполагается, что образование таких кристаллических структур обусловлено высокой концентрацией эстрогенов в период овуляции. В середине ановуляторного цикла, когда отсутствует пиковый подъем концентрации эстрогенов, образования «ветвей папоротника» не происходит. Однако введение эстрогенов при ановуляторном цикле восстанавливает способность цервикальной слизи формировать типичные кристаллы «ветвей папоротника». В другие фазы менструального цикла характер рисунка кристаллов цервикальной слизи и слюны заметно отличается от такового при овуляции. Однако данный тест не является строго специфичным, так как похожий на «папоротник» рисунок кристаллов слюны может образовываться также у мужчин, и у маленьких детей. По мнению ряда авторов, это может быть связано с различной степенью минерализации слюны и различной резистентностью к кариесу.

Взаимосвязь показателей функционального состояния яичников на протяжении менструального цикла



Предполагается, что образование таких кристаллических структур обусловлено высокой концентрацией эстрогенов в период овуляции.

В связи с этим корректное заключение о времени овуляции по характеру кристаллических структур слюны можно делать при условии ежедневного сравнительного исследования слюны на протяжении всего менструального цикла. При этом желательно хотя бы в течение одного цикла провести корреляцию между образованием «папоротниковых» структур в слюне и повышением базальной температуры тела при овуляции.

Материалы и оборудование: предметное стекло, микроскоп.

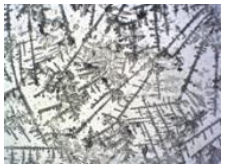
Ход работы. Поместите пробу слюны на предметное стекло и распределите ее равномерно на стекле. Оставьте пробу на 1–1,5 часа при комнатной температуре до полного высыхания. Высохший образец слюны рассмотрите под микроскопом на малом увеличении.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте кристаллические структуры в высохшем образце слюны.
2. Отметьте наличие или отсутствие рисунка «ветвей папоротника».
3. Обсудите возможные варианты интерпретации полученного результата.

ПРОТОКОЛ

1. Нарисуйте характер кристаллизации образца высохшей слюны:



2. Укажите наличие или отсутствие рисунка «ветвей папоротника» в изученном образце слюны. ***Имеется.***

3. **Вывод:** ***Наличие «папоротниковых» структур в слюне свидетельствует о наступлении периода овуляции и обусловлено высокой концентрацией эстрогенов***

Костная ткань формируется и резорбируется постоянно. В норме процессы формирования кости и ее резорбции уравновешивают друг друга. Активность остеобластов и остеокластов регулируется паратиреоидным гормоном, кальцитонином, эстрогенами, витамином Д, цитокинамии, другими местными факторами (например, простагландинами).

Костная масса у мужчин и женщин достигает пикового показателя примерно к 30 годам (у мужчин она больше, чем у женщин; у представителей негроидной расы — больше, чем у представителей европеоидной и монголоидной рас). После достижения пика на протяжении приблизительно 10 лет костная масса остается постоянной, в это время процессы резорбции костной ткани приблизительно равны её образованию. Затем она начинает уменьшаться со скоростью приблизительно 0,3–0,5 % в год. С началом менопаузы у женщин потеря костной ткани ускоряется и достигает примерно 3–5 % в год в течение приблизительно 5–7 лет, затем скорость потери массы костной ткани постепенно снижается.

С началом менопаузы яичники прекращают выработку гормонов, включая эстрогены, что является одной из важных причин снижения плотности костной ткани и остеопороза у женщин. В тяжёлых случаях это может приводить даже к переломам в быту. Описаны случаи переломов шейки бедра у пожилых женщин при повороте с одного бока на другой на кровати или переломов лучевой кости при попытке поднять сковороду. Для предотвращения таких последствий в терапии климактерического синдрома применяют заместительную гормональную терапию. Одним из гормонов, способных повысить плотность костной ткани у женщин, является **эстроген**. Эстроген подавляет активность остеокластов, позволяя сохранить структуру костного матрикса. Схожим влиянием на кость обладает **кальцитонин**, стимулирующий минерализацию костной ткани.

Влияние эстрогена на организм женщины многообразно, однако в этой работе мы рассмотрим его эффективность в сохранении массы костной ткани и защите от **остеопороза.**

Для оценки плотности костной ткани используют двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (ДЭРА, или костная денситометрия) — рис. 10.6.

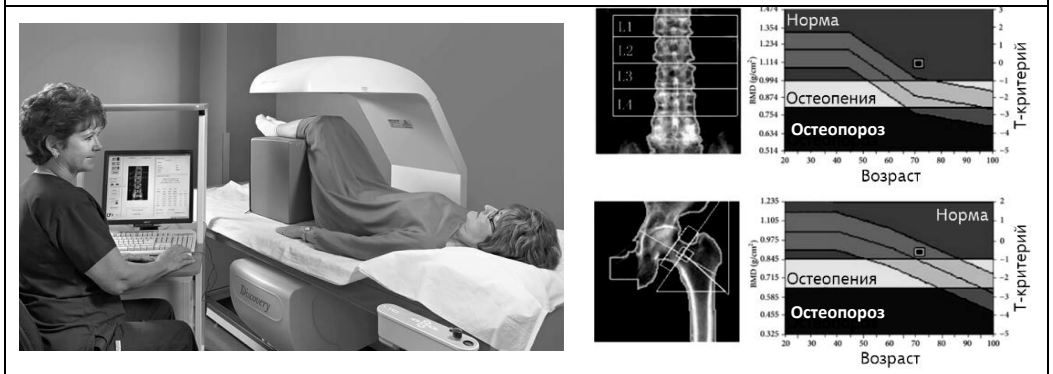


Рис. 10.6. Костная денситометрия

Для оценки состояния костной ткани будет использован количественный показатель минерализации кости — **Т-критерий**. Этот критерий соответствует числу стандартных отклонений, на которые плотность кости отличается от её пикового значения у молодых здоровых людей того же пола и этнической принадлежности. ВОЗ установлены предельные значения Т-критерия, которые определяют остеопению и остеопороз (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Оценка Т-критерия

Норма	от +1 до –0,9
Остеопения	от –1 до –2,49
Остеопороз	–2,5 и ниже

В данной работе используются компьютерные модели трёх крыс с удаленными яичниками. Исходный **Т-критерий** каждой крысы составляет –2,61, что свидетельствует об остеопорозе.

Материалы и оборудование. Компьютерные модели трёх крыс с удаленными яичниками, растворы эстрогена, кальцитонина и физраствора, шприц, раствор анестетика, рентгенаппарат (денситометр) для определения плотности костной ткани.

Ход работы.

1. Откройте программу **«14 PhysioEx»** на рабочем столе.
2. Нажмите на гиперссылку **«Access PhysioEx 9.0»**.
3. Нажмите на **«Exercise 4: Endocrine System Physiology»**. В открывшемся списке выберите **«Activity 3: Hormone Replacement Therapy»**. В открывшемся списке выберите вкладку **«Experiment»**.
4. Перед вами симулятор лаборатории. Зажмите шприц левой кнопкой мыши (ЛКМ) и перетащите его на флакон с физраствором (**Saline**). После того как в шприц наберется раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу № 1 (подписанную **«Control»**). Физраствор будет введён интрабрюшинно. Под крысой отобразится количество инъекций — «1». Очистите шприц, нажав кнопку **«Clean»**.
5. Зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на флакон с раствором эстрогена («**Estrogen»**). После того, как в шприц наберётся раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу, подписанную **«Estrogen treated»**. Очистите шприц, нажав кнопку **«Clean»**.
6. Зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на флакон с раствором кальцитонина (**«Calcitonin»**). После того, как в шприц наберется раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу, подписанную **«Calcitonin treated»**. Очистите шприц, нажав кнопку **«Clean»**.
7. Нажмите на часы в верхней части экрана. Часы прокрутят один день. Новая доза раствора будет вводиться автоматически. Нажимайте на часы до тех пор, пока количество истекших дней эксперимента (**«Elapsed days»**) не будет равно 7. Многократное нажатие на часы никак не ускоряет работу программы, проявите терпение!
8. По истечении 7 дней эксперимента вам будет предложено пройти тест, в котором вы должны сделать предположение о том, какие изменения произойдут с костной тканью крыс в ответ на введение растворов. В таблице представлен перевод этого теста. Сделайте предположение, отметив правильные, на ваш взгляд, варианты ответа галочкой.

Вопрос 1	**Вопрос 2**	**Вопрос 3**
После введения физраствора плотность костной ткани:	После введения раствора эстрогена плотность костной ткани:	После введения раствора кальцитонина плотность костной ткани:
☐ a) увеличится;	☐ a) увеличится;	☐ a) увеличится;
☐ b) уменьшится;	☐ b) уменьшится;	☐ b) уменьшится;
☐ c) не изменится.	☐ c) не изменится.	☐ c) не изменится.

На компьютере отметьте тот же вариант ответа (по букве), что и в практикуме, и нажмите кнопку **«Submit»**.

9. По завершении теста проведите измерение Т-критерия для тестируемых крыс. Для этого нажмите **«Anestesia»** в левом верхнем углу картинки с крысой **«Control»**. Зажав ЛКМ картинку с крысой, перетащите её на стол рентгеновского денситометра (**«Exam-table»**). Нажмите клавишу **«Scan»** (внизу слева), затем нажмите клавишу **«Record Data»** справа. Повторите операцию для крыс, получавших заместительную гормональную терапию эстрогеном и кальцитонином.
10. В таблице в нижней части экрана вы можете найти Т-критерий (**«T-score»**) для тестируемых крыс.

Указания к оформлению протокола. Используя полученные данные, заполните таблицу и: 1) сделайте вывод о влиянии исследуемых гормонов на плотность костной ткани, 2) сравните их эффективность у крыс с удалёнными яичниками.

ПРОТОКОЛ

Раствор	**Т-критерий**	**Вывод:** 1) ***заместительная терапия как эстрогеном, так и кальцитонином позволяет увеличить минерализацию костной ткани***; 2) ***у крыс с удалёнными яичниками более эффективна заместительная терапия эстрогеном***
Исходно	–2,61	
Физраствор (контроль)	***-2,83***	
Эстроген	***-1,56***	
Кальцитонин	***-2,25***	

ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ. КОЖА. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА» Занятие 11

Основные вопросы:

1. Эпителиальные ткани: виды, особенности строения, функции. Базальная и апикальная мембраны эпителиоцита, их функции.
2. Поверхностные эпителии: их виды, строение, функции.
3. Железистый эпителий. Железы внешней и внутренней секреции.
4. Понятие о секреции, ее продуктах: секрет, экскрет, инкрет. Виды секретов: белковый, слизистый, смешанный, сальный.
5. Клеточные механизмы секреции: секреторный цикл, фазы секреции, типы секреции (апо-, меро-, голокриновый).
6. Кожа: строение и функции.
7. Производные кожи, их функции.
8. Обмен информацией между клетками и окружающей средой. Понятия: информация, сигнал. Виды информационных сигналов.
9. Химическая сигнализация. Основные способы межклеточной коммуникации (паракринная, аутокринная, юкстокринная, эндокринная и нейроэндокринная), их характеристика.
10. Молекулярные (клеточные) рецепторы. Классификация по строению и локализации в клетке. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Основные пути передачи сигнала с участием рецепторов клеточной мембраны (семисегментных трансмембранных (7-TMS), односегментных (1-TMS) трансмембранных рецепторов и лиганд-зависимых ионных каналов) и внутриклеточных рецепторов.
11. Морфофункциональная организация эндокринной системы. Центральные и периферические органы эндокринной системы. Современные представления о функциях желез внутренней секреции и диффузных элементах.
12. Гормоны: источники и химическая природа. Классификация. Транспортные формы, пути метаболизма, инактивации и выведения гормонов.
13. Механизмы действия гормонов. Синергизм и антагонизм действия гормонов на клетки-мишени.
14. Нервные и гуморальные, прямые и обратные (положительные и отрицательные) связи в регуляции деятельности эндокринных желез.
15. Методы оценки состояния функций эндокринной системы у человека.
16. Гипоталамус, его гормоны: рилизинг-факторы (либерины) и ингибирующие гормоны (статины), их биологическое действие. Вазопрессин и окситоцин — гормоны гипоталамуса, их биологическое действие. Пути поступления гипоталамических гормонов в гипофиз (адено- и нейрогипофиз).
17. Гипофиз. Топография, строение, отделы и их основные гормоны: тропные (ТТГ, АКТГ, ФСГ и ЛГ) и эффекторные (СТГ, пролактин, МСГ, АДГ и окситоцин). Взаимосвязь с гипоталамусом и значение в регуляции периферических желез внутренней секреции. Регуляция эндокринных функций гипофиза.

18. Эпифиз. Топография и микроскопическое строение. Эндокринная функция эпифиза, её регуляция.
19. Щитовидная железа. Топография, макро- и микроскопическое строение. Тиреогормоны, их биологическое действие. Регуляция функций щитовидной железы. Гипер- и гипофункция. Тирокальцитонин.
20. Околощитовидные железы. Топография, микроскопическое строение. Паратгормон, его биологическое действие.
21. Регуляция обмена кальция и фосфатов в организме. Роль кальцитонина, паратгормона и кальцитриола в этом процессе.
22. Надпочечники. Топография, макро- и микроскопическое строение. Гормоны коркового и мозгового вещества, их биологическое действие. Представление о гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе.
23. Эндокринный аппарат поджелудочной железы. Топография, микроскопическое строение. Гормоны, их биологическое действие.
24. Физиологические механизмы саморегуляции содержания глюкозы в крови.
25. Понятие о диффузной эндокринной системе. Понятие об эндокринной функции печени (соматомедины, ангиотензиноген, тромбоцитопоэтин, 1(ОН)$Д_3$), сердца (атриопептиды), почек (эритропоэтин, кальцитриол и др.), апудоцитов ЖКТ (гастрин, гистамин, соматостатин, секретин и др.), параганглиев (катехоламины).
26. Понятие об эндокринной функции тимуса.
27. Стресс: понятие, виды, фазы, механизмы развития. Функция надпочечников при стрессе.
28. Генотипические и фенотипические признаки пола.
29. Репродуктивная система мужчины. Представление о макро- и микроскопическом строении мужских половых органов. Признаки функциональной полноценности сперматозоидов.
30. Яички. Топография, макро- и микроскопическое строение. Андрогены, их биологическое действие. Сперматогенез, факторы его регуляции.
31. Репродуктивная система женщины. Представление о макро- и микроскопическом строении наружных и внутренних половых органов.
32. Яичники. Топография, представление о их макро- и микроскопическом строении.
33. Эстрогены, их роль в развитии половых признаков. Овогенез. Фазы овариально-менструального цикла. Гормоны желтого тела (прогестины), их биологическое значение.
34. Оплодотворение. Беременность, роды. Представление об эндокринной функции плаценты. Лактация: ее механизмы и пути ее искусственного регулирования.
35. Изменения в мужском и женском организме на разных стадиях жизни: стадия полового созревания, стадия половой зрелости и климакса.

ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ:

1. Описание морфологических структур кожи как органа и расчет её площади по номограмме и формуле.
2. Измерение роста человека. Оценка функций эндокринной системы (рост как показатель эндокринной оси гипоталамус-гипофиз-печень).
3. Оценка функций эндокринной системы (эндокринная ось гипоталамус–гипофиз–надпочечники)
4. Проведение динамометрии (ручной и становой) у мужчин и женщин и их сравнение между собой с учетом пола человека и влияния половых гормонов

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ:

1. У пациентки наблюдается избыточный рост длинных, жёстких, пигментированных волос на лице, груди, руках (гирсутизм), увеличение мышечной массы, огрубение голоса, усиление полового влечения. С изменением каких процессов в организме и функции каких эндокринных желез это может быть связано?
2. У пациента наблюдаются усиленный гликогенолиз и глюконеогенез, концентрация глюкозы в плазме крови 9,6 ммоль/л. Какие гормоны могут вызывать наблюдаемые явления?
3. У пациента длительно наблюдается небольшое повышение температуры тела, несмотря на обычный режим питания снизилась масса тела, появилась повышенная возбудимость, тахикардия, экзофтальм. С изменением каких процессов в организме и функции какой эндокринной железы это может быть связано? Аргументируйте Ваш ответ.
4. При введении гормона экспериментальному животному было отмечено усиление работы сердца и повышение артериального давления, расширение зрачков, покраснение кожных покровов. Какой гормон был введён животному? Аргументируйте Ваш ответ.

ЛИТЕРАТУРА
для подготовки к итоговому занятию

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 84–122.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 110–148.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 73–81, 246–327.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 315–336, 404–414.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОЛЛОКВИУМА

Коллоквиум проводится в форме **компьютерного тестирования** по вопросам, охватывающим все темы разделов дисциплины, и **устного или письменного собеседования**. На выполнение теста отводится до 28 минут.

На текущей аттестации осуществляется контроль усвоения **теоретического** материала и **практических** навыков с выставлением **двух раздельных** отметок.

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Описание морфологических структур кожи как органа и расчет её площади по номограмме и формуле».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Особенности строения кожи, как органа	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
2	Правильное измерение роста и массы тела человека	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
3	Расчет площади кожи по формуле Туровского	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
4	Расчет площади кожи по номограмме для определения площади поверхности тела	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Измерение роста. Оценка функции эндокринной системы (рост как показатель эндокринной оси гипоталамус-гипофиз-печень)».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Правильно названы гормоны, соответствующие оси гипоталамус-гипофиз-печень	☐ 0 ☐ 1
2	Изображена эндокринная ось гипоталамус-гипофиз-печень и описана регуляция уровня гормонов этой оси	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
3	Правильно подставлен знак (+/–) в формулу прогнозируемого конечного роста для пола экзаменуемого (испытуемого). Объяснена причина выбора знака. $\text{ПКР} = \frac{\text{Рост отца} + \text{Рост матери} - 13\ \text{см}}{2} + 4{,}5\ \text{см}$ Допустимое отклонение фактического и прогнозируемого роста: ± 2.6 (ранее до 10) см	☐ 0 ☐ 1
4	Правильно измерен рост испытуемого	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
5	Сделан правильный вывод о схождении (расхождении) фактического роста и прогнозируемого конечного роста	☐ 0 ☐ 1
6	Приведены возможные причины расхождения фактического роста и прогнозируемого конечного роста (хотя бы две причины), объяснены механизмы приведённых причин	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Оценка функций эндокринной системы (эндокринная ось гипоталамус-гипофиз-надпочечники)».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Правильно названы гормоны, соответствующие оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
2	Описан принцип регуляции нейросекреции в гипоталамусе, в гипофизе и в надпочечниках посредством нервно-рефлекторных механизмов	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
3	Изображена эндокринная ось гипоталамус-гипофиз-надпочечники.	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
4	Описаны: 1. «Сверхкороткая петля» обратной связи (либерин тормозит собственное выделение). 2. «Короткая петля» обратной связи (тропный гормон гипофиза тормозит выделение соответствующего либерина гипоталамуса). 3. «Длинная петля» обратной связи (гормон периферической эндокринной железы тормозит выделение тропного гормона гипофиза и либерина гипоталамуса)	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Проведение динамометрии (ручной и становой) у мужчин и женщин и их сравнение между собой с учетом пола человека и влияния половых гормонов».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Динамометрия (ручная и становая): предназначение метода, оборудование	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
2	Выполнение исследования с использованием ручного (кистевого) динамометра	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
3	Выполнение исследования с использованием станового динамометра	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
4	Сравнение между собой полученных результатов с учетом пола человека и влияния половых гормонов. Заключительный вывод о причинах наблюдаемых явлений.	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ (НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНЫХ) ТКАНЕЙ. ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. ЗАКОНЫ РЕАГИРОВАНИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ. ИЗМЕНЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

Занятие 12

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Биопотенциалы как носители информации в живом организме. Общие свойства возбудимых тканей. Раздражимость, возбудимость. Возбуждение и формы его проявления. Виды электрических сигналов, их физиологическое значение и сравнительная характеристика.
2. Параметры возбудимости, определяющие возникновение ответной реакции ткани (порог силы и времени, минимальный градиент). Кривая «сила-длительность». Хронаксия.
3. Законы реагирования возбудимых клеток на действие раздражителей. Примеры структур и потенциалов, реагирующих в соответствии с законом силы, законом «все или ничего». Понятие о парабиозе (Н. Е. Введенский).
4. Биоэлектрогенез: потенциал покоя, локальный ответ, потенциал действия. Мембранно-ионная теория их происхождения.
5. Изменение возбудимости мембраны в различные фазы одиночного цикла возбуждения. Рефрактерность.
6. Понятие о принципах лекарственной регуляции функционального состояния возбудимых клеток.
7. Рецепция: определение понятия. Биологическое значение. Рецептор: определение понятия, структура, виды. Морфологическая особенность сенсорных рецепторов, их функции.
8. Понятие о сенсорных рецепторах. Общие механизмы рецепции. Кодирование информации в рецепторах. Рецепторный и генераторный потенциал. Адаптация рецепторов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 23–36, 43–54.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 75–84.
4. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 81–115.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

1. Какой показатель позволяет сравнить возбудимость различных тканей и клеток? Сравните возбудимость нервной и поперечно-полосатой мышечной ткани.
2. Почему сердечная мышца реагирует на действие раздражителя по закону «всё или ничего», а скелетная мышца — по закону силы?
3. Как и почему изменится величина потенциала покоя при увеличении внеклеточной концентрации ионов калия?
4. Что такое «порог деполяризации» («критический уровень деполяризации») возбудимых клеток? От чего зависит его величина?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 12.1**

Раздражимость — ***универсальное свойство всех клеточных структур отвечать на действие раздражителя изменение своей жизнедеятельности***	Критический уровень деполяризации (КУД) — ***величина заряда мембраны, при достижении которого генерируется ПД (открываются все 100 % ПЗИК)***
Возбудимость — ***свойство нервных и мышечных клеток отвечать на действие раздражителя специализированной реакцией — возбуждением***	Период рефрактерности — ***кратковременный период полного исчезновения (абсолютная рефр.) или снижения возбудимости (относительная рефр.) нервной и мышечной тканей во время и вслед за ПД***
Возбуждение клетки — ***ответная реакция высокоспециализированных клеток на действие раздражителя, характеризующаяся проявление специфической функции и ПД этих клеток***	Хронаксия — ***наименьшее время действия Р., сила которого равна двум реобазам, достаточное для вызова возбуждения***
Виды возбудимых тканей — ***нервная и мышечная (ранее — и железистая). Они способны отвечать на действие раздражителя возбуждением***	Закон «все или ничего» — ***возбуждение не возникает при действии подпороговых Р. и всегда одинаково при действии над- и пороговых Р.***
Потенциал покоя — ***стационарная разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностью мембраны покоящейся клетки***	Закон силы раздражения— ***при увеличении силы сверхпорогового Р. возрастает и сила ответной реакции (до определённого предела)***
Локальный ответ (потенциал) — ***снижение потенциала покоя мембраны (деполяризация), вызываемое воздействием слабых по силе (подпороговых) раздражителей***	Лабильность — ***функциональная подвижность, скорость протекания (max частота) элементарных циклов возбуждения в возбудимых тканях***
Потенциал действия — ***быстрое изменение заряда мембраны с её перезарядкой (инверсией знака) при действии (над)пороговых раздражителей***	Адаптация — ***явление ослабления возбуждения в рецепторе при действии длительного раздражителя постоянной силы***
Поляризация — ***наличие разности потенциалов между наружной и внутренней стороной мембраны***	Аккомодация — ***понижение возбудимости ткани и амплитуды ПД вплоть до полного его отсутствия при медленно нарастающей стимуляции***
Деполяризация — ***уменьшение разности потенциалов между внутренней и наружной поверхностями мембраны клетки (приближение ΔE к 0)***	Рецептор — ***генетически детерминированные макромолекулярные сенсоры, локализованные в специализированных частях клетки***
Реполяризация — ***восстановление исходной величины разности потенциалов после деполяризации мембраны клетки***	Рецепторный потенциал — ***локальный потенциал, возникающий на мембране рецептора. Не способен трансформироваться на ней в ПД***
Гиперполяризация — ***увеличение заряда мембраны клетки (отдаление от 0, например, с –60 мВ до –80 мВ)***	Генераторный потенциал — ***локальный потенциал, достигший КУД и вызвавший генерацию ПД на возбудимом участке мембраны клетки***
Величины проницаемости мембраны нервного волокна (P_{K^+} : P_{Na^+} : P_{Cl^-}) в состоянии физиологического покоя: ***1 : [0,04] : [0,45]***	Величины проницаемости мембраны нервного волокна (P_{K^+} : P_{Na^+} : P_{Cl^-}) при возбуждении: ***1 : [20] : [0,45]***

Рисунок 12.1

Кривая "Сила-длительность"

Рисунок 12.2

График мембранного потенциала нервного волокна

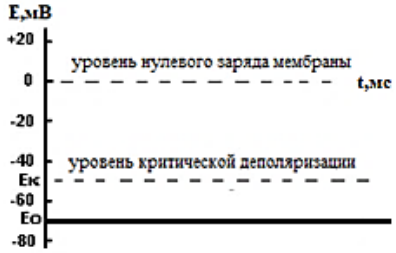
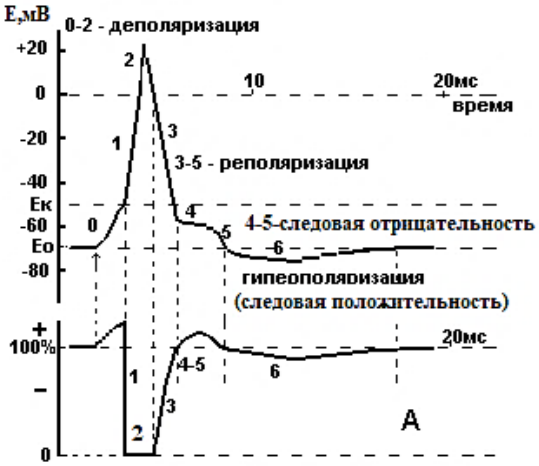


Рисунок 12.3

Графики потенциала действия и изменения возбудимости в процессе возбуждения



Изменение возбудимости в процессе возбуждения: 1-2 - абсолютная рефрактерность;
3- относительная рефрактерность;
4-5 - повышенная (супернормальная) возбудимость;
6 - пониженная (субнормальная) возбудимость

Правильно сопоставьте между собой оба графика и укажите на них фазы: деполяризации, реполяризации, следовой электроотрицательности, следовой положительности (гиперпооляризации); а также абсолютной и относительной рефрактерности, супернормальной и субнормальной возбудимости.

Рисунок 12.4

График локального ответа

Перечислите законы реагирования возбудимых клеток на действие раздражителей:

1.	***Закон силы раздражения***
2.	***Закон длительности раздражения***
3.	***Закон градиента раздражения***
4.	***Закон "все или ничего"***
5.	***Закон полярного действия тока (закон Пфлюгера)***

«Локальный потенциал подчиняется закону ***силы***».

Работа выполняется в компьютерном классе с использованием программы **«02 NMJ»**. Она представляет собой виртуальный симулятор, позволяющий выполнять эксперименты на изолированном препарате нервно-мышечного комплекса лягушки, помещённом в раствор Рингера (рис. 12.5). В этом эксперименте вызвать сокращение мышцы можно как прямой стимуляцией мышечных волокон, так и непрямой стимуляцией иннервирующего мышцу нерва (используется в работе). Также возможно изменять концентрацию ионов в растворе (отображается в нижней левой части экрана — рис. 12.8, стрелка 1).

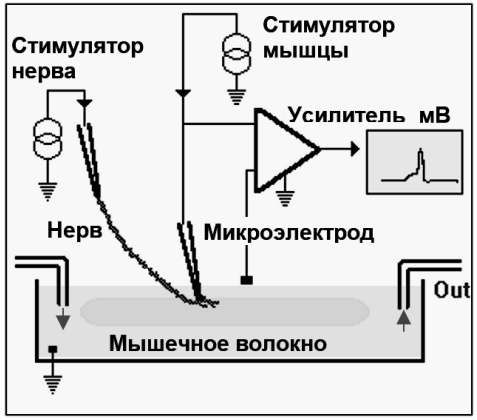


Рис. 12.5

Ход работы. 1. Для изменения концентрации ионов (если необходимо) следует щёлкнуть ЛКМ по кнопке «**Ions**» в левой части верхнего меню (рис 12.6, 12.7):

«Ions» → Potassium (K^+) → 5 mM;

«Ions» → Sodium (Na^+) → 120 mM.

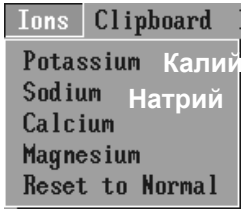


Рис. 12.6

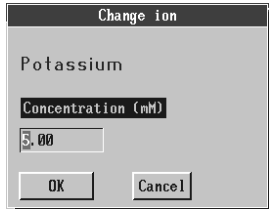


Рис. 12.7

2. Для возбуждения комплекса «нерв-мышца» *простимулируйте* нервный ствол:

«Stimulate» → Nerve.

На экране слева отобразится график сгенерированного потенциала действия (ПД) скелетного мышечного волокна (рис. 12.8).

3. *Скопируйте* полученный ПД в буфер в правой части экрана.

«Clipboard» → Copy to Clipboard.

В дальнейшем копируемые потенциалы будут накладываться друг на друга, что даст возможность визуального сравнения получаемых в эксперименте изменений.

4. Величина мембранного потенциала покоя (ПП) («Membrane Pot. (mV)») отображается в нижней правой части экрана (рис. 12.8, стрелка 2). Пик потенциала действия измеряется на графике студентом самостоятельно в соответствии со шкалой осциллографа.

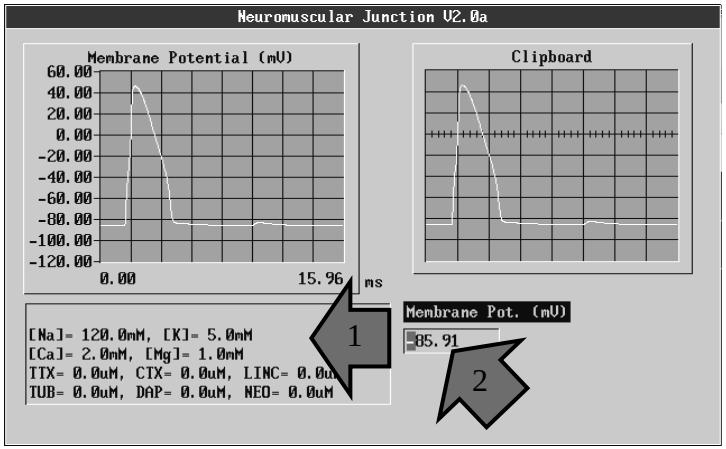


Рис. 12.8

5. Внесите полученные данные в протокол. *Исследуйте влияние сдвигов внеклеточной концентрации ионов* ***калия*** *на величину мембранных потенциалов*: при увеличении концентрации **K^+** до **9 ммоль/л (гиперкалиемия или гиперкалигистия)** и при её уменьшении до **2 ммоль/л (гипокалиемия)**.

6. *Очистите* буфер и *восстановите* нормальный ионный состав внеклеточной жидкости:

«Clipboard» → Clear Clipboard;

«Ions» → Reset to Normal.

7. *Исследуйте влияние сдвигов внеклеточной концентрации ионов* ***натрия*** *на величину мембранных потенциалов*: при увеличении концентрации **Na^+** до **160 ммоль/л (гипернатриемия)** и при её уменьшении до **80 ммоль/л (гипонатриемия)**.

Указания к оформлению протокола.

1. Приняв внутриклеточную концентрацию ионов K^+ и Na^+ постоянной и равной 150 mM и 12 mM соответственно, *рассчитайте* и *внесите в протокол* градиенты концентрации указанных ионов во вне- и внутриклеточной жидкости:

$$\Delta C_K+ = [C_K+]_i/[C_K+]_o;$$
$$\Delta C_{Na}+ = [C_{Na}+]_o/[C_{Na}+]_i$$

2. *Внесите в протокол* полученные в эксперименте величины мембранных потенциалов покоя (округлите до целых) и пиков потенциалов действия.

3. На рис. 12.9 *нарисуйте*, используя РАЗНЫЕ ЦВЕТА, графики изменения заряда мембраны при изменении внеклеточной концентрации ионов **K^+** и **Na^+**.

4. *Рассчитайте* и *запишите* величину порога деполяризации ΔE, приняв критический уровень деполяризации $E_{кр}$ = –40 мВ:

$$\Delta E = E_{кр} - E_0,$$

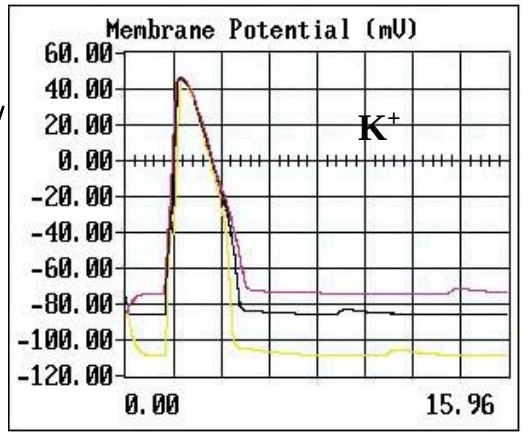
где E_0 — мембранный потенциал покоя.

5. *Оцените изменения возбудимости* (по сравнению с исходной) мембраны мышечных волокон при изменении внеклеточной концентрации ионов K^+ и Na^+.

6. Сделайте *выводы* о том, как *потенциалы* покоя и действия и *возбудимость* мембраны зависят от концентрации K^+ и Na^+ во внеклеточной жидкости, а также от градиента концентраций этих ионов внутри и снаружи клетки.

ПРОТОКОЛ

Внеклеточная концентрация ионов				Величина потенциалов, мВ			
калий	ΔC_K+	**натрий**	$\Delta C_{Na}+$	покоя (E_0)	ΔE	изм. возбудимости	дей-ствия
5 mM	30	120 mM	10	–86	46	исходная	+45
9 mM	***[16,7]***	120 mM	***[10]***	***–70***	***[30]***	***[повышена]***	***[+45]***
2 mM	***[75]***	120 mM	***[10]***	***–109***	***[69]***	***[понижена]***	***[+45]***
«Clipboard» → Clear Clipboard; «Ions» → Reset to Normal							
5 mM	30	**120 mM**	10	–86	46	исходная	+45
5 mM	***[30]***	**160 mM**	***[13,3]***	***[–86]***	***[46]***	***[исходная]***	***[↑ +55]***
5 mM	***[30]***	**80 mM**	***[6,6]***	***[–86]***	***[46]***	***[исходная]***	***[↓ +38]***



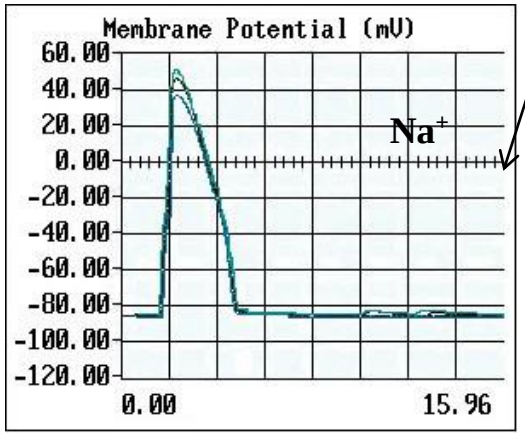


Рис. 12.9

Вывод: содержание ионов калия определяет в большей степени величину потенциала ***покоя,*** а содержание ионов натрия определяет в большей степени величину потенциала ***действия***.

НЕРВНАЯ ТКАНЬ: СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА. ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Занятие 13

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Нервная ткань: её клетки и их свойства.
2. Общий план строения нервной системы: понятие о центральном и периферическом отделах, о соматическом и автономном отделах.
3. Теории организации нервной системы. Нейрон — структурно-функциональная единица нервной ткани: виды, классификации, строение. Многообразие функций нейрона.
4. Глиальные клетки: виды, структура, функции.
5. Понятие о гематоликворном и гематоэнцефалическом барьерах.
6. Нервные волокна: строение, виды, классификация, функции. Аксональный транспорт веществ. Понятие о регенерации нервов.
7. Механизм проведения возбуждения в миелиновых и безмиелиновых нервных волокнах. Законы проведения возбуждения в нервных волокнах. Представление о принципах фармакологической регуляции проведения возбуждения по нерву (проводниковая блокада)
8. Синапс. Классификация синапсов. Ультраструктура синапсов. Свойства синапсов.
9. Механизм синаптической передачи информации в электрическом синапсе.
10. Механизм передачи информации в химическом синапсе. Медиаторы: виды; механизмы экзоцитоза, действия на постсинаптическую мембрану, инактивации.
11. Механизмы развития ВПСП и ТПСП.
12. Понятие о фармакологической регуляции синаптической передачи.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 36–38, 54–64.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 73–74, 85–99.
4. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 70–72, 115–143, 177–197, 206–208.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 198–220.
6. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : МИА, 2021. – 376 с. – С. 55–64, 79–86.
7. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 56–64.

Вопросы для самоподготовки: 1. Какая разновидность глиоцитов выстилает спинномозговой канал и все желудочки мозга? 2. Как можно нарушить физиологическую целостность нерва? 3. Каким образом местные анестетики прекращают проведение возбуждения по нервному волокну? 4. Могут ли в разных синаптических окончаниях одного нейрона секретироваться различные нейромедиаторы? 5. Какие факторы определяют реакцию эффекторной клетки на действие нейромедиатора? Каково современное понимание принципов Дейла? 6. Объясните, почему нервный импульс, возникающий в нервном волокне, распространяется вдоль волокна, а не возвращается к месту его генерации. 7. Возможно ли проведение сигнала через синапс при отсутствии ионов Ca^{2+}?	8. Каковы причины снижения лабильности синапса при утомлении? 9. Почему при отравлении кураре — ядом, блокирующим передачу в нервно-мышечных синапсах — организм погибает от недостатка кислорода? 10. Как изменится передача сигнала в нервно-мышечном синапсе под действием веществ, обладающих антихолинэстеразным действием? Предположите, в чём будет заключаться разница в результатах влияния на нервно-мышечную передачу обратимых (прозерин, физостигмин) и необратимых ингибиторов ацетилхолинэстеразы (боевые отравляющие вещества — зарин, зоман). 11. Объясните причины основных функциональных различий нервно-мышечного и межнейронного синапсов. 12. Каково время выживания нейронов головного мозга в условиях гипоксии (аноксии)? От каких факторов оно зависит?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 13.1**

Нервная ткань — это ***ткань эктодермального происхождения, которая представляет собой систему специализированных структур, образующих основу нервной системы и создающих условия для реализации её функций***	Два главных типа клеток нервной ткани и их количество 1) ***нейроны — 1×10^{11}***; 2) ***нейроглия — 1×10^{12} клеток***
ГЭБ, ***гематоэнцефалический барьер*** *(от греч. haima — кровь, enkephalos — мозг)* ***— полупроницаемый барьер между кровью и нервной тканью, препятствующий проникновению в мозг крупных или полярных молекул, а также клеток крови, в том числе иммунной системы (эндотелиоцит–базальная мембрана–астроцит).*** Гематоликворный барьер *(от греч. haima — кровь и лат. liquor — жидкость)* ***— это разновидность гистогематического барьера между ликвором (цереброспинальной жидкостью) и кровью (эндотелиоцит–базальная мембрана–эпендимоцит)***	Основные положения объединенной нейронно-ретикулярной теории: 1) ***функционально-структурной единицей нервной ткани и нервной системы является нейрон;*** 2) ***нейроны взаимодействуют друг с другом с помощью синапсов;*** 3) ***нейроны образуют афферентные, вставочные и эфферентные звенья в составе рефлекторных дуг — основного субстрата функционирования нервной системы;*** 4) ***возбуждение в рефлекторной дуге передается только в одном направлении***

Два основных отдела нервной системы: по локализации 1) ***центральный***; 2) ***периферический***	Возбудимые клетки нервной ткани — это ***нейроны***
Два основных отдела нервной системы: по функции 1) ***соматическая НС***; 2) ***автономная НС***	Структурно-функциональная единица нервной ткани — это ***нейрон***
Ацетилхолин → Н-холинорецептор → ***деполяризация*** (гиперполяризация или деполяризация) → ***ВПСП*** (ВПСП или ТПСП)	ГАМК → $ГАМК_A$-рецептор → ***гиперполяризация*** (гиперполяризация или деполяризация) → ***ТПСП*** (ВПСП или ТПСП)
ТПСП — это ***тормозный постсинаптический потенциал, проявляющийся гиперполяризацией постсинаптической мембраны***	Синапс *(от греч. sinapsis — соприкосновение, соединение)* — ***специализированная структура, обеспечивающая межклеточную передачу сигналов химической и/или электрической природы***
ВПСП — это ***возбуждающий постсинаптический потенциал, проявляющийся деполяризацией постсинаптической мембраны***	Нейромедиатор — ***биологически активное вещество, выделяемое нервным окончанием и являющееся посредником в процессе синаптической передачи***
Аксонный холмик — ***конически расширенный участок аксона между телом нервной клетки и собственно аксоном. Является триггерной и интегративной зоной нейрона, местом преобразования ВПСП в ПД***	н-Холинорецептор — ***трансмембранный рецептор, чувствительный к ацетилхолину и никотину (никотинчувствительный). Лиганд-зависимый ионный канал, состоящий из 5 белковых субъединиц и имеющий 2 центра связывания с молекулой ацетилхолина***
Миелин — ***это вещество, образующее миелиновую оболочку нервных волокон***	Ацетилхолинэстераза — ***фермент-гидролаза синаптической щели, катализирующий реакцию гидролиза ацетилхолина с образованием холина и уксусной кислоты***

ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (рис. 13.1), **НЕЙРОНА** (рис. 13.2). **Работа 13.2**
ВИД НЕЙРОНА И НЕЙРОГЛИИ ПОД МИКРОСКОПОМ (рис. 13.3)

Подписаны названия структур нервной системы (рис. 13.1) и нейрона (рис. 13.2) и указаны их функции.

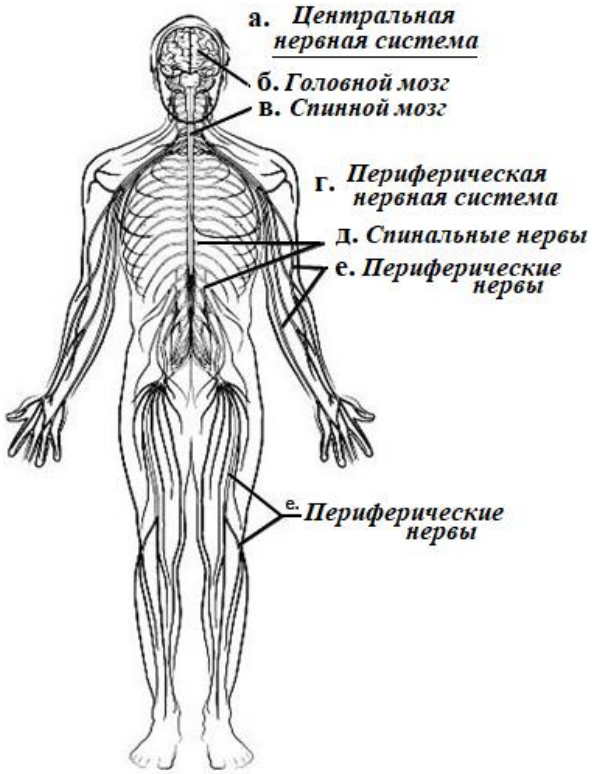


Рис. 13.1

а — центральная нервная система; б — головной мозг; в — спинной мозг; г — периферическая нервная система; д, е — периферические нервы и ганглии

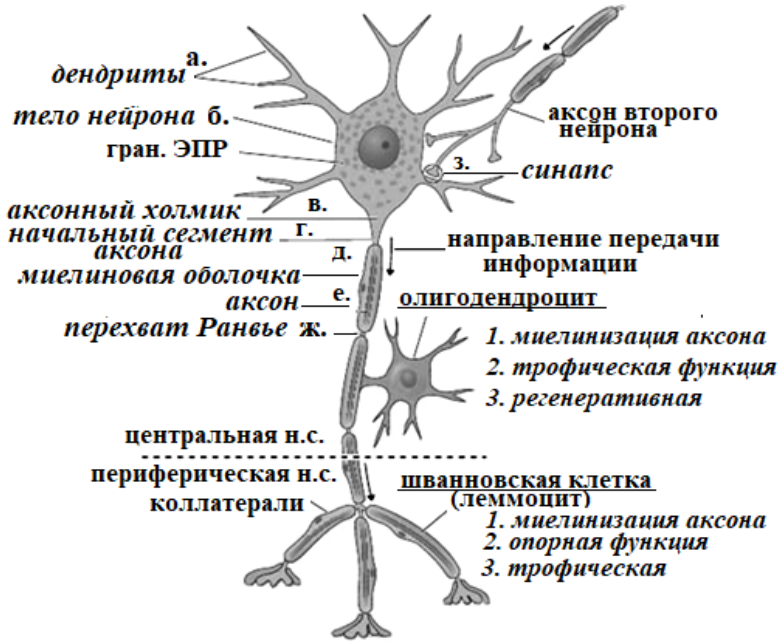


Рис. 13.2

а — дендриты; б — тело нейрона; в — аксонный холмик; г — начальный сегмент аксона; д — миелиновая оболочка; е — аксон; ж — перехват Ранвье; з — синапс

Вид нейрона (А) и нейроглии (Б) под микроскопом (×400 раз) [18]

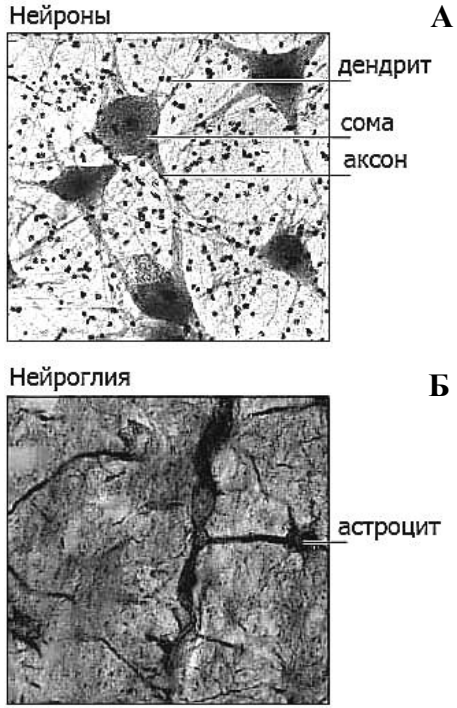


Рис. 13.3

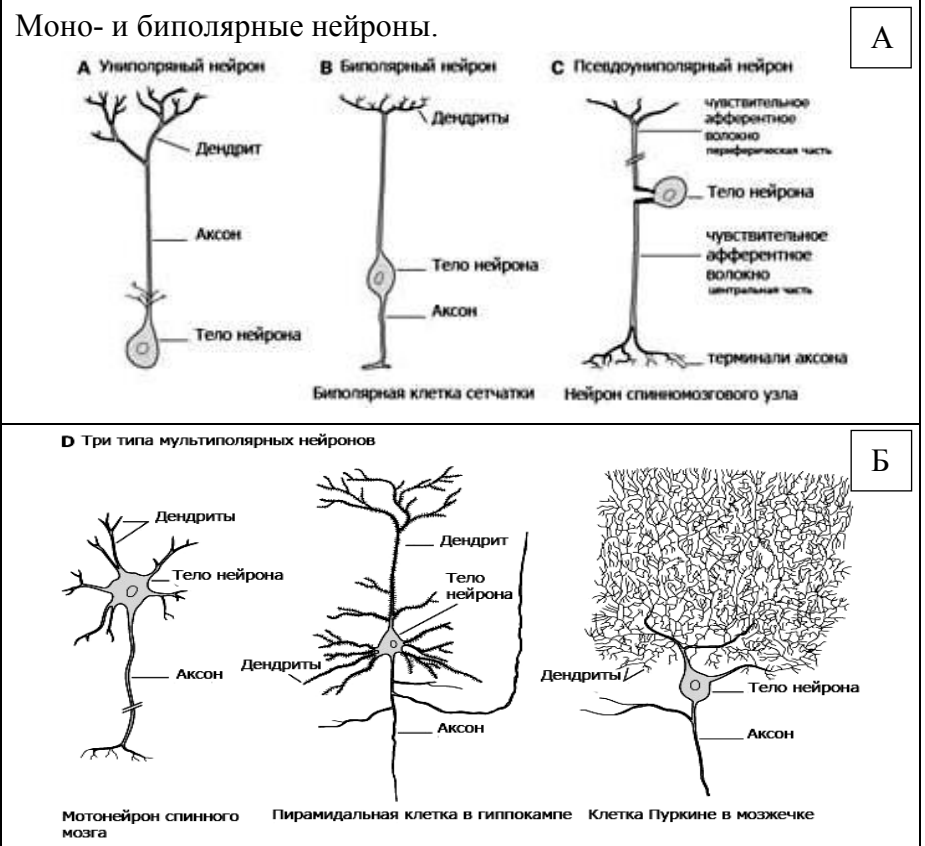
Функции астроцитов:
1) ***опорная***; 2) ***трофическая***;
3) ***репаративная***;
4) ***гомеостатическая***

Рис. 13.4. Строение тела нервной клетки

Главные составные части нейрона:
а) ***тело***;
б) ***аксон***;
в) ***дендриты***.

Основные свойства нейронов (исходя из данных, представленных на рис. 13.4).
1) ***экспрессия 36 % информации генома***;
2) ***способность к временной и пространственной суммации***;
3) ***высокая чувствительность к O_2 и гипоксии (а также к глюкозе)***;
4) ***возбудимость (возникновение ПД на мембране аксонного холмика) и проводимость.***

Моно- и биполярные нейроны.



Возбуждающие Участвуют в формировании периферической НС	***Возбуждающие Расположены полностью в ЦНС***	***Тормозные Расположены полностью в ЦНС***

Рис. 13.5. Основные типы (А) и подтипы (Б) нейронов в зависимости от их строения и количества отростков у них

Униполярные (ложные биполярные)	***Биполярные***	***Мультиполярные***

Основной тип нейронов по количеству отростков у них ***мультиполярные.***

На рис. 13.5, *Б* указаны нейроны возбуждающие и тормозные, а также нейроны, расположенные полностью в составе ЦНС, и нейроны, аксоны которых участвуют в формировании периферического отдела нервной системы.

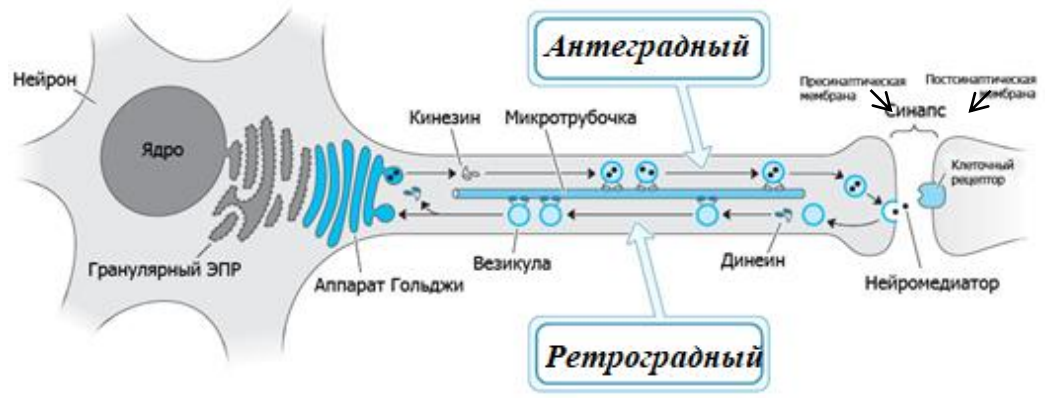


Рис. 13.6. Схема быстрого аксонного транспорта веществ

Виды аксонного транспорта веществ (по скорости)

Быстрый транспорт ***(антеградный и ретроградный)***	***Медленный*** транспорт ***(обычно антеградный)***
скорость ***20–40*** см в сутки	скорость ***0,2–0,4*** см в сутки
Обеспечивает перемещение:	Обеспечивает перемещение:
– ***медиаторов, ферментов, органелл;*** – ***вирусов: герпеса (антеградно и ретроградно), бешенства, полиомиелита и токсинов (столбнячный) ретроградно***	– ***тубулина;*** – ***субъединиц нейрофиламентов актина;*** – ***органелл***

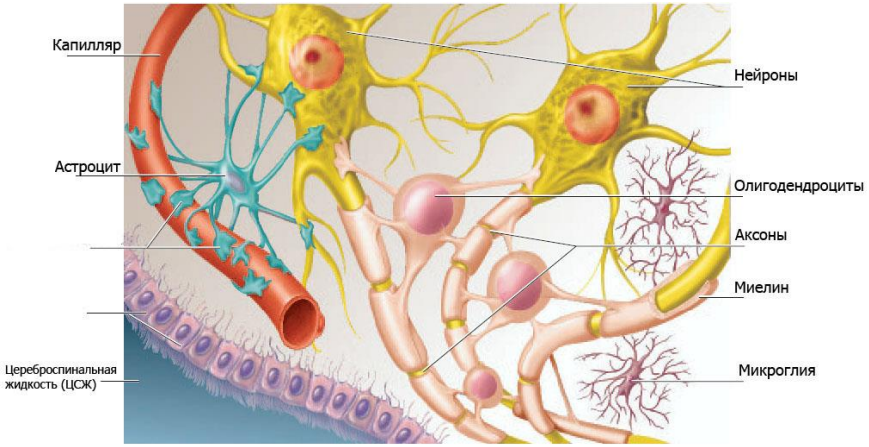


Рис. 13.7. Виды глиоцитов и их функции

Астроциты обеспечивают:
1) ***поддержку нейронам и их питание;***
2) ***регулирование состава межклеточной жидкости;***
3) ***рост нервной ткани;***
4) ***защиту нервной ткани от вредных веществ (входят в состав ГЭБ).***

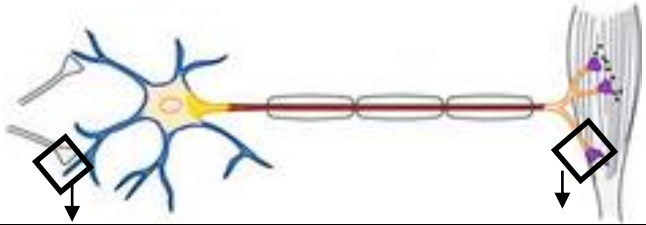
Олигодендроциты обеспечивают:
1) ***миелинизацию аксонов,***
2) ***трофику нейронов***

Микроглиальные клетки обеспечивают: ***фагоцитоз продуктов распада нервной ткани и посторонних частиц.***
Эпиндимоциты участвуют в образовании ликвора (ЦСЖ, СМЖ). Объем ликвора ***120–150*** мл, суточная продукция ***500*** мл в сутки, удельный вес ***1,006–1,008*** г/л, цитоз ***3000–5000*** клеток/мл.

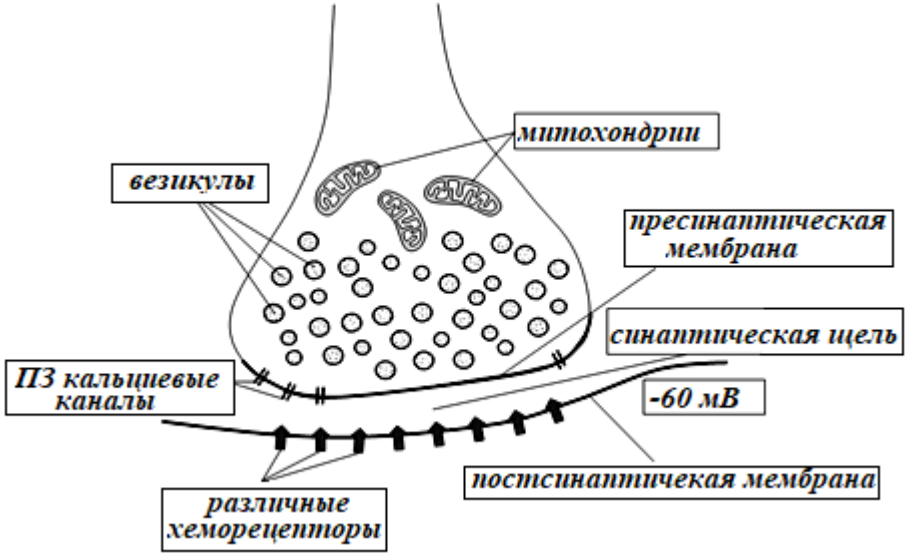
СРАВНЕНИЕ СТРОЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО И НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СИНАПСОВ **Работа 13.5**

Указаны основные структуры центрального и нервно-мышечного синапсов и их важнейшие функциональные отличия.

Центральный (межнейронный) синапс **Нервно-мышечный синапс**



На схеме нейро-нейронального синапса указаны пресинаптическая мембрана, постсинаптическая мембрана, потенциал покоя, синаптическая щель, нейромедиаторы, рецепторы постсинаптической мембраны, где возникает ВПСП и ТПСП, где возникает ПД на мембране нейрона.



На схеме нервно-мышечного синапса указаны пресинаптическая мембрана, постсинаптическая мембрана (концевая пластинка), потенциал покоя, синаптическая щель, нейромедиатор, рецептор постсинаптической мембраны, где возникает ПКП (ВПСП), где возникает ПД на мембране скелетной мышцы.

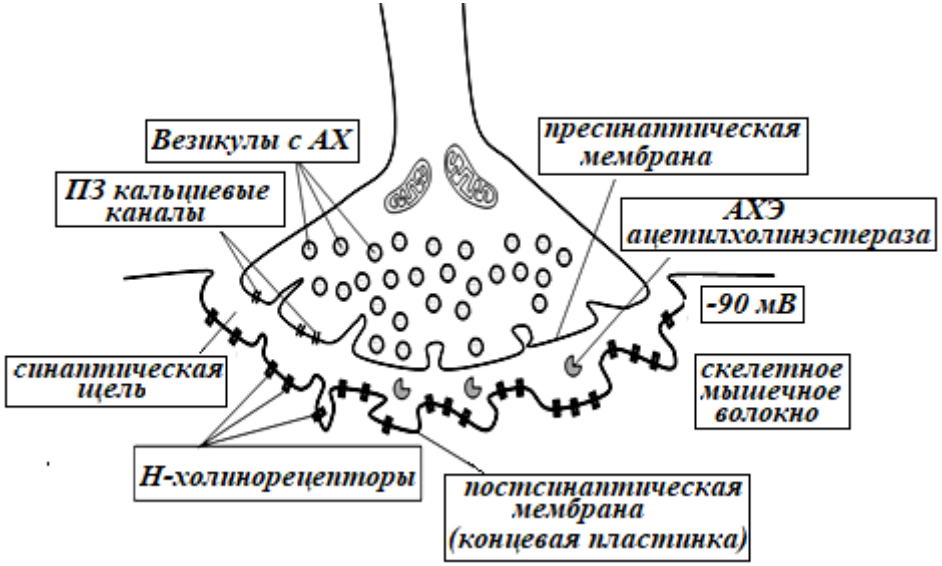


Схема классификации синапсов

Синапсы

по месту расположения	***центральные***		***периферические***	
между клетками	***Межнейронные (ЦНС, вегетативные ганглии)***	***нейроэффекторные (нейрон-мышечная клетка)***	***Нейрорецепторные (рецепторная клетка-дендрит)***	***мышечно-мышечные (сердце, ГМК)***
по механизму передачи информации	***электрические***		***химические***	
по медиатору	***холинэргические***	***адренэргические***	***серотонин-эргические***	***дофамин-эргические***
по действию на клетки-мишени	***возбуждающие***		***тормозные***	

Изучение некоторых путей влияния биоактивных веществ на передачу в нервно-мышечном синапсе

Типы влияния	Результат	Пример вещества
Блокада **выделения** медиатора (АХ)	Полная блокада синаптической передачи, паралич мышц	Токсин ботулизма (ботокс)
Блокада **рецепторов** постсинаптической мембраны	Блокада генерации ВПСП и ПД, паралич мышц	Кураре и курареподобные вещества (миорелаксанты)
Угнетение **ацетилхолинестеразы**	***Обратимого действия:*** Усиление и продление действия АХ, **облегчение** проведения импульсов через синапс	Антихолинестеразные вещества (прозерин, неостигмин и др.)
	Необратимого действия: **Блокада** синаптической передачи, паралич мышц	Фосфорорганические соединения — инсектициды и боевые отравляющие вещества
Блокада **обратного захвата** холина пресинаптическим окончанием	Истощение запасов АХ в пресинаптическом окончании	Гемихолиний

Классификация нервных волокон теплокровных (по Эрлангеру–Гассеру)

Тип волокна	Диаметр, мкм	Скорость проведения, м/с	Миелинизация	Функция
Aα	12–22	***70–120***	+	Моторные волокна скелетных мышц. Афферентные волокна от мышечных рецепторов
Aβ	8–12	***40–70***	+	Афферентные волокна от рецепторов прикосновения
Aγ	4–8	***15–40***	+	Моторные волокна к мышечным веретенам. Афферентные волокна от рецепторов прикосновения и давления
Aδ	1–4	***5–15***	+	Афферентные волокна от некоторых рецепторов холода, давления, боли
B	1–3,5	***3–18***	+	Пре- и постганглионарные вегетативные волокна
C	0,5–2,0	***0,5–3***	–	Постганглионарные вегетативные волокна (симпатические). Афферентные волокна от некоторых рецепторов тепла, давления, боли

Законы проведения ПД по нервным волокнам:

1 — ***Закон двустороннего проведения возбуждения;***

2 — ***Закон изолированного проведения возбуждения;***

3 — ***Закон физиологической непрерывности нервного волокна***

ТЕОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

В конце XIX века существовало две гипотезы о строении нервной системы — теория сети (ретикулярная) и нейронная теория.

Ретикулярная теория была разработана и предложена в 1871 г. немецким гистологом и анатомом Йозефом фон Герлахом (1820–1896) и поддержана итальянским ученым К. Гольджи. Согласно ретикулярной теории, нервная ткань представляет собой своеобразный синцитий, в котором клетки в какой-то степени лишены индивидуальности, так как их отростки связаны между собой, непрерывно переходят один в другой, в результате чего формируется непрерывная диффузная сеть «rete nervosa diffusa».

В 1873 г. Камилло Гольджи, изучая структуру серого вещества мозга, изобрел метод импрегнации нейронов азотнокислым серебром. На своих препаратах Камилло Гольджи продемонстрировал, что нервная система состоит из обширной сети, образованной разветвлениями свободных окончаний дендритов и неразрывно связанных друг с другом «диффузной нервной сетью».

Постепенно учеными были определены основные положения теории ретикуляризма:

1) Нейроны — не одиночные самостоятельные клетки, а соединены в «диффузную сеть».
2) Волокна этой сети связаны между собой цитоплазматически (образуя синцитий) и электрически. Нервные импульсы способны распространятся в обе стороны от места контакта нейронов.
3) Главными функциональными центрами нервной системы являются не нейроны, а «диффузные нервные сети».
4) Нейроны функционируют не самостоятельно, а выполняют совместную деятельность.

Нейронная теория — клеточная теория строения нервной системы, сформировалась в конце XIX в. благодаря работам ряда ученых того времени — С. Рамон-и-Кахаля, В. Гиса, А.-Г. Фореля, В. фон Вальдейера, А. Ван Гехутен. Особенно рьяно представлял нейронную теорию испанский гистолог Сантьяго Рамон-и-Кахаль.

В отличие Камилло Гольджи, Рамон-и-Кахаль считал, что нервная система состоит из отдельных нервных клеток, образующих между собой соединения — контакты, через которые происходит передача информации между нейронами. Следует отметить, что развить *«нейронную теорию»* ему помог метод окраски нервной ткани, изобретенный его противником К. Гольджи. Помимо прочего, Рамон-и-Кахаль внес еще один фундаментальный вклад в нейронауки: передача импульса всегда происходит в одном направлении — от дендрита(-ов) к телу нейрона и от него к аксону.

В 1897 г. Чарльз Скотт Ше́ррингтон (британский ученый в области физиологии и нейробиологии) описал контакты между нервными клетками в виде небольшого промежутка между нейронами, которые он назвал синапсами (от греческого слова «застежка»). Окончательные доказательства существования синапса было получено в 1950-х годах с помощью электронного микроскопа.

Основные положения нейронной теории, описанные Рамон-и-Кахалем:

1) Нервное раздражение способно распространяться только в одном направлении: от сенсорных окончаний и клеток (чувствительных нейронов) через мозг (вставочные нейроны)) к двигательным нейронам и по их аксонам к клеткам-мишеням (например, при коленном рефлексе к экстрафузальным мышечным волокнам (миоцитам) четырёхглавой мышцы бедра).
2) Нейроны связаны между собой химическими синапсами, способными только к одностороннему проведению информации с помощью нейромедиаторов.
3) Любые нейроплазматические (синцитиальные) связи у нейронов, в отличие от других клеток, отсутствуют.
4) Нейроны развиваются и функционируют самостоятельно.
5) Двуядерные нейроны — результат амитоза.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (продолжение)

Несмотря на разные представления об организации строения нервной ткани, К. Гольджи и Рамон-и-Кахаль оба получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине (1906) «в знак признания их работы по структуре нервной системы». Это была одна из самых противоречивых глав в истории Нобелевского комитета, поскольку оба ученых по-разному интерпретировали одно и то же гистологическое явление. Так, даже в своей нобелевской лекции Камилло Гольджи активно нападал на идеи, поддерживаемые Рамон-и-Кахалем, и приводил доводы в поддержку ретикулярной теории.

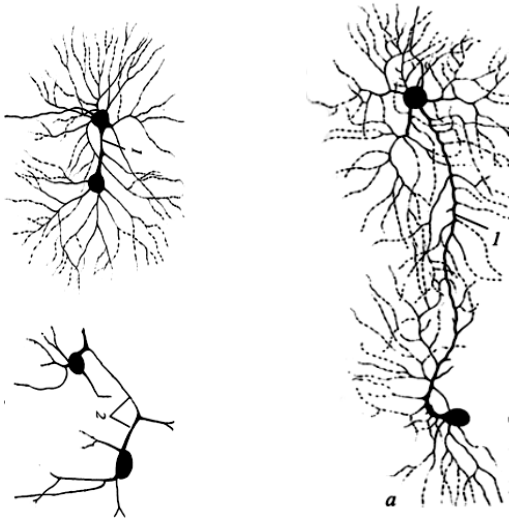


Рис. 13.8. Цитоплазматические анастомозы между нейронами ретикулума сетчатки по А. С. Догелю

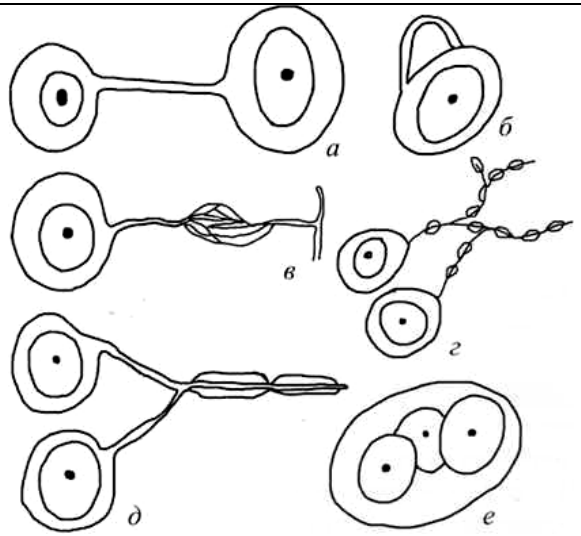


Рис. 13.9. Варианты синцитиального слияния нейронов, описанные в Лаборатории функциональной морфологии и физиологии Института физиологии им. И. П. Павлова РАН

В 1893 г. российский ученый А. С. Догель впервые описал и цитоплазматический анастомоз не только между телами клеток (что было бы логично в случае происхождения двуядерный нейронов путем амитоза), но и между нервными волокнами (рис. 13.8.). С этого времени нейрогистологи все чаще наблюдают подобную картину в мозге и в периферической нервной системе подопытных животных. Причем было замечено, что эти цитоплазматические анастомозы между нейронами могут не только образовываться, но и исчезать, отражая пластичность протекания нервных процессов.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что синцитиальная сеть нейронов (в соответствии с принципом ретикуляризма) (рис. 13.9) является неотъемлемой частью строения нервной системы и вполне совместима с нейронной теорией. Это позволяет дополнить положения нейронной теории новыми данными и попытаться сформулировать объединенную нейронно-ретикулярную концепцию (О. С. Сотников, 2019) организации нервной системы.

Дополнительные материалы (продолжение)
Основные положения объединенной нейронно-ретикулярной теории: 1) Потенциал действия в рефлекторной дуге распространяется в одном направлении: от сенсорных окончаний и клеток через вставочные нейроны к двигательным нейронам и по их аксонам к клеткам-мишеням (миоцитам и другим). 2) Большинство нейронов связано между собой химическими синапсами, способными только к одностороннему проведению информации. Однако в ряде случаев между ними имеются и электрические синапсы с образованием между клетками функционального синцития и двусторонним проведением сигнала между ними, в том числе для реверберации возбуждения по замкнутым нервным путям в структурах головного мозга (участвуя в процессах научения, памяти и др.). 3) Прижизненные кино- и видео-микроскопические исследования позволили установить наличие нейроплазматических (истинных синцитиальных) связей между нейронами (с образованием многоядерной клетки и общего аксона). В отличие от других истинных синцитиальных структур (например, миосимпластов скелетных) многоядерные нейроны могут не только образовываться из отдельных одноядерных нейронов, но и обратно разъединяться в одноядерные клетки. 4) Двуядерные (или более) нейроны могут быть как результатом амитоза, так и их образования путём полного синцитиального слияния отростков (аксонов) и тел двух (или более) нейронов.

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ, ИХ ВИДЫ. СКЕЛЕТНЫЕ И ГЛАДКИЕ МЫШЦЫ: МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ (МАКРО-И МИКРОСКОПИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, МЕХАНИЗМОВ СОКРАЩЕНИЯ, РЕГУЛЯЦИИ АКТИВНОСТИ)

Занятие 14

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Мышечные ткани: виды, строение, сравнительная характеристика.
2. Скелетные мышцы. Классификация мышц. Мышца как орган. Вспомогательный аппарат мышц.
3. Основные функциональные группы мышц тела человека: мышцы головы, шеи, спины, груди, живота (диафрагма), мышцы плечевого пояса и верхней конечности, мышцы тазового пояса и нижней конечности.
4. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы.
5. Виды и режимы сокращения скелетных мышц. Работа и утомление мышцы.
6. Гладкая мышечная ткань. Особенности строения и функции.
7. Понятие о миоэпителиальных клетках.
8. Особенности управления работой скелетных и гладких мышц, миоэпителиальных клеток.
9. Значение двигательной активности для сохранения здоровья.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология: учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 122–138.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 148–175.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 604 с. – С. 143–177.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 18–197.
6. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 231–389.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

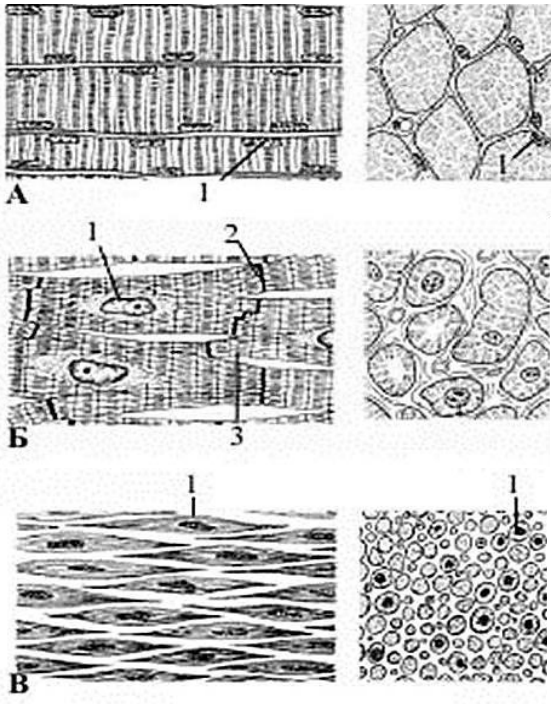
1. Длительность периода укорочения мышцы при одиночном сокращении равна 0,03 с, а период расслабления — 0,04 с. Определите (нарисуйте) вид сокращения этой мышцы при частоте сокращения 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц.
2. Что является естественным стимулом для сокращения скелетной мышцы? Какие факторы могут вызвать сокращение гладкой мышцы?
3. Назовите источники Ca^{2+} для сокращения скелетной и гладкой мышц.
4. Какие участки саркомера изменяют свою длину при сокращении мышечного волокна?
5. Перечислите основные функциональные отличия ГМК от скелетных мышечных волокон.
6. Какова роль киназы и фосфатазы лёгких цепей миозина ГМК?
7. Перечислите основные виды кальциевых каналов плазматической мембраны гладкомышечной клетки (ГМК) (1, 2, 3) и эндоплазматического ретикулума ГМК (1, 2).

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 14.1**

Мышечные ткани — это ***высокоспециализированные возбудимые ткани, которые обеспечивают движение организма в целом и его частей (в пространстве), движение крови по сосудам, движение стенки внутренних органов (например, перистальтику желудка и кишечника)***	Дыхательная функция скелетных мышц обеспечивается работой следующих мышц: (***1 вариант, другие варианты см. ниже***): 1) ***диафрагмы;*** 2) ***межреберных***
Примеры функций скелетных мышц: 1) ***передвижение тела и поддержание позы в пространстве***; 2) ***перемещение частей тела относительно друг друга***; 3) ***осуществление дыхательных движений***; 4) ***участие в выработке тепла***; 5) ***депонирование некоторых питательных веществ***	Три источника энергии для работы мышц: 1) ***АТФ и креатинфосфат (секунды)***; 2) ***анаэробный гликолиз (минута)***; 3) ***аэробное окисление веществ — глюкозы, жирных кислот (минуты-часы)***
Основная функция сердечной мышцы — **обеспечение насосной функции сердца и движения крови по сосудам**	Моторная единица — ***это функциональная единица скелетной мышцы, представляющая собой альфа-мотонейрон и группу мышечных волокон, иннервируемых его разветвлениями***
Примеры функций гладких мышц: ***поддержание тонуса стенок полых органов, регуляция тонуса стенок кровеносных сосудов, опорожнение полых органов и продвижение их содержимого и др.***	Основной фактор, обеспечивающий сопряжение электрических (химических) и механических процессов в мышечной ткани, — это ***выход Ca^{2+} в саркоплазму***
Примеры функций миоэпителиальных клеток: ***сокращаются и сжимают секреторные отделы или выводные протоки экзокринных желез, тем самым способствуя продвижению секретируемых продуктов на поверхность кожи или слизистых пищеварительной системы***	Гладкая мышца — это ***орган тела животных (человека), состоящий из миоцитов, не имеющий поперечной исчерченности***
Назовите общие свойства мышечной ткани: 1) ***возбудимость***; 2) ***проводимость***; 3) ***сократимость***	Управление работой скелетных мышц осуществляет ***соматический отдел нервной системы***
Скелетная мышца — это ***упругий, плотный орган тела животных (человека), состоящий из поперечнополосатых волокон, способных сокращаться под влиянием нервных импульсов***	Управление работой гладких мышц и миоэпителиальных клеток осуществляет ***автономная*** нервная система, а также ***эндокринная*** система и их способность к ***автоматии***

Виды мышечной ткани и их признаки

Продольные срезы Поперечные срезы



Поперечнополосатая: ***поперечная исчерченность; упорядоченное продольное расположение миофибрилл; много ядер (1) на периферии клеток***

Сердечная: ***поперечная исчерченность; отдельные кардиомиоциты (3), связанные между собой вставочными дисками или нексусами (2); ядро (1) в центре клетки***

<u>Гладкая:</u> ***веретеновидные клетки, ядро (1) в центре, миофибриллы неупорядочены и нет поперечной исчерченности***

Рис. 14.1. Продольный и поперечный срезы разных видов мышечных тканей:
1 — ядро; 2 — вставочный диск; 3 — кардиомиоцит

Морфофункциональная классификация мышечной ткани

↓ ↓

Поперечнополосатая → Скелетная, Сердечная

Гладкая → Мультиунитарная, Унитарная

Таблица 14.1

Параметр сравнения	Скелетная мышца	Гладкая мышца
Количество ядер в клетке	***Много***	***Одно***
Поперечная исчерченность	***Выражена***	***Нет***
Нахождение ядер в клетке	***На периферии***	***В центре***
Размеры ядра	***Небольшие***	***Большое***
Функциональный синцитий	–	+
Пластичность	–	+
Изменения активности клеток после денервации	***Отсутствие тонуса и движений***	***Тонус не исчезает***
Возбудимость	+	+
Проводимость	+	+
Сократимость	+	+
Явление автоматии	***Нет***	***Да***
Подчиненность сознанию	***Да***	***Нет***
Сократительная функция контролируется	***Соматической НС***	***АНС и гуморально***
Изменение активности клеток после связывания лиганда (нейромедиатора и/или гормона) с рецептором	***Возбуждение и сокращение***	***Возбуждение или торможение***
Нейромедиаторы в синапсах и типы рецепторов к ним на сарколемме мышечных клеток	***Ацетилхолин; Н-холинорецептор***	***Ацетилхолин — М-ХР; Норадреналин — α,β-АР***
Исходная готовность миозина к взаимодействию с актином	***Имеется***	***Нет***
Исходная готовность актина к взаимодействию с головками миозина	***Нет (Ca^{2+}+тропонин)***	***Нет (Ca^{2+}+кальдесмон)***
АТФазная активность миозина	***Высокая***	***Низкая***
Сокращение	***Быстро развивается***	***Медленно***
Источники и пути поступления кальция в саркоплазму	***Из СПР через ПЗ Ca^{2+} канал***	***Снаружи, из СПР, с участием ИТФ***
Механизм действия Ca^{2+}	***Ca^{2}→ тропонин С***	***Ca^{2}→ кальмодулин***
Пути удаления Ca^{2+} из саркоплазмы	***Ca^{2+}-АТФаза в СПР***	***Ca^{2+}-АТФаза в СПР и сарколемме, Ca^{2+}/Na^{+}-обменник в сарколемме***

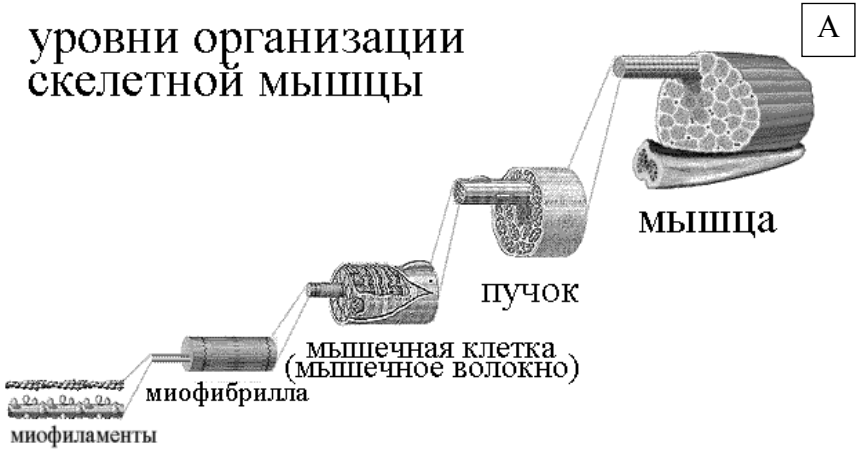
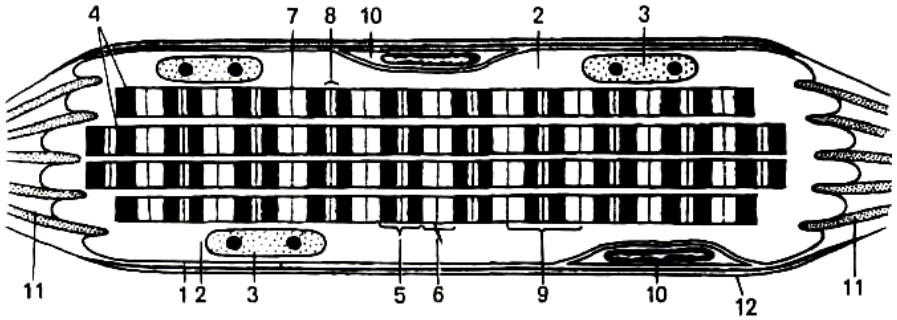


Рис. 14.2. Уровни организации скелетной мышцы (А), структура поперечнополосатого мышечного волокна (миосимпласта) (Б)

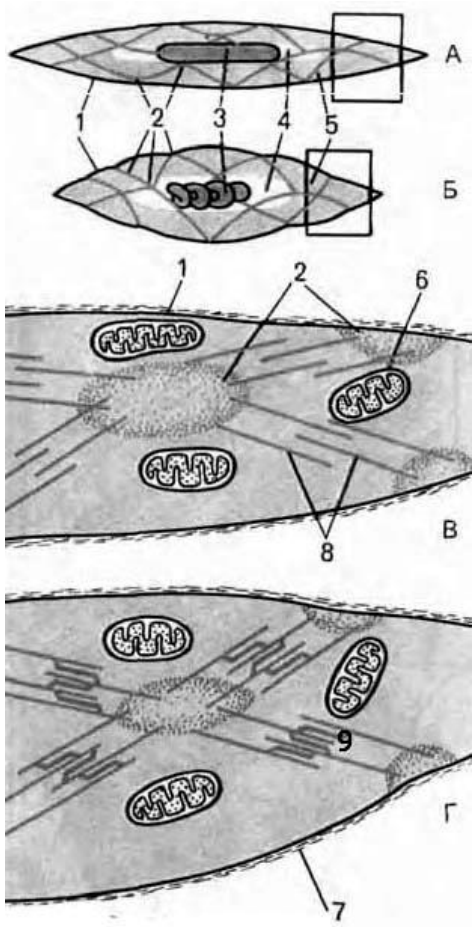
Структура миосимпласта



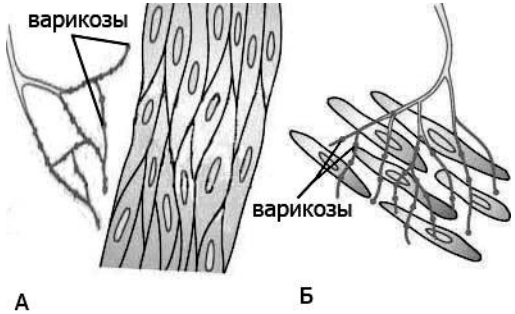
1 — плазмолемма; 2 — саркоплазма; 3 — ядра миосимпласта; 4 — миофибриллы; 5 — анизотропный диск (полоска А); 6 — изотропный диск (полоска I); 7 — телофрагма (полоска Н), в середине которой проходит мезофрагма (линия М); 9 — саркомер; 10 — миосателитоцит; 11 — сухожильные волокна; 12 — базальная мембрана

Рис. 14.3. Мышцы туловища и конечностей:
1 — круговая мышца глаза; 2 — дельтовидная мышца; 3 — большая грудная мышца; 4 — двуглавая мышца плеча; 5 — трехглавая мышца плеча; 6 — косые мышцы живота; 7 — прямая мышца живота; 8 — трапециевидная мышца; 9 — широчайшая мышца спины; 10 — икроножная мышца; 11 — большая ягодичная мышца; 12 — передняя большеберцовая мышца; 13 — четырехглавая мышца бедра; 14 — портняжная мышца; 15 — двуглавая мышца бедра

Рис. 14.4. Строение гладкого (неисчерченного) миоцита (схема)



А, В — при расслаблении;
Б — при наибольшем сокращении;
Г — при неполном сокращении.
1 — цитолемма;
2 — плотные тельца;
3 — ядро;
4 — эндоплазма;
5 — сократительные комплексы;
6 — митохондрии;
7 — базальная мембрана;
8 — актиновые (тонкие) миофиламенты;
9 — миозиновые (толстые) миофиламенты.
В, Г — увеличенные изображения участков, обведенных рамками на фрагментах А и Б



унитарные ***мультиунитарные***

Рис. 14.5. Два типа гладких мышц и особенности их иннервации

Находятся во внутренних органах, в сосудах, обладают автоматией, образуют функциональный синцитий	Находятся в радужке глаз, протоке, волосяных мешочках, хорошо иннервированы, практически не обладают автоматией

Механизм сокращения ГМК, факторы его регулирующие

Факторы, вызывающие сокращение ГМК:
1) ***нервный импульс (нейромедиаторы, ПД);***
2) ***гормоны, тканевые гормоны;***
3) ***электролиты (натрий, калий)***
4) ***растяжение;***
5) ***автоматия***

Механизм сокращения ГМК:
ПД, механическое растяжение, лиганд → ↑[Ca^{2+}] в клетке → 4Ca^{2+}-кальмодулин → взаимодействие Ca^{2+}с кальдесмоном (освобождение активных центров актина) и фосфорилирование легких цепей миозина → взаимодействие актина и миозина → сокращение ГМК

Механизм расслабления ГМК:
↓ [Ca^{2+}] в клетке → преобладание активности фосфатазы над активностью киназы → дефосфорилирование легких цепей миозина → расслабление

Электромиография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности мышцы.

Отведение мышечных биопотенциалов осуществляется с помощью поверхностных (накожных, накладных) или игольчатых (вкалываемых) электродов. Преимущество суммарной ЭМГ — неинвазивность исследования и, как правило, отсутствие электростимуляции мышц и нервов. Данный метод позволяет исследовать характер биотоков мышц в покое и при произвольных сокращениях, что обеспечило ему широкое применение в физиологической и клинической практике. Электромиограмма представляет собой результат интерференции множества потенциалов действия, асинхронно возникающих в различных двигательных единицах. В настоящее время количественный анализ ЭМГ проводится с помощью специальных приборов, которые позволяют измерять частоту осцилляций, проводить спектральный анализ и оценку суммарной и средней амплитуды импульсов. Одним из распространенных способов анализа биотоков мышц является их интегрирование, т. е. суммирование всех амплитуд за единицу времени. При делении суммарной амплитуды на число импульсов вычисляется их средняя амплитуда. Этот показатель пропорционален величине развиваемого мышечного усилия. В состоянии покоя регистрируется низкоамплитудная ЭМГ (5–10 мкВ), связанная с перераспределением тонуса мышц при поддержании позы. При слабом сокращении и напряжении мышц наблюдается повышение электрической активности, которая достигает максимума при произвольном усилии (амплитуда биотоков может возрастать до 3000 мкВ при частоте до 100 Гц).

Материалы и оборудование. Поверхностные (кожные) электроды, электромиограф или электроэнцефалограф, позволяющий регистрировать ЭМГ, набор грузов в диапазоне 0,5–3 кг, марля, электроды, электропроводящая паста или 3 % раствор NaCl, спирт.

Ход работы. Электроды накладываются биполярно на поверхность кожи над двуглавой мышцей плеча и присоединяются к электромиографу. «Заземляющий» электрод накладывают на боковую поверхность плеча в области с минимальным количеством мышц.

Предварительно кожу в местах наложения электродов обезжиривают спиртом, а электроды смазывают пастой, а затем регистрируют и анализируют ЭМГ при различных функциональных состояниях:

а) покой: руки свободно опущены вниз, мышцы расслаблены;

б) сгибание руки в локтевом суставе;

в) разгибание руки;

г) напряжение двуглавой мышцы при возрастающей физической нагрузке на ладонь от 0,5 до 3 кг.

Указания к оформлению протокола:

1. Результат исследования: визуально сравните характер ЭМГ в различных условиях исследования (амплитуда и частота импульсов). Нарисуйте наблюдаемую ЭМГ.
2. В выводе сделайте заключение о изменении активности моторного центра, иннервирующего двуглавую мышцу плеча.

ПРОТОКОЛ

1. Рисунок ЭМГ двуглавой мышцы в разных условиях:

покой	сгибание	разгибание	При напряжении (удержании груза)		

2. Вывод: электрическая активность двуглавой мышцы плеча и активность нервных центров, её иннервирующих, при сгибании руки в локтевом суставе и особенно при дополнительном напряжении мышцы для удержания груза, относительно состояния покоя значительно ***возрастает*** (↑ или ↓), об этом свидетельствует ***увеличение*** (↑ или ↓) амплитуды и частоты волн ЭМГ.

Динамометрия — это метод измерения силы, развиваемой мышцей или группой мышц. Сила мышцы зависит от площади её физиологического сечения, исходной длины, скорости сокращения и других факторов. Сила сокращения мышц измеряется динамометрами и выражается в абсолютных единицах (в зависимости от модели это может быть кгс или даН. 1 кгс ≈ 1 даН; 1 даН = 10 Н) (Прил.1.), или в относительных единицах (по отношению к массе тела). Динамометрия (особенно ручная) широко применяется в медицине (неврология, реабилитация и т. п.) и в физиологии трудовой и спортивной деятельности.

Материалы и оборудование: ручной и становой динамометры.

А. Ручная динамометрия

Силу правой и левой кистей рук определяют с помощью ручного динамометра, как это описано в работе 10.3.

Для сравнения мышечной силы у людей с разной массой тела рассчитывают относительный **показатель силы руки** (ПСР):

$$\text{ПСР} = \frac{\text{Сила мышц в даН} \times 100}{\text{Масса тела в кг}}.$$

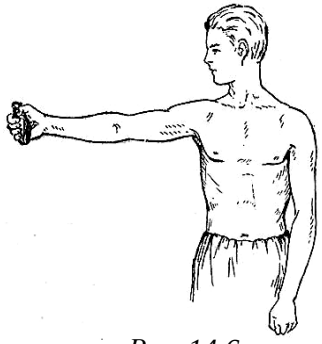


Рис. 14.6

Удовлетворительными традиционно считаются показатели силы руки: для мужчин — 55 ед., для женщин — 50 ед. и более.

Сила мышц рук у студентов за последние годы существенно снизилась. В связи с этим в табл. 14.2 даны нормативы силы рук с учётом тенденции её изменения у студентов БГМУ.

Таблица 14.2

Пол	Уровень относительного показателя силы рук студентов				
	низкий	**ниже среднего**	**средний**	**выше среднего**	**высокий**
Мужчины	Менее 41	41–50	51–60	61–70	Более 70
Женщины	Менее 21	21–25	26–30	31–40	Более 40

Б. Становая динамометрия

Данная методика позволяет оценить силу мышц-разгибателей спины. Для её определения становой динамометр прикрепляют к подставке через соединительную планку таким образом, чтобы спина была наклонена вперёд под углом 30°, при этом ноги стоят на подставке и выпрямлены в коленях. Рукоятка динамометра должна находиться на уровне коленей испытуемого (рис. 14.7). Переключатель на задней стенке динамометра устанавливают в положение фиксации результатов «Ф». Взявшись за рукоятку прибора двумя руками, выпрямляются без рывков, развивая максимальное усилие мышц спины (не ног или рук!). Выполните трижды и выберите наилучший результат.

Рис. 14.7

Противопоказаниями для исследования служат: грыжи брюшной стенки или межпозвоночных дисков, перелом позвоночника в анамнезе, высокая степень миопии или артериальной гипертензии, период менструации или беременность, нарушения ритма сердца и т. п.

ВНИМАНИЕ! При проведении становой динамометрии важно соблюдать технику безопасности, иначе есть риск повреждения позвоночника в поясничном отделе. Главная ошибка при выполнении исследования — округление (сутулость) спины во время тяги.

Для оценки **показателя становой силы** (ПСС) используют отношение силы мышц-разгибателей спины к массе испытуемого:

$$\text{ПСС} = \frac{\text{Сила мышц разгибателей спины в даН}}{\text{Масса тела в кг}}.$$

Удовлетворительным показателем становой силы мышц-разгибателей спины для мужчин считается 2 ед., для женщин — 1,5 ед. и более.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите пол, массу тела и наибольшие показатели силы мышц рук и разгибателей спины.
2. Рассчитайте показатели относительной силы мышц.
3. Сделайте вывод, оценив относительную силу мышц испытуемого.

В случае если относительные показатели силы рук ниже средних и/или показатель становой силы неудовлетворительный, ознакомьтесь с методами развития силы мышц, которые изложены в учебном пособии «Физическая культура» под редакцией Е. С. Григоровича, В. А. Переверзева (Минск: Вышэйшая школа, 2014. 350 с. С. 87–95).

ПРОТОКОЛ

1. Масса тела испытуемого ***94*** (кг), пол ***ж*** (м. или ж.), сила кисти правой руки ***36*** (кг), сила кисти левой руки ***52*** (кг), становая сила ***150*** (кг).

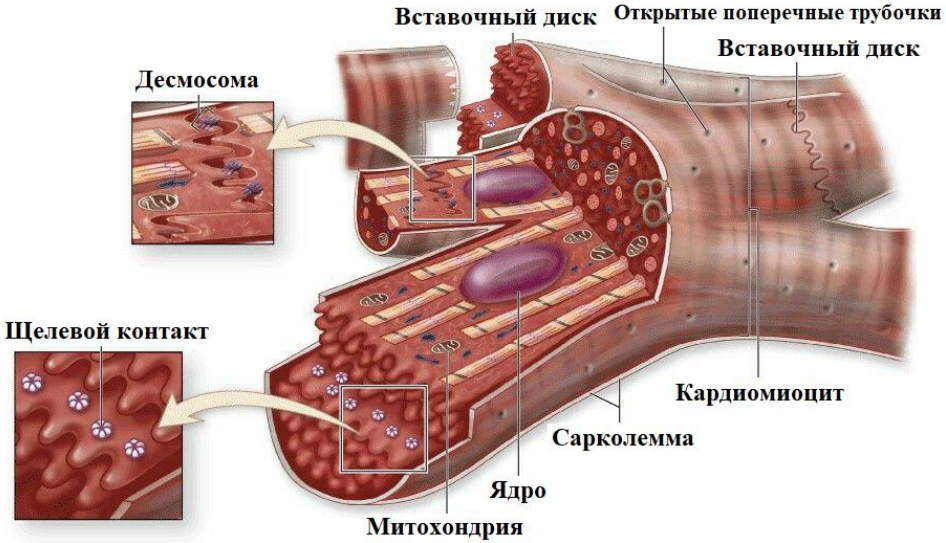
2. Относительная сила кисти правой руки ***38*** (%), левой руки ***55*** (%), разгибателей спины ***1,6***.

3. Вывод. Уровень показателей относительной силы правой руки ***низкий***, левой руки ***выше среднего*** (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий). Показатель относительной становой силы ***удовлетворительный*** (удовлетворительный, неудовлетворительный).

Дополнительные материалы

Сердечная мышечная ткань

Сердечная мышечная ткань формирует среднюю оболочку стенки сердца — **миокард.** Структурно-функциональной единицей сердечной мышечной ткани является клетка — **кардиомиоцит (КМЦ).** Размер клетки 50–120 мкм × 15–20 мкм, форма приближается к цилиндрической, иногда отростчатая, ветвящаяся. Ядро располагается в центре клетки. Клетка покрыта сарколеммой (плазмолеммой и базальной мембраной). В узком пространстве между мембранами сарколеммы поддерживается достаточно высокая концентрация внеклеточного Ca^{2+}, необходимого для сокращения. Характерной особенностью ткани является наличие вставочных дисков на границе между контактирующими КМЦ. В латеральной части вставочных дисков присутствуют щелевые контакты. Они обеспечивают обмен ионов и передачу сигналов между соседними КМЦ для их синхронного сокращения.



Sourse: Mescher AL: Junqueiras Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition

Выделяют три типа КМЦ: типичные (сократительные, рабочие), атипичные (проводящие) и секреторные.

Типичный кардиомиоцит содержит 1–2 ядра в центре клетки. Возле ядра локализованы органеллы общего назначения (рибосомы, полисомы, комплекс Гольджи и др.), включения гликогена и миоглобина, немного липидных капель. Основную массу клетки составляют продольно ориентированные миофибриллы.

Сократительный аппарат КМЦ принципиально не отличается от такового в скелетной мышечной ткани, одинаков и механизм взаимодействия актиновых и миозиновых миофиламентов при сокращении. Основным отличием в механизме сокращения является то, что волна деполяризации, идущая по Т-трубочкам, приводит к открытию потенциал-зависимых Ca^{2+}-каналов самой клеточной мембраны. Триггерный Ca^{2+} из внеклеточной жидкости проникает в клетку по градиенту концентрации. Если Ca^{2+} во внеклеточной жидкости отсутствует, то сокращения сердечной мышцы прекращаются в течение 1 минуты (скелетная мышца может сокращаться часами). Повышение концентрации Ca^{2+} в цитоплазме ведет к открытию Ca^{2+}-каналов СПР и выходу Ca^{2+} из депо. Далее события развиваются, как и в скелетной мышце.

Атипичные (проводящие) КМЦ формируют проводящую систему сердца. Их главная особенность — способность к спонтанной деполяризации плазмолеммы. Поэтому проводящие КМЦ определят ритм сокращений типичных КМЦ. В отличие от типичных КМЦ, атипичные клетки содержат больше включений гликогена и ферментов, принимающих участие в анаэробном гликолизе. Поэтому атипичные КМЦ более устойчивы к недостатку кислорода, чем типичные.

Секреторные КМЦ локализованы в правом предсердии и в ушках сердца. Эти клетки мельче типичных КМЦ, в них хуже развит сократительный аппарат и система трубочек, относительно хорошо развиты гладкая эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи, с которым связаны гранулы. В гранулах содержатся пептидные гормоны. Один из них — предсердный натрийуретический фактор. Этот гормон действует на почки, надпочечники, сосуды, сердце, некоторые участки головного мозга и увеличивает диурез, обладает сосудорасширяющим действием.

ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. РЕФЛЕКТОРНАЯ ТЕОРИЯ. НЕРВНЫЕ ЦЕНТРЫ: ИХ СВОЙСТВА, ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ. ВОЗБУЖДЕНИЕ И ТОРМОЖЕНИЕ В ЦНС, ИХ МЕДИАТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Занятие 15

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Общий план строения ЦНС: топография, основные отделы, серое и белое вещество.
2. Мозговые оболочки и их функции.
3. Желудочки головного мозга, и их связи между собой и с полостью спинномозгового канала.
4. Роль ликвора в жизнедеятельности мозга: образование, циркуляция, отток, объем, состав, функции. Понятие о спинномозговой пункции и ее значении для диагностики.
5. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Рефлекс. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги. Обратная связь, её значение.
6. Физиологическое понятие нервного центра. Представление о структуре и функциях нервных центров и ядер. Свойства нервных центров, их тонус.
7. Координационная деятельность ЦНС и её принципы. Центральное торможение: виды, механизмы, значение.
8. Торможение в ЦНС, его виды и роль. Формы проявления торможения. Первичное и вторичное торможение, их разновидности и механизмы.
9. Понятие о медиаторных системах мозга.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 64–84, 203–204.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 95–110, 228–229.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 604 с. – С. 177–209.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 223–226.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

1. Чем отличается понятие нервного центра от нервного ядра?
2. Как и почему изменится функциональная активность (тонус) нервного центра: при снижении поступления к нему афферентных нервных импульсов; гипоксии; действии токсических веществ, угнетающих метаболизм; усилении частоты афферентной импульсации?
3. В чем отличие первичного и вторичного торможения?
4. В чем заключается физиологический смысл реципрокного торможения?
5. Почему время сухожильного рефлекса является самым коротким по сравнению со временем других рефлексов?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 15.1**

ЦНС состоит из двух основных структур: 1) ***головной мозг***; 2) ***спинной мозг***	Эфферентными нейронами соматических рефлексов являются: 1) ***альфа-мотонейроны***; 2) ***гамма-мотонейроны***
Рефлекс — это ***стереотипная ответная реакция организма на действие раздражителя, осуществляющаяся при участии ЦНС***	Принцип «общего конечного пути» — это ***возможность осуществления одной и той же реакции (сокращение мышцы), запускаемой конечным в иерархической нервной цепи эфферентным нейроном (мотонейроном), на который конвергируют аксоны других нейронов***
Все структуры ЦНС являются ***паренхиматозными*** органами	Центральное торможение — это ***активный физиологический процесс, вызываемый возбуждением и направленный на ослабление, прекращение или предотвращение другого возбуждения***
Структуры ЦНС имеют хорошую механическую защиту и расположены в: 1) ***черепной коробке***; 2) ***позвоночном столбе***	Виды торможения, их механизм: 1) ***пресинаптическое (тормозная пресинаптическая деполяризация)***; 2) ***постсинаптическое (ТПСП, гиперполяризация)***
В структуре рефлекса выделяют пять составных элементов: 1) ***рецепторное звено***; 2)***афферентное звено***; 3) ***вставочное (ассоциативное) звено***; 4) ***эфферентное звено***; 5) ***эффекторное звено (рабочий орган или клетка)***	Роль различных видов торможения: 1) ***охранительная (сохранение запасов медиаторов в нейронах)***; 2) ***участие в обработке информации, поступающей в ЦНС***; 3) ***обеспечение координационной деятельности ЦНС***
Нервное ядро — это ***скопление нервных клеток (их тел и частично отростков) в нервной ткани головного и спинного мозга, имеющее более или менее чёткие границы и определённые функции.*** Нервный центр — это ***совокупность взаимосвязанных нейронов различных структур нервной системы, обеспечивающих регуляцию частных функций и определенных рефлексов организма***	Основные тормозные медиаторы (полное название) — ***глицин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК)***
Одностороннее распространение возбуждения в ЦНС заключается в том, что ***оно идет от афферентных нейронов к эфферентным (и объясняется тем, что основную роль в распространении сигналов между нейронами играют химические синапсы, в которых возбуждение проводится в одну сторону (от пресинаптической мембраны к постсинаптической)***	Обратная афферентация (обратная связь) — это ***канал передачи по афферентным волокнам в нервный центр информации о параметрах приспособительной реакции, инициированной нервным центром. Благодаря обратной связи реализуется контроль за ходом исполнения рефлекторной приспособительной реакции***

ПОСЕЩЕНИЕ МУЗЕЯ КАФЕДРЫ НОРМАЛЬНОЙ АНАТОМИИ БГМУ **Работа 15.2**

СХЕМА ДВУХНЕЙРОННОЙ (МОНОСИНАПТИЧЕСКОЙ) РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ И ТРЕХНЕЙРОННОЙ (ПОЛИСИНАПТИЧЕСКОЙ) РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ **Работа 15.3**

Ход работы. Работа выполняется студентом **САМОСТОЯТЕЛЬНО** при подготовке к занятию и проверяется во время занятия.
Указания к оформлению протокола:
Впишите названия звеньев рефлекторной дуги рядом с цифрами на рисунке 15.1.

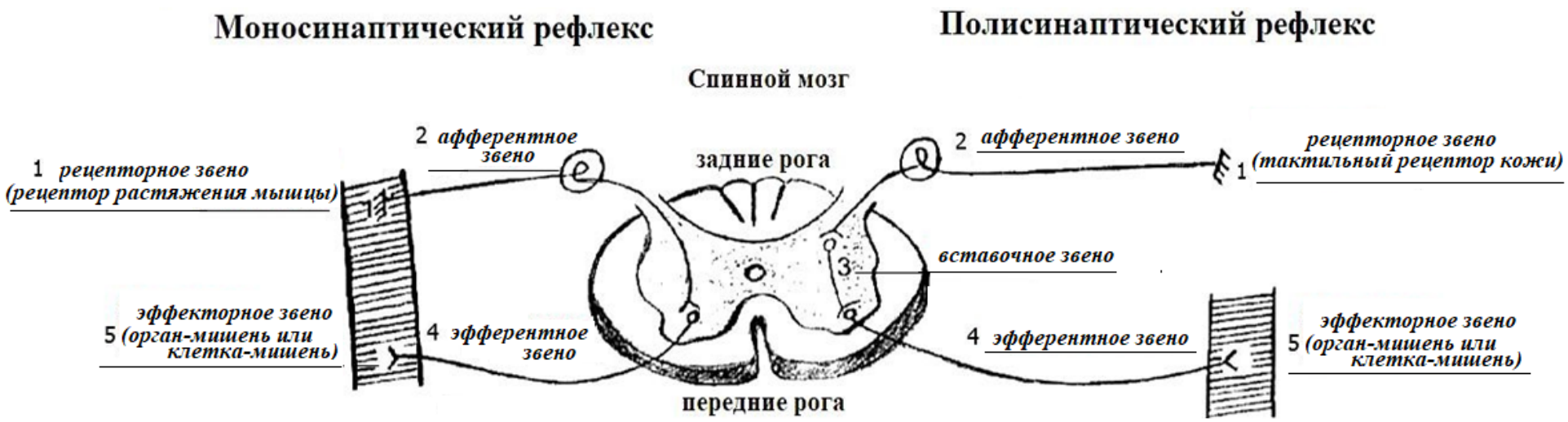


Рис. 15.1. Схема рефлекторных дуг соматических спинномозговых рефлексов

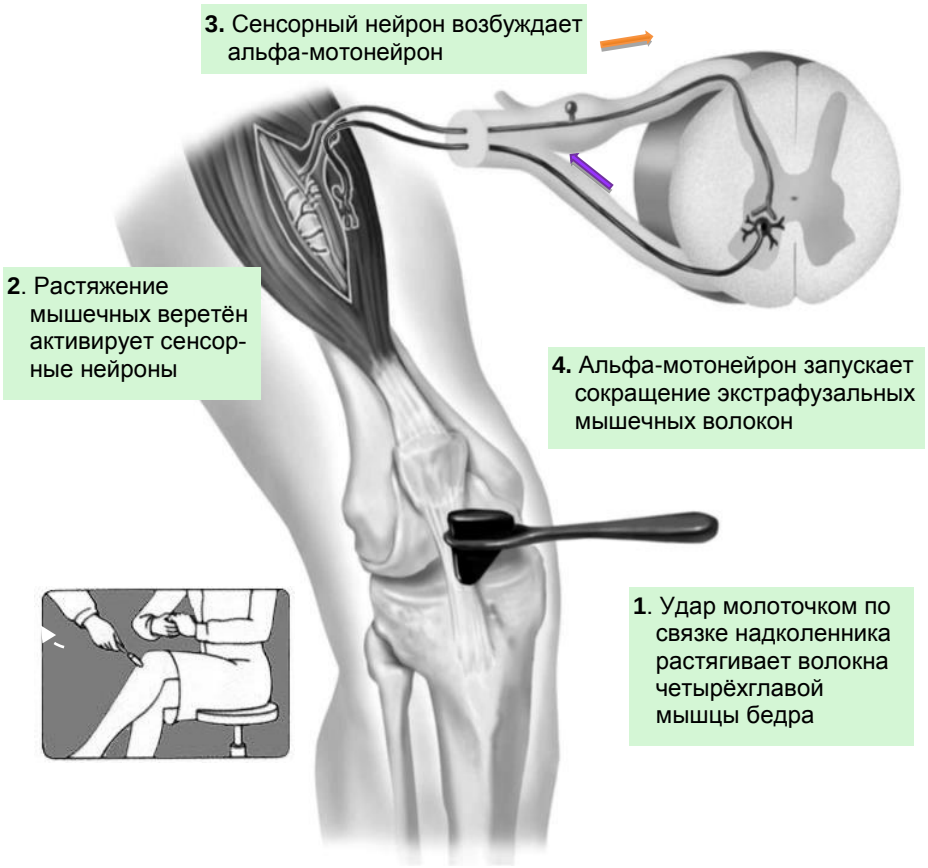


Рис. 15.2. Рефлекторная дуга коленного рефлекса

Миотатические (сухожильные) рефлексы — рефлексы на растяжение мышцы. Они участвуют в регуляции тонуса мышц и поддержании позы тела. Быстрое растяжение мышцы всего на несколько миллиметров механическим ударом по её сухожилию приводит к сокращению всей мышцы и двигательной реакции. Реализация этих рефлексов была бы невозможна, если бы одновременно с сокращением самой мышцы не расслаблялись мышцы-антагонисты.

В клинической практике сухожильные рефлексы исследуются с целью определения функционального состояния различных звеньев рефлекторной дуги и топической диагностики некоторых заболеваний ЦНС (нарушение рефлекторной реакции чаще всего указывает на поражение тех сегментов спинного мозга или тех ядер черепных нервов, в которых замыкаются рефлекторные дуги). При этом большое внимание обращают на симметричность рефлекторной реакции.

При выполнении работы для предотвращения сознательного затормаживания рефлекса могут применяться приёмы на отвлечение, такие как приём Ендрассика — испытуемый сцепляет пальцы двух рук «замком» перед грудью, а затем пытается разорвать этот «замок» (как варианты — сильно сжимает челюсти или сжимает своей рукой руку или пальцы исследователя) либо считает вслух в обратном порядке от 200 через 7 (например, 200 – 7 = 193, 193 – 7 = 186 и т. д.).

Не следует забывать, что нарушение рефлекторной реакции возможно при повреждении любого звена — от рецептора до органа-эффектора.

Материалы и оборудование: неврологический молоточек.

Ход работы. Обследуемый должен сесть на стул и положить ногу на ногу. Нанесите удар молоточком по связке надколенника (рис. 14.2). Удар должен быть отрывистым, без лишнего усилия, как будто молоточек падает под собственным весом. Пронаблюдайте характер разгибания ноги в коленном суставе. Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

У здорового человека в норме рефлекторные реакции одинаково (симметрично) выражены на обеих конечностях.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите наличие или отсутствие коленных рефлексов у испытуемого и их симметричность на обеих ногах.

2. Нарисуйте схему рефлекторной дуги коленного рефлекса и укажите уровень замыкания рефлекторной дуги в спинном мозге, а также место локализации рецепторов (рецепторного звена), раздражение которых запускает рефлекс.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого коленный рефлекс ***выражен*** (выражен или отсутствует) на ***обеих*** (одной или обеих) конечностях.
2. Схема рефлекторной дуги коленного рефлекса у человека.
3. Спинной мозг (сегменты ***L_2–L_4 поясничного отдела спинного мозга***)

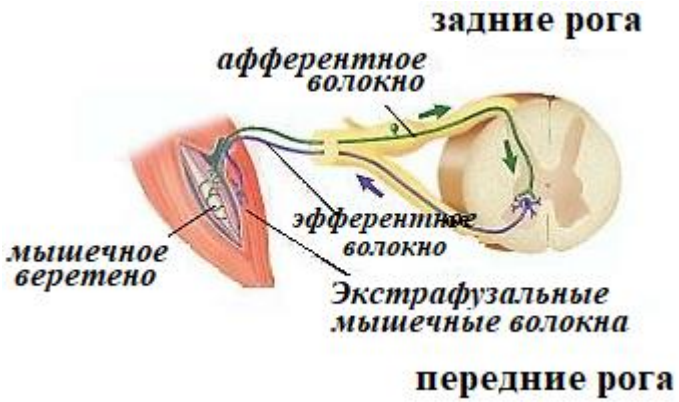


Рис. 15.3. Схема моносинаптического соматического коленного рефлекса

Звенья рефлекторной дуги с указанием места локализации и названия рецепторов, типа нейронов, уровень сегментов спинного мозга:

1) ***рецепторное звено: рецептор растяжения четырехглавой мышцы;***
2) ***афферентное звено: ложноуниполярный нейрон в спинномозговом ганглии;***
3) **отсутствует:** ***вставочное звено — вставочный нейрон в задних рогах СМ;***
4) ***эфферентное звено: а-МН в передних рогах спинного мозга поясничного отдела (L_2–L_4);***
5) ***эффекторное звено: четырехглавая мышца бедра***

Вид мышечной ткани: ***скелетная (поперечнополосатая) мышечная ткань***

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦИПРОКНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

Работа 15.5

Электромиография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности мышцы. Могут использоваться как поверхностные, так и погружные игольчатые электроды.

Электромиограмма (ЭМГ) отражает состояние тонуса мышцы в покое и её функциональную активность при сокращении.

Электромиографические исследования применяются в клинике, физиологии труда и спорта. Они позволяют оценить функциональное состояние исследуемых мышц и иннервирующих их нервов, проанализировать взаимоотношения моторных центров мышц-антагонистов, уточнить уровень нарушения в системе «ЦНС–нерв–синапс–мышца».

Материалы и оборудование: поверхностные (кожные) электроды, электромиограф или электроэнцефалограф, позволяющий регистрировать ЭМГ, марля, электроды, электропроводящая паста или 3 % раствор NaCl, спирт.

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте наблюдаемую ЭМГ.
2. На основе клинического (визуального) анализа ЭМГ сделайте вывод о состоянии активности (минимальное, максимальное, антагонистичное, синергично-активное) моторных центров, иннервирующих двуглавую и трехглавую мышцы плеча, и их взаимоотношениях в различных условиях.

Ход работы. Электроды накладываются биполярно на поверхность кожи над двуглавой мышцей плеча и присоединяются к электромиографу. «Заземляющий» электрод накладывают на боковую поверхность плеча в области с минимальным количеством мышц.

Регистрируют и анализируют ЭМГ при различных функциональных состояниях: покой; сгибание руки в локтевом суставе; разгибание руки; синергичное напряжение мышц плеча (рука вытянута параллельно земле, пальцы сжаты в кулак).

ПРОТОКОЛ

1. Запись ЭМГ в различных условиях.

1. Запись ЭМГ в различных условиях:				
Запись ЭМГ от мышцы	**покой**	**сгибание руки**	**разгибание руки**	**синергичное напряжение**
двуглавой				
трехглавой				

2. **Вывод.** Активность моторных центров, иннервирующих двуглавую и трехглавую мышцу в условиях покоя ***минимальная*** (*высокая* или *минимальная*); при сгибании руки в локтевом суставе активность ***повышается*** в центре, регулирующем бицепс; а в центре, регулирующем трицепс ***понижается*** (*повышается* или *понижается*); при синергичном напряжении мышц плеча ***одинаковая*** (*одинаковая* или *нет в обоих центрах*).

СРАВНЕНИЕ ВОЗБУЖДАЮЩИХ И ТОРМОЗНЫХ СИНАПСОВ (табл. 15.1) **Работа 15.6**

Таблица 15.1

Укажите:	**Возбуждающие синапсы**	**Тормозные синапсы**
1. Локализация синапсов:		
нервно-мышечных (скелетные мышцы)	+	–
нервно-железистых	+	+
нейро-нейральных	+	+
2. Медиаторы и рецепторы к ним:		
АХ Н-ХР (ацетилхолин и никотинчувствительный рецептор)	+ ***(АХ+Н-ХРмт → ПКП)***	–
АХ М-ХР (ацетилхолин и мускаринчувствительный рецептор)	+ ***(АХ+M_1-ХР; АХ+M_3-ХР)***	+ ***(АХ+M_2-ХР)***
НАа и β-АР (норадреналин и альфа или бета адренорецептор)	+ ***(НА+a_1-АР; НА+β_1-АР)***	+ ***(НА+a_2-АР)***
ГАМК – ГАМК-рецептор	–	+
3. На постсинаптической мембране возникает:		
ТПСП	–	+
ВПСП	+	–
деполяризация	+	–
гиперполяризация	–	+
4. Механизм развития постсинаптического потенциала		
↑ входа Na^+	++++++	–
↑ выхода K^+	+	+++++
↑ входа Cl^+	–	+++++

Дополнительные материалы

ОБОЛОЧКИ СПИННОГО И ГОЛОВНОГО МОЗГА

Твердая мозговая оболочка — dura mater spinalis

Наружная покрывает спинной мозг и подвешивает его в позвоночном канале, между твердой оболочкой и позвоночным каналом находится эпидуральное пространство — заполнено жиром и сплетением вен (защита от сотрясений + подвижность в позвоночном канале), переходит на спинномозговые нервы, образуя на них влагалища (футляры).

Паутинная мозговая оболочка — Arachnoidea mater spinalis

Тонкая, полупрозрачная, с обеих сторон покрыта эндотелием, тесно прилегает к твердой оболочке, отделяясь щелевидным субдуральным пространством, соединятся с твердой оболочкой: сосудами, зубчатыми связками мягкой оболочки и нервами, на которые она переходит, от мягкой оболочки отделена субарахноидальным пространством, заполненным ликвором (цереброспинальной жидкостью).

Мягкая (сосудистая) мозговая оболочка — Pia mater spinalis

Прочно срастается с мозгом, так как, сопровождая сосуды, она внедряется с ними в мозговое вещество, со стороны субарахноидального пространства покрыта эндотелием, на боковых поверхностях спинного мозга формирует левую и правую боковые связки. От них между сегментами мозга к твердой оболочке отходят зубчатые связки, прободающие паутинную оболочку.

Головной мозг, как и спинной, окружен тремя соединительнотканными листками, или оболочками, являющимися продолжением оболочек спинного мозга, каждая из которых отделена от соседних межоболочечным пространством.

Твердая оболочка головного мозга отличается по строению от аналогичной оболочки спинного мозга. Она является одновременно надкостницей на внутренней поверхности костей черепа, с которыми связана непрочно. В области основания черепа оболочка дает ряд отростков, проникающих в щели и отверстия костей черепа, чем объясняется большая прочность прикрепления здесь твердой оболочки головного мозга. В определенных участках твердой оболочки головного мозга имеются расщепления, выстланные изнутри эндотелием — это синусы твердой оболочки головного мозга, по которым оттекает венозная кровь.

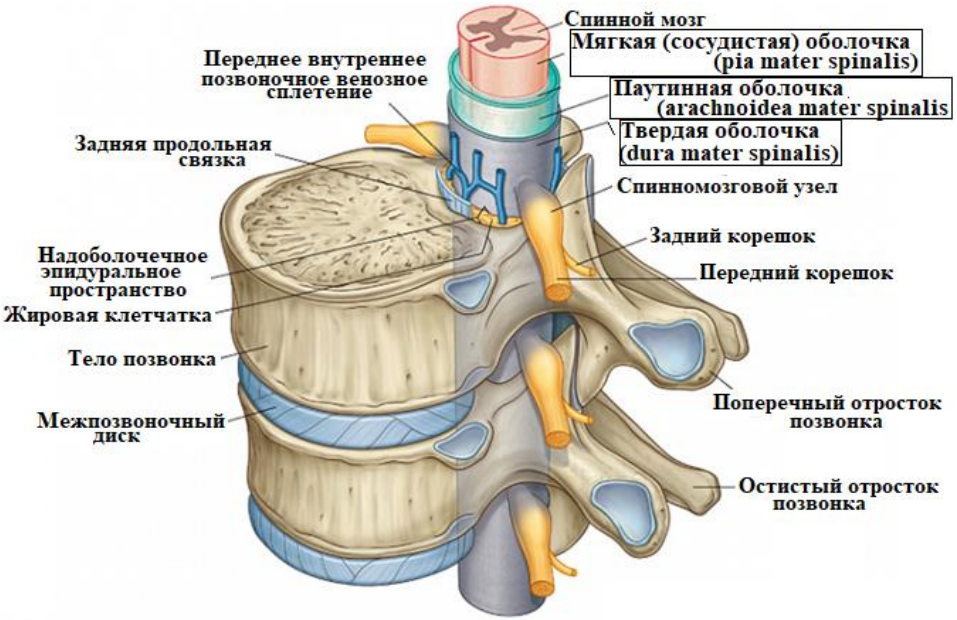


Рис. 15.4. Оболочки спинного мозга

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (продолжение)

Паутинная оболочка головного мозга располагается кнутри от твердой мозговой и отделена от нее субдуральным пространством.

Мягкая (сосудистая) оболочка — это самая внутренняя из оболочек головного мозга. Она состоит из соединительной ткани, образующей два слоя (внутренний и наружный), между которыми залегают кровеносные сосуды. Оболочка сращена с наружной поверхность мозга и глубоко проникает во все его щели и борозды. Кровеносные сосуды, покидая сосудистую оболочку, направляются в ткань мозга, обеспечивая его питание. В определенных местах сосудистая оболочка проникает в полости желудочков мозга и образует сосудистые сплетения, продуцирующие спинномозговую жидкость.

Функции оболочек:

1. Служат для защиты нервной ткани от механических повреждений.
2. Являются барьером, препятствующим проникновению микробов и различных веществ в мозг.
3. Содержит кровеносные сосуды, участвующие в секреции спинномозговой жидкости.

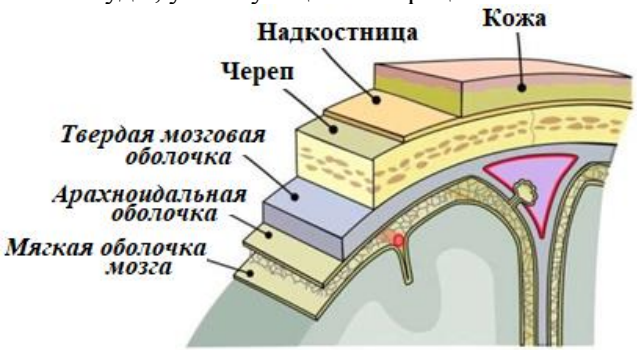


Рис. 15.5. Оболочки головного мозга

ЖЕЛУДОЧКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА И СПИННОМОЗГОВАЯ ЖИДКОСТЬ

Желудочки головного мозга представляют собой полости, заполненные спинномозговой жидкостью. Желудочковую систему головного мозга образуют два боковых, III и IV желудочки (рис. 15.6). Боковые желудочки располагаются в полушариях мозга ниже мозолистого тела, симметрично по сторонам от срединной линии. В каждом боковом желудочке различают тело (центральную часть), передний (лобный), задний (затылочный) и нижний (височный) рога. Левый боковой желудочек считается первым, правый — вторым. Боковые желудочки через межжелудочковые отверстия (Монро) соединяются с III желудочком, который посредством водопровода среднего мозга (Сильвиев водопровод) сообщается с IV желудочком.

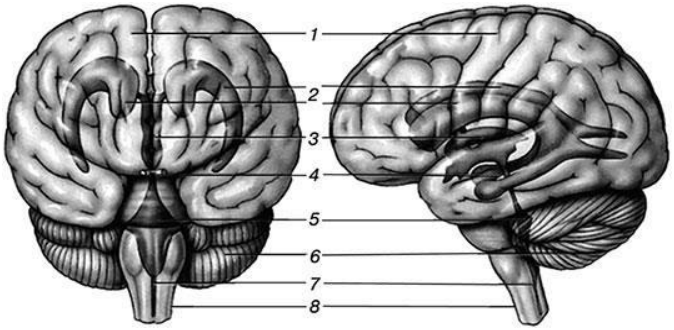
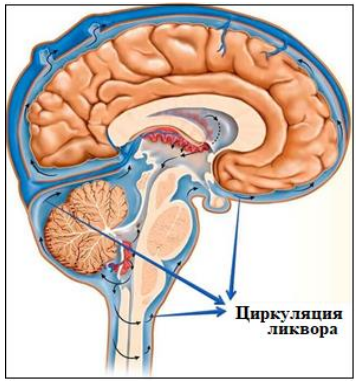


Рис. 15.6. Желудочки мозга (схема):
1 — левое полушарие головного мозга; 2 — боковые желудочки; 3 — III желудочек; 4 — водопровод среднего мозга; 5 — IV желудочек; 6 — мозжечок; 7 — вход в центральный канал спинного мозга; 8 — спинной мозг, III желудочек мозга находится между правым и левым таламусом и имеет кольцевидную форму. В стенках желудочка находится центральное серое мозговое вещество (substantia grisea centralis), в котором располагаются подкорковые вегетативные центры. IV желудочек помещается между мозжечком и продолговатым мозгом. По форме напоминает палатку, в которой различают дно и крышу. Дно, или основание, желудочка имеет форму ромба

Дополнительные материалы (продолжение)

Спинномозговая (цереброспинальная) жидкость, или ликвор, — жидкость, циркулирующая в желудочковой системе головного мозга и субарахноидальных пространствах спинного и головного мозга. Ликвор существенно отличается от других жидкостей организма и наиболее близок к эндо- и перилимфе внутреннего уха. Состав спинномозговой жидкости не дает оснований считать ее секретом, так как она содержит только те вещества, которые имеются в крови. Основной объем ликвора (50–70 %) образуется за счет продукции клетками в желудочках головного мозга. Другим механизмом образования ликвора является пропотевание плазмы крови через стенки кровеносных сосудов и эпендиму желудочков. Кровь в капиллярах сплетений отделена от спинномозговой жидкости желудочков барьером, состоящим из эндотелия капилляров, базальной мембраны и эпителия сосудистых сплетений. Барьер проницаем для воды, кислорода, диоксида углерода, частично — для электролитов и непроницаем для клеточных элементов крови. Непрерывное образование и отток спинномозговой жидкости сопряжены с ее постоянным поступлением из желудочков мозга в субарахноидальное пространство головного и спинного мозга. Циркуляция ликвора происходит от места образования к местам его всасывания. Движение ликвора является пассивным и стимулируется пульсацией крупных сосудов мозга, дыхательными и мышечными движениями. Из боковых желудочков спинномозговая жидкость поступает через межжелудочковые отверстия в III желудочек, который посредством водопровода среднего мозга сообщается с IV желудочком. Из последнего через срединную и латеральные апертуры спинномозговая жидкость проходит в заднюю цистерну, откуда распространяется по цистернам основания и выпуклой поверхности головного мозга, а также субарахноидальному пространству спинного мозга.



В желудочковую систему ликвор проходит в течение нескольких минут, после чего медленно, в течение 6–8 ч поступает из цистерн в субарахноидальное пространство. В субарахноидальном пространстве головного мозга ликвор продвигается вверх от базальных отделов, спинного мозга, движется как в восходящем, так и в нисходящем направлении. Отток спинномозговой жидкости осуществляется в венозную систему посредством грануляций паутинной оболочки, в лимфатическую систему — через периневральные пространства черепных и спинномозговых нервов. Реабсорбция спинномозговой жидкости из субарахноидального пространства происходит пассивно по градиенту концентрации. Общий объем спинномозговой жидкости в желудочках и субарахноидальном пространстве взрослого человека составляет 120–150 мл: в желудочках мозга — около 50 мл, в субарахноидальном пространстве и цистернах мозга — 30 мл, всубарахноидальном пространстве спинного мозга — 50–70 мл. С возрастом общий объем ликвора несколько увеличивается. Суточный объем секреции жидкости составляет 400–600 мл. Скорость продукции ликвора составляет около 0,4 мл/мин, следовательно, в течение суток спинномозговая жидкость обновляется несколько раз. Величина продукции ликвора связана с его резорбцией, давлением ликвора, влиянием симпатической нервной системы. В нормальных физиологических условиях скорость продукции ликвора прямо пропорциональна скорости резорбции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (продолжение)

Спинномозговая жидкость, играя роль жидкого буфера, предохраняет головной и спинной мозг от механических воздействий, обеспечивает поддержание постоянного и водно-электролитного гомеостаза. Поддерживает трофические и обменные процессы между кровью и мозгом, выделение продуктов его метаболизма. Обладает бактерицидными свойствами, накапливая антитела. Принимает участие в механизмах регуляции кровообращения в замкнутом пространстве полости черепа и позвоночного канала. Значение спинномозговой жидкости для клинической неврологии обусловлено и огромной диагностической важностью ее изучения при различных патологических состояниях.

Основными компонентами ликвора являются: белок, глюкоза, катионы: ионы натрия, калия, кальция и магния, анионы: ионы хлора, цитоз (наличие клеток в ликворе).

Внутричерепные объемные взаимоотношения и их нарушения. Одной из наиболее важных особенностей головного мозга, отличающих его от других органов, является то, что он заключен в неизменяющийся объем полости черепа. Основную часть содержимого черепа составляет ткань мозга — 80 %; примерно 10 % (100–150 мл) — цереброспинальная жидкость, приблизительно такой же объем занимает кровь. Благодаря сложным механизмам, определяющим взаимоотношения объемных компонентов, внутричерепное давление отличается определенной стабильностью. В норме оно равняется 150–180 мл вод. ст.

СПИННОМОЗГОВАЯ ПУНКЦИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ

Исследование церебрально-спинного пунктата — это метод, который применяют для выявления и диагностики различных расстройств мозговых структур и оболочек, центральной нервной системы.

К таким патологиям относится:

– менингит, туберкулезный менингит;
– воспалительные процессы в оболочке;
– опухолевые образования;
– энцефалит;
– сифилис.

Проведение процедуры анализа и исследования СМ жидкости требует забора пробы в качестве пунктата из поясничного отдела спинного мозга. Забор производится через маленький точечный прокол в требуемой области позвоночника.

Прозрачность. Ликвор здорового человека абсолютно прозрачен, как чистая вода, поэтому при макроскопическом анализе ее сравнивают с эталоном — дистиллированной высокоочищенной водой в хорошем освещении. Если взятая проба недостаточно прозрачна или присутствует сильное, явное помутнение, то есть причина искать болезнь. После обнаружения несоответствия эталону пробирка направляется в центрифугу — процедура позволит определить природу помутнения:

Если после центрифугирования образец все еще мутный, то это указывает на бактериальное загрязнение.

Если осадок опустился на дно колбы, то помутнение дали форменные элементы крови или другие клетки.

Цвет. Ликвор, производимый здоровым организмом, должен быть абсолютно бесцветным. Изменение показывает наличие в нем каких-либо соединений, которые в норме не должны там находиться — многие патологические состояния организма провоцирует ксантохромию СМЖ, то есть ее окрашивание в оттенки красного и оранжевого.

Цитология. **Состояние цереброспинальной жидкости здорового человека допускает незначительное содержание клеток, однако в пределах установленных значений. Лейкоциты в одном мм^3: до 6 ед. (у взрослых); до 8–10 ед. (у детей); до 20 ед. (у младенцев и малышей до 10 месяца).**

ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Занятие 16

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Понятие о системной регуляции вегетативных функций.
2. Морфофизиологическая характеристика автономной (вегетативной) нервной системы (АНС). Общий обзор строения АНС.
3. Вегетативные рефлексы. Строение дуги вегетативного рефлекса (с участием спинного мозга, головного мозга, ганглиев). Особенности афферентного, центрального и эфферентного звеньев вегетативного рефлекса.
4. Топография вегетативных центров. Представление о высших вегетативных центрах. Понятие о висцеральном мозге.
5. Периферический отдел автономной нервной системы. Микроструктура ганглиев, пре- и постганглионарных волокон. Механизм передачи возбуждения в ганглиях.
6. Механизм передачи возбуждения с постганглионарных волокон на рабочие органы. Разнообразие нейромедиаторов и рецепторов эффекторных клеток. Локализация α- и β-адренорецепторов, холинэргических, серотонинэргических, пуринэргических рецепторов.
7. Строение и физиологические особенности парасимпатической части АНС. Физиологические эффекты, вызываемые возбуждением Н- и М-холинорецепторов.
8. Строение и физиологические особенности симпатической части АНС. Физиологические эффекты, вызываемые возбуждением α- и β-адренорецепторов.
9. Взаимодействие симпатических и парасимпатических периферических влияний.
10. Строение и физиологические особенности метасимпатической части АНС. Вегетативные сплетения грудной и брюшной полостей.
11. Понятие о способах регулирования функциональной активности органов и тканей, иннервируемых АНС.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 192–203.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 215–228.
4. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 604 с. – С. 209–246.
5. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : МИА, 2021. – 376 с. – С. 129–146.
6. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 243–247.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:

1. От чего зависит характер реакции различных эффекторных клеток на действие одного и того же нейромедиатора?
2. Опишите особенности иннервации мозгового вещества надпочечников.
3. Опишите особенности иннервации нейронами АНС потовых желез.
4. Каким образом симпатический отдел АНС регулирует тонус сосудов.
5. Какое действие оказывает симпатические нервы на: диаметр зрачка; работу сердца; тонус бронхов; секрецию желудочного сока; тонус сфинктеров и торику ЖКТ; сосуды кожи; сосуды скелетных мышц; жировую ткань; потовые железы; активность ЦНС?
6. Какие изменения функций организма вызывает антагонист мускариновых рецепторов атропин?

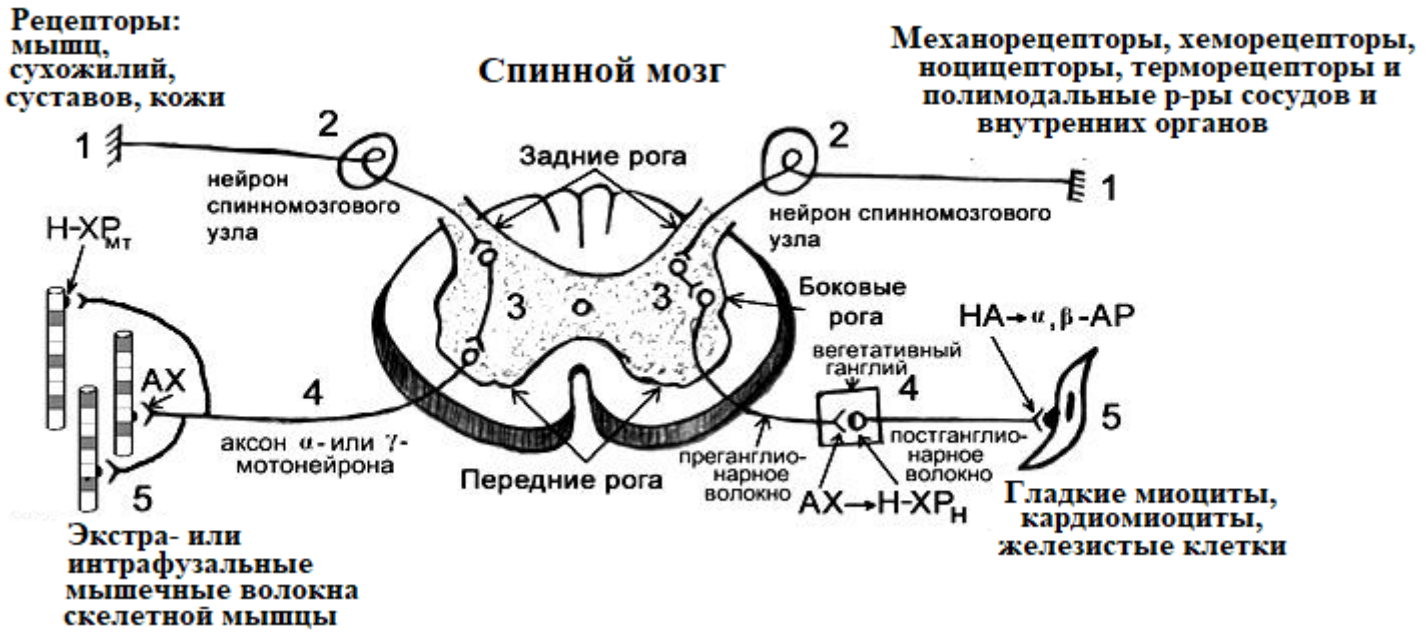
Автономная нервная система (АНС) — это ***часть нервной системы, которая обеспечивает иннервацию внутренних органов и регуляцию их функций, а также регуляцию гомеостаза и вегетативного обеспечения различных форм психической и физической деятельности человека***	Норадреналин ***усиливает*** работу сердца, ***расширяет*** бронхи, ***угнетает*** перистальтику, ***повышает*** обмен веществ и температуру тела
Вегетативные рефлексы — это ***рефлексы, участвующие в регуляции функций внутренних органов, кровообращения, обмена веществ и секреции желез***	Краниосакральный (холинергичсекий) отдел АНС — это ***парасимпатический*** отдел АНС, его преганглионарные нейроны расположены в вегетативных ядрах ***III, VII, IX и X*** пар черепных нервов и в крестцовых сегментах спинного мозга на уровне от второго ***(S_2)*** до четвертого ***(S_4)***
Периферический отдел АНС (1 уровень) — *это* ***нейроны вегетативных ганглиев и периферических нервных сплетений, а также волокнами, идущими в составе вегетативных нервов и их веточек***	
Преганглионарные нейроны АНС (II уровень) — это ***нейроны низших вегетативных центров ЦНС в среднем мозге (3 пара ЧН), мосту (7 пара ЧН), продолговатом (9 и 10 пары ЧН) и в спинном мозге (в боковых рогах сегментов C8, Th1–Th12, L1, 2 (3, 4), S2–4)***	Ацетилхолин — это основной медиатор ***парасимпатического*** отдела АНС. Он действует на клетки рабочих органов через ***мускариновые холинорецепторы ($M_{1,2,3}$-ХР)***
Премоторные нейроны АНС (III уровень) — это ***нейроны высших вегетативных центров ЦНС в гипоталамусе, ретикулярной формации ствола мозга, в мозжечке, миндалине, полосатом теле и коре большого мозга***	Ацетилхолин ***угнетает*** работу сердца, ***суживает*** бронхи, ***усиливает*** перистальтику и секрецию соков ЖКТ, ***суживает*** зрачок
Назовите три отдела АНС: 1) ***симпатический отдел***; 2) ***парасимпатический отдел***; 3) ***метасимпатический отдел***	Центры метасимпатического (интраорганного) отдела АНС расположены ***в микроганглионарных образованиях, формирующих нервные сплетения и расположенных в стенках внутренних органов*** за пределами ЦНС. ***Они выявляются в желудке, кишечнике, мочевом пузыре, сердце, бронхах***
Нейромедиатор преганглионарных нейронов АНС — это ***ацетилхолин***. Он возбуждает нейроны ганглиев через ***никотиновые холинорецепторы (Н-ХР)*** рецепторы ***нейронального*** подтипа	В вегетативных ганглиях имеется 4 типа нейронов: 1) ***эфферентные (двигательные)***; 2) ***афферентные (сенсорные, чувствительные)***; 3) ***вставочные (ассоциативные)***; 4) ***клетки-осцилляторы, обладающие автоматией (способностью к самовозбуждению)***
Тораколюмбальный (адренергический) отдел АНС — это ***симпатический*** отдел АНС, его преганглионарные нейроны расположены в ***боковых*** рогах спинного мозга на уровне сегментов от ***восьмого шейного (C_8), включает все грудные сегменты (Th_1–Th_{12})*** до ***2-го, реже 3-го или 4-го сегментов (L_1, L_2 /L_3, L_4/)*** поясничного отдела	Взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов АНС на ганглиозном уровне и уровне клеток-мишеней носит обычно ***антагонистический*** характер, на центральном уровне — ***сложный, кооперативный, взаимосодействующий и взаимоконтролирующий*** характер
Норадреналин — это основной медиатор ***симпатического*** отдела АНС. Он действует через ***α- ($α_{1,2}$) и β- ($β_{1,2,3}$)*** адренорецепторы	

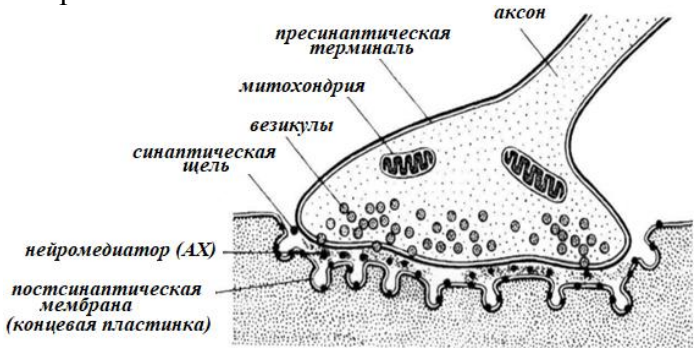
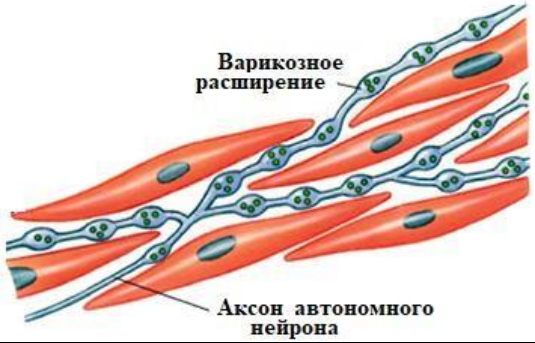
СХЕМА СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ АВТОНОМНОЙ (СИМПАТИЧЕСКОЙ) И СОМАТИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ **Работа 16.2**

Ход работы. Работа выполняется студентом **самостоятельно** при подготовке к занятию и проверяется во время занятия.	**Указания к оформлению протокола:** 1. Сделайте соответствующие рисунки и укажите на них цифрами звенья рефлекторных дуг. 2. В текст после рисунка внесите необходимые дополнения.

ПРОТОКОЛ

Схема соматического рефлекса **Схема автономного (симпатического) рефлекса**



Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса	**Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса**
1. Рецепторное звено представлено следующими рецепторами скелетных мышц: 1.1. ***экстерорецепторами***; 1.2. ***проприорецепторами***	1. Рецепторное звено представлено, главным образом, ***болевыми*** рецепторами.
2. Афферентное звено представлено ***сенсорными нейронами***, которые находятся в ***спинномозговых ганглиях***	2. Афферентное звено представлено ***сенсорными нейронами***, которые находятся в ***спинномозговых ганглиях***
3. Вставочное звено: ***вставочный нейрон в задних рогах спинного мозга***	3. Вставочное звено: ***вставочный нейрон в задних рогах спинного мозга***
4. Эфферентное звено представлено **α** или **γ** мотонейронами, которые находятся в ***передних рогах серого вещества спинного мозга***	4. Эфферентное звено представлено 2 нейронами, которые находятся в ***боковых рогах спинного мозга*** и в ***автономных ганглиях*** соответственно
5. Рабочие органы. Ими являются ***интрафузальные*** и ***экстрафузальные*** мышечные волокна скелетных мышц	5. Рабочие органы. Ими являются ***гладкие*** мышечные и ***мио***эпителиальные клетки; кардиомиоциты; железистые клетки и др.
6. Скорость передачи сигнала (потенциала действия (ПД)) составляет от ***15 (70)*** м/с до ***40*** (***120***)м/с в эфферентных волокнах, так как они имеют ***миелиновую*** оболочку и относятся к типу ***Aα и Aγ***	6. Скорость передачи сигнала (ПД) составляет от ***0,5*** м/с до ***3*** м/с в эфферентных постганглионарных волокнах, ибо они не имеют ***миелиновой*** оболочки и относятся к типу ***C***
7. Нейромедиатором в нервно-мышечном синапсе является ***ацетилхолин***, который действует на ***никотиновый*** тип ***холино***рецепторов ***мышечный подтип***	7. Главным нейромедиатором в нейроэффекторном образовании является ***норадреналин***, который действует на ***α*** и ***β*** типы ***адрено***рецепторов
8. Рисунок нервно-мышечного синапса: 	8. Рисунок нейроэффекторного образования: 

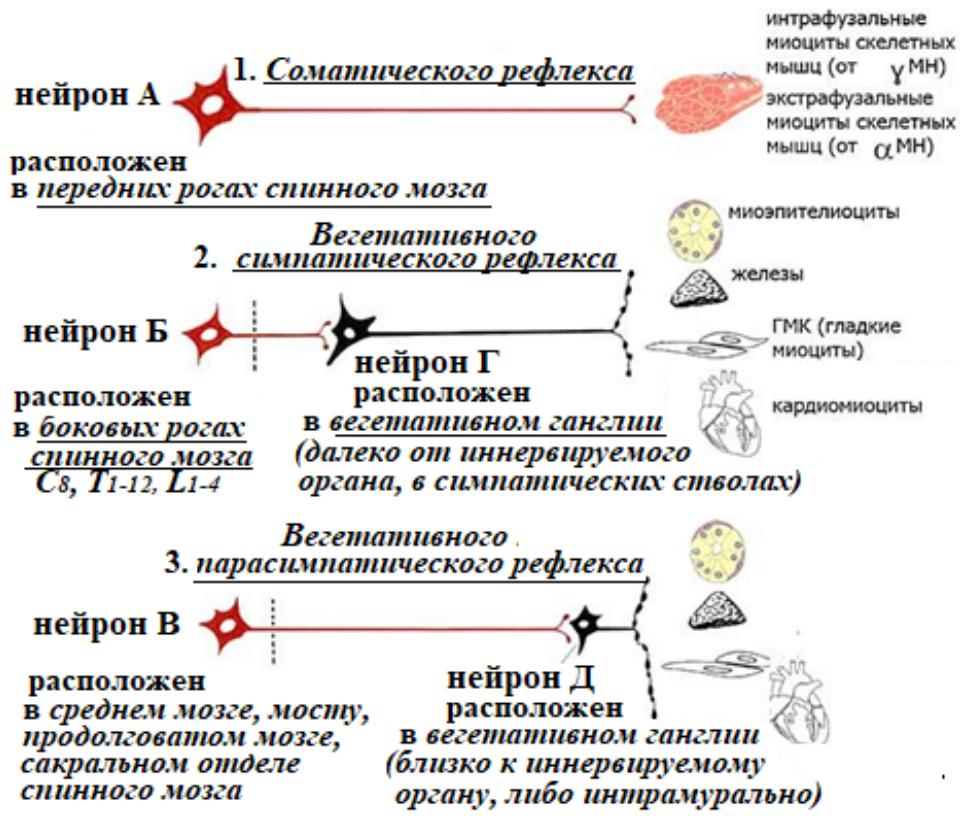


Рис. 16.1. Эфферентные части соматических и автономных рефлексов

1. Указано название рефлексов (под цифрами 1, 2, 3), к которым относится эфферентная часть, показанная на рис. 16.1.
2. Указано место расположения нейронов А, Б, В и нейронов Г, Д.

Таблица 16.1

Сравнение эфферентных частей соматического и вегетативного рефлексов и их органов-мишеней

Показатель	Соматический рефлекс	Автономный рефлекс
Эфферентный нейрон находится	***Передние рога спинного мозга, двигательные ядра черепных нервов***	***Боковые рога СМ (преганглионаный нейрон); вегетативный ганглий (ганглионарный нейрон)***
Орган-мишень (мышцы)	***Скелетные мышцы***	***ГМК, сердце, железы***
Число нейронов в эфферентном пути	***1***	***2***
Нейромедиатор в нейроэффекторном синапсе (соединении)	***Ацетилхолин***	***Норадреналин, ацетилхолин***
Рецепторы к данному нейромедиатору в клетке-мишени	***Никотин-чувствительные холинорецепторы мышечного типа***	***Адренорецепторы (α-АР и β-АР), мускаринчувствительные холинорецепторы***
Ответ клетки-мишени (ПКП, возбуждение, ТПСП, ВПСП, торможение)	***ПКП, возбуждение***	***ВПСП, возбуждение, ТПСП, торможение***

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРОВ, РЕГУЛИРУЮЩИХ РАБОТУ СЕРДЦА **Работа 16.4**

(ортостатический рефлекс, клиностатический рефлекс, дыхательно-сердечный рефлекс Геринга)

Ортостатический рефлекс

Позволяет определить функциональное состояние симпатических и парасимпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения лежа в положение стоя частота сердечных сокращений **увеличивается**, что проявляется в норме учащением пульса на 6–24 уд/мин. Учащение пульса более чем на 24 уд/мин свидетельствует о преобладании тонуса симпатического отдела АНС, менее чем на 6 уд/мин — парасимпатического отдела АНС. **Материалы и оборудование:** кушетка, секундомер. **Ход работы.** У испытуемого в положении лежа определяют пульс (до начала подсчета пульса человек спокойно лежит 4–6 мин). Затем его просят встать без задержек. Немедленно повторно считают пульс в течение 15 с, умножают на 4.	**Указания к оформлению протокола:** 1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении лежа и в положении стоя. Подсчитайте разность пульса. 2. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца. **ПРОТОКОЛ** **Частота пульса в положении лежа** ***60*** **уд/мин.** **Частота пульса в положении стоя** ***60*** **уд/мин.** **Разность пульса [ЧП стоя – ЧП лежа]** ***0*** **уд/мин.** **Вывод:** ***повышен тонус парасимпатических нервных центров***

Клиностатический рефлекс

Позволяет определить функциональное состояние парасимпатических и симпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений **уменьшается**, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин. Замедление пульса более чем на 6 уд/мин указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца. Отсутствие реакции или парадоксальный ее характер — ускорение пульса — указывает на преобладание тонуса симпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца. **Материалы и оборудование:** кушетка, секундомер. **Ход работы.** У испытуемого в положении стоя определяют пульс. После этого ему предлагают лечь. Через 10–25 с еще раз подсчитывают пульс.	**Указания к оформлению протокола**: 1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении стоя и в положении лежа. Подсчитайте разность пульса. 2. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого. **ПРОТОКОЛ** **Частота пульса в положении стоя** ***72*** **уд/мин.** **Частота пульса в положении лежа** ***60*** **уд/мин.** **Разность пульса [ЧП лежа – ЧП стоя]** ***12*** **уд/мин.** **Вывод*****: повышен тонус парасимпатических нервных центров***

Дыхательно-сердечный рефлекс Геринга

Позволяет определить функциональное состояние (тонус) парасимпатического центра, регулирующего работу сердца. При задержке дыхания после глубокого вдоха повышается тонус ядер *n. vagi* и частота сердечных сокращений **уменьшается** в норме на 4–7 уд/мин. Замедление пульса на 8–10 уд/мин и более указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, менее 4 уд/мин — на понижение. **Материалы и оборудование:** секундомер. **Ход работы.** У испытуемого, находящегося в положении сидя, определяют пульс, затем просят его сделать глубокий вдох и задержать дыхание. В это время еще раз подсчитывают пульс.	**Указания к оформлению протокола**: 1. Запишите частоту пульса (ЧП) до начала задержки дыхания и во время задержки дыхания на вдохе. Подсчитайте разность пульса. 2. Сделайте заключение о тонусе парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца, у испытуемого. **ПРОТОКОЛ** **Частота пульса до задержки дыхания (ЗД)** ***76*** **уд/мин.** **Частота пульса (ЧП) во время ЗД на вдохе** ***64*** **уд/мин.** **Разность пульса (ЧП на вдохе – ЧП до ЗД)** ***12*** **уд/мин.** **Вывод:** ***повышен тонус нейронов вагуса***

Проявление повышения активности симпатического отдела АНС

Механизм действия норадреналина:

$$НА + a_1\text{-}АР \rightarrow Gq \rightarrow ФЛС \rightarrow$$
$$\rightarrow ДАГ + \underline{ИТФ} \rightarrow \uparrow Ca^{2+} \rightarrow$$

см. доп. материал

Механизм действия ацетилхолина:

$$АХ + M_{1,3}\text{-}ХР \rightarrow Gq \rightarrow ФЛС \rightarrow$$
$$\rightarrow ДАГ + \underline{ИТФ} \rightarrow \uparrow Ca^{2+} \rightarrow$$

см. доп. материал

Проявление повышения активности парасимпатического отдела АНС

АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ СИМПАТИЧЕСКОГО И ПАРАСИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ АНС НА РАБОТУ СЕРДЦА (демонстрационная компьютерная работа) **Работа 16.6**

Ход работы. Используется программа «**01 Physiol2**», позволяющая выполнять виртуальные эксперименты на крысах. Подробное описание работы с программой дано в работе 1.6. Далее моделируйте проведение эксперимента, по ходу которого студенты должны делать соответствующие записи.

Указания к оформлению протокола:

1. Изучите состояние показателей работы сердца в исходном состоянии, при стимуляции симпатических и парасимпатических нервов, иннервирующих сердце, в том числе на фоне применения разных видов адрено- и холиноблокаторов, а также при введении норадреналина и ацетилхолина, указав во всех случаях частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 1 мин и артериальное давление (АД) крови: систолическое ($АД_с$), диастолическое ($АД_д$) и среднее гемодинамическое ($АД_{сгд}$) — в мм рт. ст.

2. Сделайте заключение о характере влияния на силу и частоту сокращения сердца со стороны симпатического и парасимпатического отделов АНС, а также о нейромедиаторных механизмах реализации этих влияний.

ПРОТОКОЛ

Воздействия на сердце	**ЧСС**	**$АД_с$**	**$АД_д$**	**$АД_{сгд}$**
Исходные показатели	161	98	53	66
Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	210	130	95	106
Введение noradrenaline, 5μg/kg	212	130	115	133
Phentolamine(α-адреноблокатор), 100 mg/kg	161	98	53	66
Phentolamine(α-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	210	114	98	106
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg	161	98	53	66
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1	170	99	65	75
Стимуляция Vagus Nerve to heart	112	42	30	40
Введение acetylcholine, 5μg/kg	115	31	19	28
Atropine (М-холиноблокатор), 10.0 mg/kg	161	98	53	66
Atropine (М-холиноблокатор), 10.0 mg/kg + стимуляция Vagus Nerve to heart	161	98	53	66

Вывод. Стимуляция симпатического нерва к сердцу и введение норадреналина ↑ (↑ или ↓), частоту и силу сердечных сокращений. Нейромедиатором симпатических нервов в сердце является ***норадреналин*** (ацетилхолин или норадреналин). Действие норадреналина реализуется в сердце через активацию $\boldsymbol{\beta_1}$ типа адренорецепторов. Стимуляция парасимпатического нерва (*n. vagi*) к сердцу и введение ацетилхолина ↓ (↑ или ↓) частоту и силу сокращения. Нейромедиатор *n. vagi* в сердце — ***ацетилхолин*** (ацетилхолин или норадреналин). Действие ацетилхолина на сердце реализуется через активацию $\boldsymbol{M_2}$ типа холинорецепторов.

Дополнительные материалы

ВЛИЯНИЕ НЕЙРОМЕДИАТОРОВ НА КЛЕТКИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ

Характер влияния нейромедиаторов на клетки иннервируемых АНС органов зависит не только от природы медиатора. Он определяется, прежде всего, природой молекулярных рецепторов эффекторной клетки (табл. 16.2) и внутриклеточными путями передачи информации.

Реализация влияния АНС на эффекторные органы осуществляется с помощью высвобождения из постганглионарных волокон нейромедиаторов и стимуляции ими специфических клеточных рецепторов цитоплазматической мембраны эффекторных клеток. Обращает на себя внимание, что как адренорецепторы СНС, так и холинорецепторы ПСНС относятся к семействам 7-ТМС рецепторов, ассоциированных с G-белками. Таким образом, характер влияния АНС на эффекторную клетку определяется теми внутриклеточными путями передачи нейромедиаторного сигнала, который будет инициирован G-белком и вторичными посредниками.

Таблица 16.2

Типы и подтипы рецепторов	Расположение	Пострецепторный механизм
Н-ХРМТ — никотиновый ХР мышечного типа	На концевой пластинке мышечных волокон скелетных мышц	Открытие Na^+-, K^+-каналов и деполяризация концевой пластинки → ПД на электровозбудимой мембране → сокращение мышечного волокна
Н-ХРН — никотиновый ХР нейронального типа	Нейроны вегетативных ганглиев, ЦНС, мозгового вещества надпочечников	Открытие Na^+-, K^+-каналов и деполяризация постсинаптической мембраны; активация постсинаптического нейрона в результате суммации ВПСП на аксонном холмике с формированием ПД
M_1-ХР — мускариновый ХР (М-ХР), подтип 1	Нейроны и их отростки, экзокринные клетки желудка	Фосфолипазный путь (ФЛС) внутриклеточной передачи сигнала; усиление секреции желез желудка
M_2-ХР — М-ХР, подтип 2, сердечный	Кардиомиоциты, нейроны и их отростки, гладкие миоциты сфинктеров и др.	G-белок зависимое угнетение АЦ и ↑ проницаемости K^+-каналов, гиперполяризация; ↓ ЧСС, усиление моторики и расслабление сфинктеров ЖКТ, ↑ секреции слюны
M_3-ХР — М-ХР, подтип 3, железистый	Железистые клетки, гладкие миоциты, эндотелиоциты	Фосфолипазный путь (ФЛС) внутриклеточной передачи сигнала, ↑ секреции желез, сокращение гладких миоцитов выводных протоков
α_1-адренорецептор, α_1-АР, 7-ТМС рецептор, ассоциированный с G-белком	Гладкие миоциты сосудов, сфинктеров, дилататора зрачка, железистые клетки	Фосфолипазный путь (ФЛС) внутриклеточной передачи сигнала; сужение сосудов, расширение зрачка; снижение моторики, сокращение сфинктеров, угнетение секреции желез ЖКТ
α_2-адренорецептор, α_2-АР, 7-ТМС рецептор, ассоциированный с G-белком	Мембрана аксонной терминали преганглионарных нейронов вегетативных ганглиев и ЦНС, тромбоциты, жировые клетки	Регуляция обратного захвата нейромедиаторов, агрегация тромбоцитов
β-адренорецептор, β-АР, (подтипы β_1-АР, β_2-АР, β_3-АР), 7-ТМС рецептор, ассоциированный с G-белком	β_1-АР — пейсмекерные и сократительные кардиомиоциты; β_2-АР — гладкие миоциты полых органов, сосудов; гепатоциты; β_3-АР — адипоциты	Активация аденилатциклазного пути внутриклеточной передачи сигнала; повышение частоты и силы сокращений сердца; угнетение моторики ЖКТ; расширение сосудов, бронхов, активация гликогенолиза и липолиза

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (продолжение)

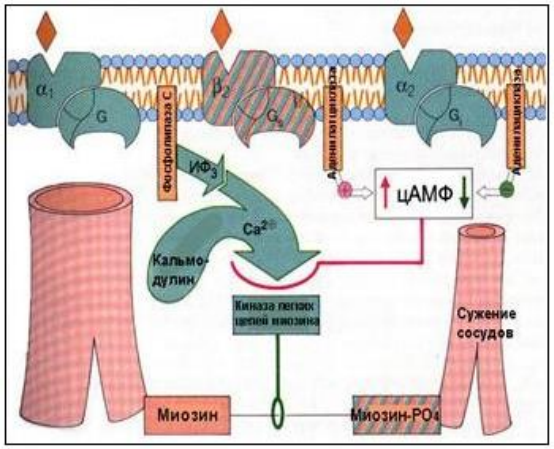


Рис. 16.2. Действие катехоламинов на гладкие мышцы сосудов

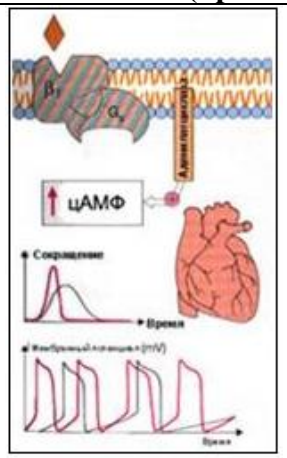


Рис. 16.3. Сердечные эффекты катехоламинов

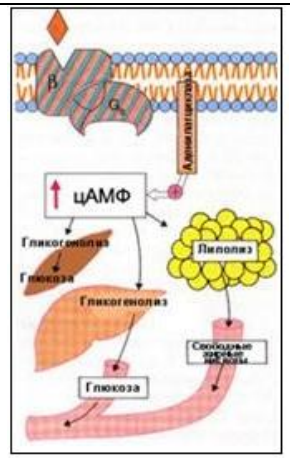


Рис. 16.4. Метаболическое действие катехоламинов

НА + a_1-АР (ГМК сосудов) → Gq белок → **фосфолипаза С** (ФЛС) → **ДАГ + <u>ИТФ</u>** → ↑[Ca^{2+}] → 4Ca^{2+}-кальмодулин → активация киназы легких цепей миозина (КЛЦМ) + взаимодействие с кальдесмоном → фосфорилирование легких цепей миозина + открытие активных центров актина → взаимодействие актина с миозином → **сокращение ГМК → вазоконстрикция.**

НА + a_2-АР (пресинаптическая мембрана) → Gi белок → ↓ **активности аденилатциклазы** (АЦ) → ↓ **ц-АМФ** → ↑ проницаемости для K^+ → гиперпо- ляризация пресинаптической мембраны → торможение экзоцитоза медиатора.

НА + β_1-АР (кардиомиоциты) → Gs белок → ↑ **аденилатциклаза** (АЦ) → ↑ **цАМФ** → ПК А → фосфорилирование Ca^{2+}-каналов → … → ↑ ЧСС, силы сокращения.

А + β_2-АР (ГМК сосудов) → Gs белок → **аденилатциклаза** (АЦ) → **цАМФ** → ПК А → фосфорилирование фосфоламбана* → прекращение ингибиро- вания Ca^{2+}-АТФ-азы ретикулума (Ca^{2+} насоса ЭПР) → повышение активности Ca^{2+} насоса ЭПР → ↓ [Ca^{2+}] в ГМК → … → **расслабление ГМК → вазодилатация.**

*****Фосфоламбан ингибирует Ca^{2+}-АТФ-азу эндоплазматического ретикулума; скорость откачивания кальция снижается → концентрация кальция растет. Фосфорилирование фосфоламбана снижает его активность.

А + β_2-АР (гепатоциты) → Gs белок → ↑ **аденилатциклаза** (АЦ) → ↑ **цАМФ** → ПК А → фосфорилирование гликогенфосфорилазы → распад гликогена до глю-1-фосфата → глю-6-фосфат → свободная глюкоза → **выход глюкозы в кровь.** В скелетных мышцах тоже осуществляется гликогенолиз, но глюкоза не выходит в кровоток, а используется самими скелетными мышцами. Переноситься через плазмолемму (с помощью специальных переносчиков) глюкоза может только в свободном состоянии, а в мышцах нет фермента, дефосфорилирующего глю-6-фосфат. Следовательно, гликоген мышц (в отличие от гликогена печени) не может служить источником глюкозы для других тканей.

А (НА) + β_3-АР (адипоциты) → Gs белок → ↑ **аденилатциклаза** (АЦ) → ↑ **цАМФ** → ПК А → фосфорилирование триглицеридлипазы → распад нейтральных жиров до свободных жирных кислот и глицерина → ↑ **жирных кислот в крови,** где они связываются с альбумином и переносятся к работающим мышцам.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (продолжение)

АХ + $M_{1(3)}$-ХР → Gq белок → **фосфолипаза С** (ФЛС) → **ДАГ+<u>ИТФ</u>** → ↑[Ca^{2+}] → 4Ca^{2+}-кальмодулин → активация киназы легких цепей миозина (КЛЦМ) + взаимодействие с кальдесмоном → фосфорилирование легких цепей миозина + открытие активных центров актина → взаимодействие актина с миозином → **сокращение ГМК, ↑ перистальтики кишечника, диуреза, сужение зрачка, сужение бронхов.**

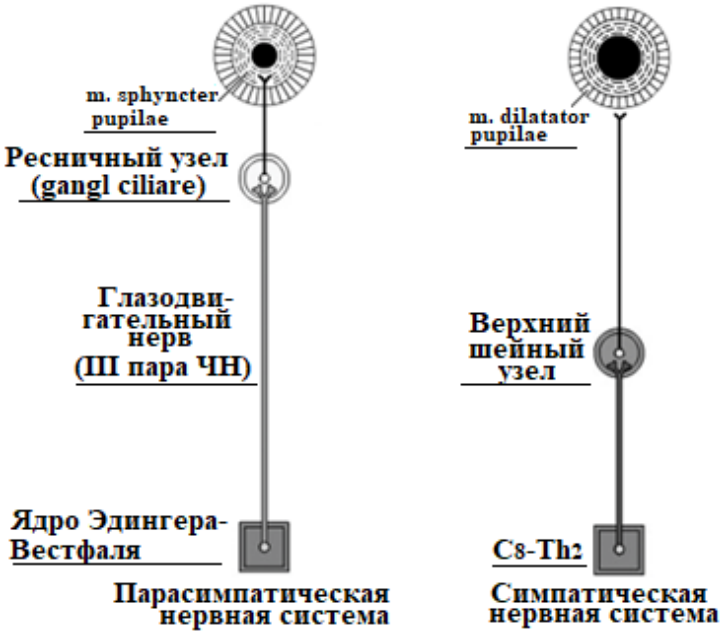
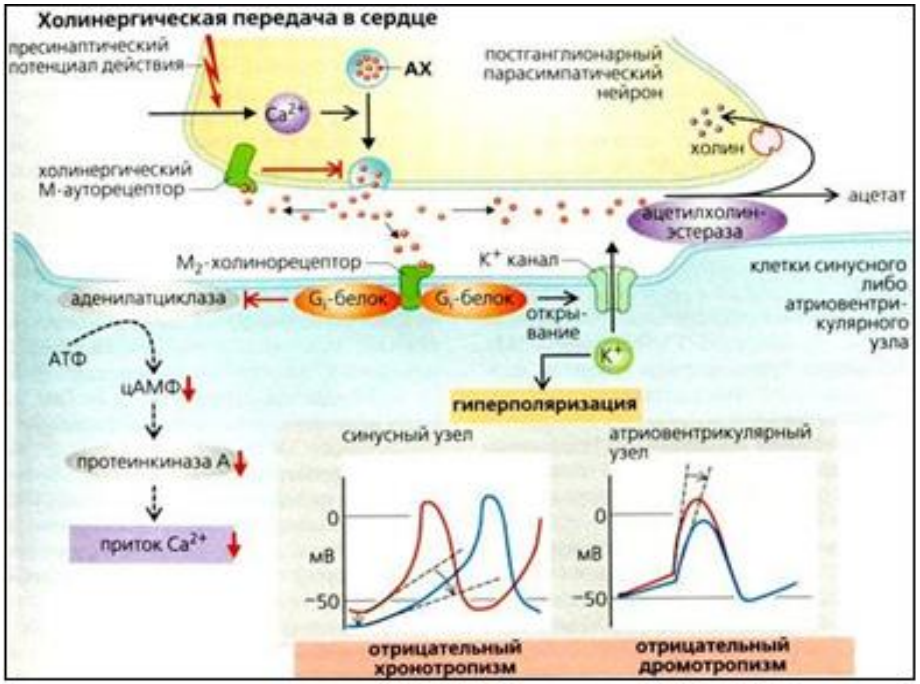


Рис. 16.5. Влияние различных отделов АНС на состояние зрачка



АХ + M_2-ХР (клетки синусового либо атриовентрикулярного узла) → Gi белок → ↓ **активности аденилатциклазы** (АЦ)

↑ проницаемости K^+-каналов
гиперполяризация
↓ ЧСС

↓ проницаемости Ca^{2+}-каналов
↓ силы сердечных сокращений и др. эффекты
(см. табл. 16.2)

ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ (НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНЫХ) ТКАНЕЙ. ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ»

Занятие 17

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Биопотециалы как носители информации в живом организме. Общие свойства возбудимых тканей. Раздражимость, возбудимость. Возбуждение и формы его проявления. Виды электрических сигналов, их физиологическое значение и сравнительная характеристика.
2. Параметры возбудимости, определяющие возникновение ответной реакции ткани (порог силы и времени, минимальный градиент). Кривая «сила-длительность». Хронаксия.
3. Законы реагирования возбудимых клеток на действие раздражителей. Примеры структур и потенциалов, реагирующих в соответствии с законом силы, законом «все или ничего». Понятие о парабиозе (Н. Е. Введенский).
4. Биоэлектрогенез: потенциал покоя, локальный ответ, потенциал действия. Мембранно-ионная теория их происхождения.
5. Изменение возбудимости мембраны в различные фазы одиночного цикла возбуждения. Рефрактерность.
6. Понятие о принципах лекарственной регуляции функционального состояния возбудимых клеток.
7. Рецепция: определение понятия. Биологическое значение. Рецептор: определение понятия, структура, виды. Морфологическая особенность сенсорных рецепторов, их функции.
8. Понятие о сенсорных рецепторах. Общие механизмы рецепции. Кодирование информации в рецепторах. Рецепторный и генераторный потенциал. Адаптация рецепторов.
9. Нервная ткань: её клетки и их свойства.
10. Общий план строения нервной системы: понятие о центральном и периферическом отделах, о соматическом и автономном отделах.
11. Теории организации нервной системы. Нейрон — структурно-функциональная единица нервной ткани: виды, классификации, строение. Многообразие функций нейрона.
12. Глиальные клетки: виды, структура, функции.
13. Понятие о гематоликворном и гематоэнцефалическом барьерах.
14. Нервные волокна: строение, виды, классификация, функции. Аксональный транспорт веществ. Понятие о регенерации нервов.
15. Механизм проведения возбуждения в миелиновых и безмиелиновых нервных волокнах. Законы проведения возбуждения в нервных волокнах. Представление о принципах фармакологической регуляции проведения возбуждения по нерву (проводниковая блокада)
16. Синапс. Классификация синапсов. Ультраструктура синапсов. Свойства синапсов.
17. Механизм синаптической передачи информации в электрическом синапсе.
18. Механизм передачи информации в химическом синапсе. Медиаторы: виды; механизмы экзоцитоза, действия на постсинаптическую мембрану, инактивации.
19. Механизмы развития ВПСП и ТПСП.
20. Понятие о фармакологической регуляции синаптической передачи.
21. Мышечные ткани: виды, строение, сравнительная характеристика.
22. Скелетные мышцы. Классификация мышц. Мышца как орган. Вспомогательный аппарат мышц.

23. Основные функциональные группы мышц тела человека: мышцы головы, шеи, спины, груди, живота (диафрагма), мышцы плечевого пояса и верхней конечности, мышцы тазового пояса и нижней конечности.
24. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы.
25. Виды и режимы сокращения скелетных мышц. Работа и утомление мышцы.
26. Гладкая мышечная ткань. Особенности строения и функции.
27. Понятие о миоэпителиальных клетках.
28. Особенности управления работой скелетных и гладких мышц, миоэпителиальных клеток.
29. Значение двигательной активности для сохранения здоровья.
30. Общий план строения ЦНС: топография, основные отделы, серое и белое вещество.
31. Мозговые оболочки и их функции.
32. Желудочки головного мозга, и их связи между собой и с полостью спинномозгового канала.
33. Роль ликвора в жизнедеятельности мозга: образование, циркуляция, отток, объем, состав, функции. Понятие о спинномозговой пункции и ее значении для диагностики.
34. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Рефлекс. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги. Обратная связь, её значение.
35. Физиологическое понятие нервного центра. Представление о структуре и функциях нервных центров и ядер. Свойства нервных центров, их тонус.
36. Координационная деятельность ЦНС и её принципы. Центральное торможение: виды, механизмы, значение.
37. Торможение в ЦНС, его виды и роль. Формы проявления торможения. Первичное и вторичное торможение, их разновидности и механизмы.
38. Понятие о медиаторных системах мозга.
39. Понятие о системной регуляции вегетативных функций.
40. Морфофизиологическая характеристика автономной (вегетативной) нервной системы (АНС). Общий обзор строения АНС.
41. Вегетативные рефлексы. Строение дуги вегетативного рефлекса (с участием спинного мозга, головного мозга, ганглиев). Особенности афферентного, центрального и эфферентного звеньев вегетативного рефлекса.
42. Топография вегетативных центров. Представление о высших вегетативных центрах. Понятие о висцеральном мозге.
43. Периферический отдел автономной нервной системы. Микроструктура ганглиев, пре- и постганглионарных волокон. Механизм передачи возбуждения в ганглиях.
44. Механизм передачи возбуждения с постганглионарных волокон на рабочие органы. Разнообразие нейромедиаторов и рецепторов эффекторных клеток. Локализация α- и β-адренорецепторов, холинэргических, серотонинэргических, пуринэргических рецепторов.
45. Строение и физиологические особенности парасимпатической части АНС. Физиологические эффекты, вызываемые возбуждением Н- и М-холиноре-цепторов.
46. Строение и физиологические особенности симпатической части АНС. Физиологические эффекты, вызываемые возбуждением α- и β-адренорецепторов.
47. Взаимодействие симпатических и парасимпатических периферических влияний.
48. Строение и физиологические особенности метасимпатической части АНС. Вегетативные сплетения грудной и брюшной полостей.
49. Понятие о способах регулирования функциональной активности органов и тканей, иннервируемых АНС.

ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ:

1. Оценка влияния сдвигов внеклеточной концентрации ионов Na^+ и K^+ на величину мембранных потенциалов.
2. Возможности фармакологического влияния на процессы передачи сигналов в синапсах (на примере нервно-мышечного синапса).
3. Проведение динамометрии (ручной и становой) и физиологическая оценка получаемых показателей.
4. Исследование основных сухожильных рефлексов на примере коленного (морфологическая основа [рефлекторная дуга]). Физиологическая оценка получаемых показателей.
5. Сравнительная характеристика моно- и полисинаптических рефлекторных дуг.
6. Оценка тонуса и реактивности симпатического и парасимпатического отделов АНС по ЧСС на примере клиностатического и ортостатического рефлексов

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ:

1. Почему именно в мозге при высокой активности нейронов концентрация внеклеточного калия может существенно возрастать? К каким последствиям это может приводить и какой механизм предотвращает эти последствия в физиологических условиях?
2. При бытовых травмах (ушибы, растяжения и т. п.) рекомендуется прикладывать холод к месту повреждения. Опишите известные Вам на сегодняшний день физиологические механизмы обезболивающего действия холода. Какие физиологические законы используются?
3. К врачу обратился мужчина, накануне проводивший дезинсекцию дихлофосом (фосфорорганическое соединение) без средств индивидуальной защиты. Жалуется на мышечную слабость, затруднение дыхания. Объясните физиологические механизмы наблюдаемых явлений.
4. В каком режиме сокращаются мышцы космонавтов на МКС? К каким неблагоприятным последствиям это может привести и какие меры профилактики Вы можете предложить?
5. Новосёлы на руках переносили холодильник с первого на пятый этаж дома (лифт не работал). По пути коробка выскользнула из рук одного из них и упала на лестницу. В каком режиме сокращались мышцы рук новосёлов и каков был вид сокращения? Почему один из них выронил коробку?
6. Длительность периода укорочения мышцы при одиночном сокращении равна 0,03 с, а период расслабления — 0,04 с. Определите и нарисуйте виды сокращения этой мышцы при частоте стимуляции 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц.
7. При исследовании коленного рефлекса исследуемый рефлекс не выявляется. На каком уровне ЦНС наблюдается повреждение? Как отличить повреждение афферентного звена от повреждения других звеньев рефлекторной дуги, влияния вышележащих структур ЦНС? Как исключить возможную симуляцию со стороны пациента?
8. Зарисуйте изменения на электромиограмме при сгибании и разгибании руки, удержании груза (синхронно записывается электромиограмма мышц-сгибателей и мышц-разгибателей руки). Объясните причины изменения электромиограммы. Нарисуйте рефлекторные дуги рефлексов, обеспечивающих эти изменения.
9. Какое действие оказывает симпатические нервы на: диаметр зрачка; работу сердца; тонус бронхов; секрецию желудочного сока; тонус сфинктеров и моторику ЖКТ; сосуды кожи; сосуды скелетных мышц; жировую ткань; потовые железы; активность ЦНС?
10. Какие изменения функций организма вызывает антагонист мускариновых рецепторов атропин?

ЛИТЕРАТУРА **для подготовки к итоговому занятию**	ОРГАНИЗАЦИЯ КОЛЛОКВИУМА
Основная 1. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 43–84, 122–138, 192–203. 2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии. ***Дополнительная*** 3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 75–109, 148–176, 215–237. 4. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 81–173, 177–209, 209–246.	Коллоквиум проводится в форме **компьютерного тестирования** по вопросам, охватывающим все темы разделов дисциплины, и **устного или письменного собеседования**. На выполнение теста отводится до 28 минут. На текущей аттестации осуществляется контроль усвоения **теоретического** материала и **практических** навыков с выставлением **двух раздельных** отметок.

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
Анатомия и физиология человека

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Оценка влияния сдвигов внеклеточной концентрации ионов Na^+ и K^+ на величину мембранных потенциалов».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Написано правильное соотношение проницаемости мембраны типичного нейрона для ионов натрия, калия и хлора в покое и во время возбуждения	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
2	Правильно нарисованы и обозначены координатные оси графика, значения величин нанесены с соблюдением масштаба	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
3	Величина мембранного потенциала покоя и пиковое значение ПД соответствуют предложенным внеклеточным концентрациям ионов	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
4	Правильно обозначены фазы ПД	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
5	Правильно описаны механизмы генерации фаз ПД с учетом равновесных потенциалов ионов	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
6	Правильно написаны типичные значения равновесного потенциала для K^+ и Na^+	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
7	Правильно описаны соотношения возбудимости мембраны и амплитуды ПД в предложенных ситуациях	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
8	Правильно описаны или рассчитаны отношения вне- и внутриклеточных концентраций ионов и их изменения во времени у пациента	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
9	Правильно объяснена зависимость величины потенциала покоя, возбудимости мембраны и амплитуды потенциала действия от найденного соотношения концентраций ионов	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
10	Сделаны верные предположения о возможных причинах изменения внеклеточной концентрации ионов натрия и калия, клиническом значении выявленных изменений и о том, какие еще клетки или ткани будут вовлечены в этот процесс	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Переводная шкала (максимум 20 баллов):

Сумма баллов	Отметка
20 баллов	10
19 баллов	9
18 баллов	8
16–17 баллов	7
15 баллов	6
13–14 баллов	5
12 баллов	4
8–11 баллов	3
4–7 баллов	2
0–3 балла	1

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
Анатомия и физиология человека

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Возможности фармакологического влияния на процессы передачи сигнала в синапсах (на примере нервно-мышечного синапса)».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Правильно изображена схема нервно-мышечного синапса	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
2	Правильно подписаны элементы на схеме нервно-мышечного синапса	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
3	Правильно названы белки, обеспечивающие слияние везикул с пресинаптической терминалью	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
4	Приведена правильная последовательность событий, требуемая для запуска выделения медиатора в синаптическую щель	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
5	Приведена правильная последовательность событий, требуемая для возбуждения мышечного волокна выделенным медиатором	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
6	Правильно описаны пути удаления медиатора из синаптической щели	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
7	Правильно названы отличия нервно-мышечного синапса от межнейронного	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
8	Правильно указаны элементы последовательностей из п. 3–5, доступные для фармакологического влияния	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
9	Правильно описано влияние на передачу сигнала в нервно-мышечном синапсе при фармакологическом воздействии на элементы из п. 8	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
10	Приведены примеры веществ для п. 8 (2–3 вещества)	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Итоговая отметка: $\frac{\sum \text{баллов из п. } 1-10}{2}$ с округлением в большую сторону.

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____

Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Оценка тонуса и реактивности симпатического и парасимпатического отделов АНС по ЧСС на примере клиностатического и ортостатического рефлексов».**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Что такое тонус нервных центров?	☐ 0 ☐ 1
2	Какие нервы иннервируют сердце? Как они влияют на его работу?	☐ 0 ☐ 1
3	Что такое клиностатический и ортостатический рефлексы?	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
4	Опишите процедуру проведения активной клиностатической, а затем — активной ортостатической пробы.	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
5	Каковы границы нормальных значений изменения ЧСС при ортостатической пробе? Клиностатической пробе?	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
6	Каковы признаки преобладания тонуса симпатического отдела по данным ортостатической и клиностатической проб?	☐ 0 ☐ 1
7	Каковы признаки преобладания тонуса парасимпатического отдела по данным ортостатической и клиностатической проб?	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Проведение динамометрии (ручной и становой). Оценка получаемых показателей»**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Определение динамометрии «Динамометрия — это …»	☐ 0 ☐ 1
2	Цель проведения динамометрии	☐ 0 ☐ 1
3	Противопоказания к проведению динамометрии	☐ 0 ☐ 1
4	Материалы и оборудование для динамометрии	☐ 0 ☐ 1
5	Техника проведения динамометрии (ручная): положение тела, рук и прибора, методика выполнения	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
6	Техника проведения динамометрии (становая): положение тела, рук и прибора, методика выполнения	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
7	Расчет относительных показателей мышц и оценка (формула расчета)	☐ 0 ☐ 1
8	Оценка и интерпретация полученных показателей	☐ 0 ☐ 1
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

Учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет»

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ (чек-лист)
для контроля практических навыков по учебной дисциплине
_____Анатомия и физиология человека_____

ФИО студента _____
Факультет _____ Группа _____ Курс _____

Практический навык **«Исследование основных сухожильных рефлексов на примере коленного (морфологическая основа [рефлекторная дуга]). Физиологическая оценка получаемых показателей»**

№ п/п	Параметр выполнения действия	Отметка в баллах
1	Дать определение сухожильным рефлексам (указать примеры). Нарисовать рефлекторную дугу коленного рефлекса, указать уровень замыкания. Подписать звенья рефлекторной дуги, их расположение, назвать нейромедиатор и тип рецептора в нервно-мышечном синапсе	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
2	Цель диагностики коленного рефлекса	☐ 0 ☐ 1
3	Оборудование для проведения практического навыка. Положение обследуемого при проведении практического навыка	☐ 0 ☐ 1
4	Возможность сознательного затормаживания рефлекса и возможные приёмы на отвлечение	☐ 0 ☐ 1
5	Техника выполнения	☐ 0 ☐ 1
6	Оценка: выраженность, симметричность коленного рефлекса. Возможные причины отсутствия рефлекса.	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
	Итоговая отметка по 10-балльной шкале	

ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ, ЕЁ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯМИ. СОМАТИЧЕСКИЕ РЕФЛЕКСЫ

Занятие 18

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Спинной мозг: локализация, строение, оболочки, функции. Микроструктура сегмента спинного мозга, серое и белое вещество. Нервные клетки передних, задних и боковых рогов, их функции. Состав и функции передних и задних корешков. Понятие о проводящих путях спинного мозга.
2. Спинномозговые (спинальные) рефлексы, их виды и значение. Понятие о двигательных единицах. Структура «дуги» соматического рефлекса. Роль спинного мозга в регуляции соматических функций.
3. Головной мозг, основные структуры. Ствол мозга: морфофункциональная организация, жизненно важные центры, функции. Понятие о черепных нервах: количество, локализация ядер, функции. Роль ствола мозга в поддержании равновесия тела, регуляции и перераспределении мышечного тонуса.
4. Ретикулярная формация: морфофункциональная организация. Характеристика восходящих и нисходящих влияний ретикулярной формации. Представление о стволовых нервных центрах как точках приложения действия лекарственных веществ.
5. Мозжечок: морфофункциональная организация. Роль мозжечка в регуляции двигательных функций.
6. Промежуточный мозг. Таламус: морфофункциональная организация (специфические и неспецифические ядра, их функции).
7. Гипоталамус: морфофункциональная организация; основные функциональные центры; связи с другими отделами головного мозга.
8. Большой (конечный) мозг. Кора большого мозга: основные извилины и борозды. Цитоархитектоника коры. Афферентные, эфферентные и ассоциативные области и их связи.
9. Локализация функций в коре. Правое и левое полушария. Понятие о межполушарной асимметрии и доминантности полушарий. Мозолистое тело: топография и функции. Свод: топография и функции.
10. Лимбическая система: морфофункциональная организация. Роль лимбической системы в формировании эмоций, мотиваций, памяти.
11. Базальные ядра и их функции.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с. – С. 141–192.
2. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии.

Дополнительная

3. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с. – С. 179–215, 229–236.
4. *Кубарко, А. И.* Физиология человека : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – Ч. 1. – 542 с. – С. 331–452.
5. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание, 2020. – 464 с. – С. 226–240.
6. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : МИА, 2021. – 376 с. – С. 95–126.
7. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с. – С. 232–302.

Вопросы для самоподготовки: 1. В каких сегментах спинного мозга расположены центры сухожильных рефлексов: коленного, ахиллова, сгибателя верхней конечности, разгибателя верхней конечности? К какому виду рефлексов они относятся? 2. Где располагаются центры слюноотделительного, глотательного, мигательного, зрачкового рефлексов? 3. Каковы последствия полного разрыва спинного мозга на уровнях: а) между шейным отделом и продолговатым мозгом; б) между шейным и грудным отделами; в) между грудным и поясничным отделами? 4. Почему при перерезке задних корешков спинного мозга тонус мышц резко снижается? 5. Что такое спинальный шок? Когда он возникает? 6. Каковы основные функции нейронов холмиков четверохолмия? 7. У человека выявлено нарушение зрачковых рефлексов. Какие структуры зрительной системы могут быть повреждены?	8. Почему при аккомодации и конвергенции глаз происходит сужение зрачков? 9. Какие симптомы возникают при нарушении функций мозжечка? 10. Перечислите основные функции ретикулярной формации. Как изменится пищевое поведение животного при повреждении латеральных или вентро-медиальных ядер гипоталамуса? 11. В чем отличие афферентных проекций специфических и неспецифических ядер таламуса? 12. Перечислите основные симптомы нарушения функций базальных ядер. 13. Образование какого нейромедиатора ЦНС нарушено при паркинсонизме? 14. Почему уставшие солдаты могут заснуть в строю и продолжать маршировать без нарушения ритма ходьбы? 15. Перечислите основные функции лимбической системы. 16. Какие отделы мозга и почему в условиях гипоксии и гипогликемии страдают в первую очередь?

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ **Работа 18.1**

Спинной мозг — это ***паренхиматозный орган центральной нервной системы позвоночных, расположенный в позвоночном канале***	Модуль (в коре большого мозга) — это ***структурно-функциональная единица коры***
Головной мозг — это ***паренхиматозный орган центральной нервной системы, состоящий из множества взаимосвязанных между собой нервных клеток и их отростков, расположенный в полости черепа***	Назовите три жизненно важных центра ствола мозга: 1) ***дыхательный***; 2) ***сосудодвигательный***; 3) ***рвотный***
Серое вещество спинного и головного мозга — это ***главный компонент ЦНС, включающий клеточные тела нейронов и глиальные клетки***	Назовите три основных отдела мозжечка: 1) ***вестибуло(архи)церебеллум или старый мозжечок***; 2) ***спино(палео)церебеллум или древний мозжечок***; 3) ***церебро(нео)церебеллум или новый мозжечок***
Белое вещество спинного и головного мозга — это ***компонент ЦНС, состоящий из отростков нервных клеток, часто окруженных миелиновой оболочкой (белого цвета)***	Структуры продолговатого мозга, моста и среднего мозга можно объединить под общим названием ***ствол мозга***

«Двигательный гомункулус» — это ***перевернутое соматотопическое представительство разных мышечных групп вдоль прецентральной (передней центральной) извилины (двигательной коры) большого мозга***	Таламус и гипоталамус являются составными частями ***промежуточного*** мозга
«Чувствительный гомункулус» — это ***перевернутое соматотопическое представительство кожной чувствительности частей тела вдоль постцентральной извилины***	Кора больших полушарий и базальные ганглии являются составными частями ***конечного (переднего)*** мозга
Двигательная единица — это ***группа мышечных волокон, иннервируемых одним мотонейроном***	Лимбическая система ***(от латинского limbus — кайма)*** — это ***самый древний отдел переднего (конечного) мозга, расположенный в виде кольца между новой корой и стволом мозга, отвечающий за формирование эмоций и мотиваций***
Названия трёх оболочек спинного и головного мозга: 1) ***твердая***; 2) ***паутинная***; 3) ***мягкая***	Базальные ганглии ***(лат. nuclei basales) стриопаллидарная система*** — это ***совокупность трех парных образований: бледного шара (pallidum), полосатого тела (хвостатое тело + скорлупа) и субталамического ядра; расположенных в центральном белом веществе конечного (переднего) мозга***
Афферентные нервные ***пути (лат. afferens, приносящий) — центростремительные*** — это ***нервные волокна (отростки нервных клеток), по которым возбуждение передается от сенсорных рецепторов к центральной нервной системе***	Мозжечок ***(лат. cerebellum — дословно «малый мозг»)*** — это ***часть заднего отдела головного мозга; отвечает за координацию движений, регуляцию равновесия и мышечного тонуса***
Эфферентные нервные *пути (лат. efferens (eiicrentis) — выносящий) центробежные* — это ***нервные волокна, по которым возбуждение передается от центральной нервной системы к клеткам-мишеням***	Ядро — это ***скопления связанных между собой нервных клеток (тел и частично отростков) в веществе головного и спинного мозга, выполняющих общую функцию и имеющих четкую анатомическую локализацию***
Пирамидные пути — это ***главные двигательные нисходящие пути, образованные аксонами пирамидных нейронов (гигантских клеток Беца) двигательной коры, идущие к мотонейронам передних рогов спинного мозга и двигательных ядер черепных нервов***	Экстрапирамидные пути ***(лат. extra — вне, снаружи, в стороне + pyramis, греч. πῦραμίς — пирамида)*** — это ***нисходящие проекционные нервные волокна, начинающиеся от нейронов ядер ствола мозга и идущие к СМ, обеспечивают непроизвольную регуляцию и координацию движений, мышечного тонуса, поддержание позы, организацию двигательных проявлений эмоций***

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СУХОЖИЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА **Работа 18.2**

(нижнечелюстной, рефлекс сгибателя верхней конечности, рефлекс разгибателя верхней конечности)

Сухожильные рефлексы в клинике исследуются с целью оценки функционального состояния ЦНС и топической диагностики заболеваний ЦНС.

Материалы и оборудование: неврологический молоточек.

Ход работы:

а) *нижнечелюстной рефлекс.* Нанесите легкий удар молоточком по подбородку при слегка открытом рте, пронаблюдайте сокращение жевательных мышц (движение смыкания челюстей);

б) *сухожильный рефлекс сгибателя верхней конечности* (*локтевой рефлекс*). Левой рукой поддерживайте предплечье обследуемого в полусогнутом положении, подставив ладонь своей руки под его локоть. Нанесите удар молоточком по сухожилию двуглавой мышцы. Пронаблюдайте сгибание руки в локтевом суставе;

в) *сухожильный рефлекс разгибателя верхней конечности*. Станьте сбоку от обследуемого, отведите пассивно его плечо кнаружи до горизонтального уровня, поддерживая его левой рукой у локтевого сгиба так, чтобы предплечье свисало под прямым углом. Нанесите удар молоточком по сухожилию мышцы у самого локтевого сгиба. Пронаблюдайте разгибание предплечья.

Руки испытуемого могут находиться и в других позициях. Например, полусогнутые лежат предплечьем горизонтально на руке исследователя; или сцеплены ладонями в замок, который придерживается исследователем.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности и симметричность рефлексов.
2. Укажите уровни замыкания рефлекторных дуг сухожильных рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности в спинном мозге.
3. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных реакций.

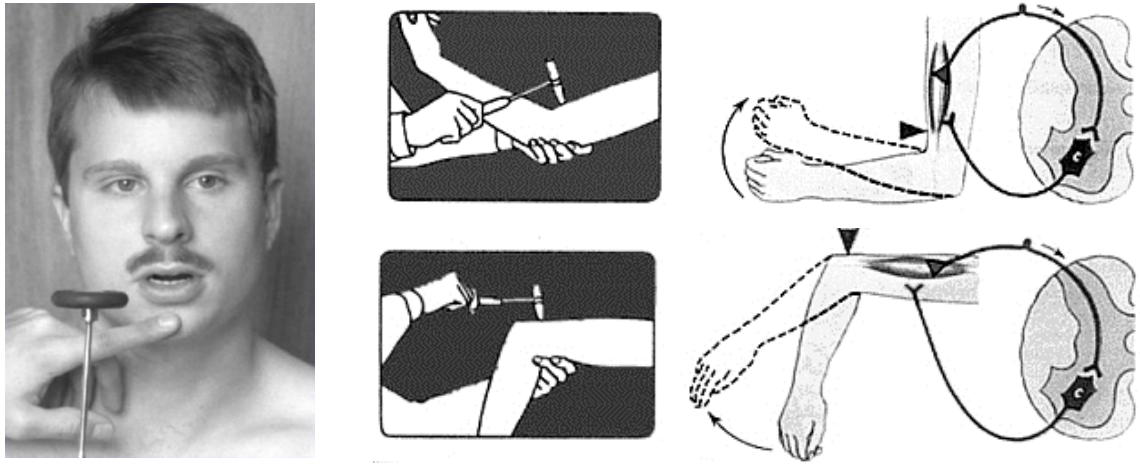


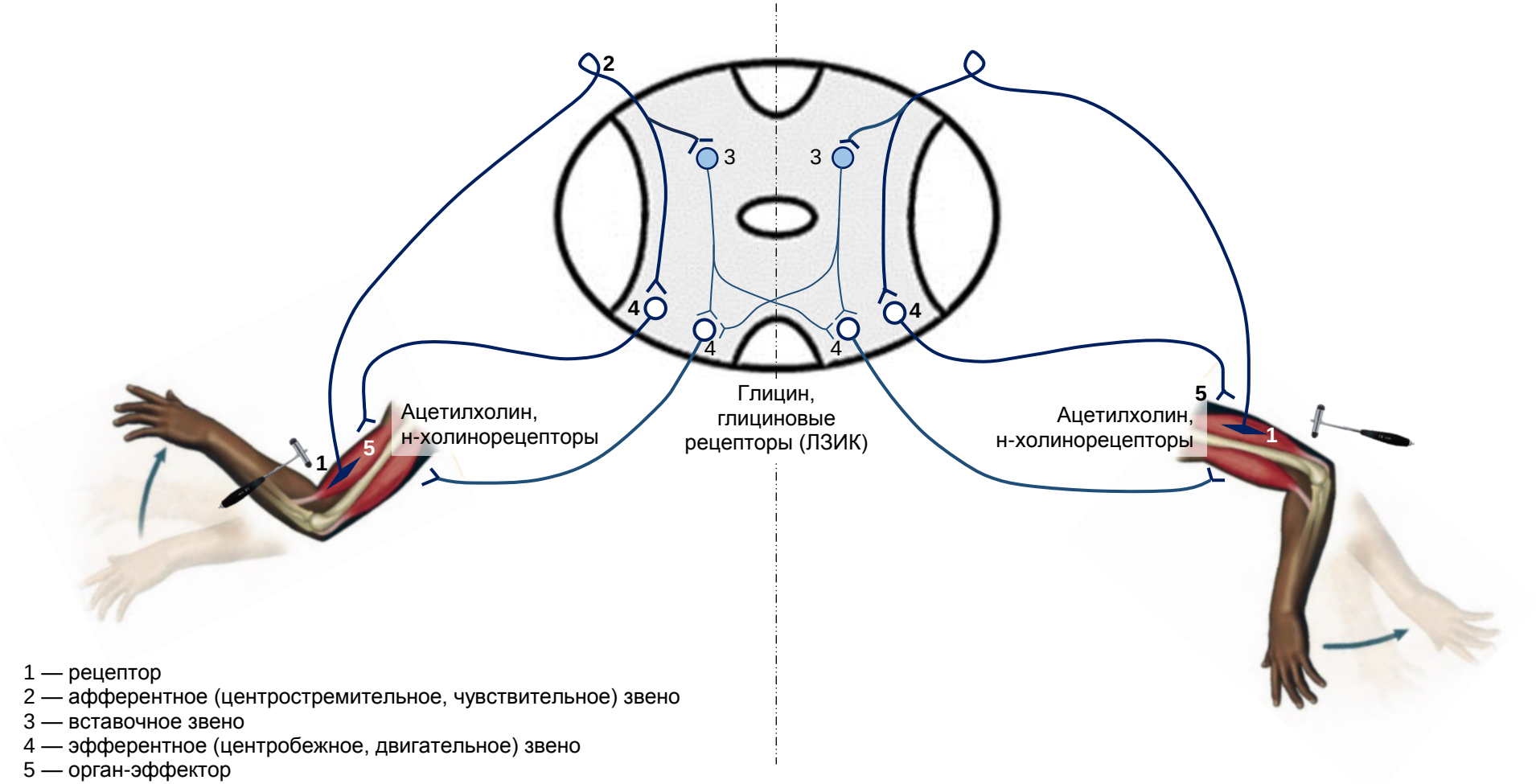
Рис. 18.1. Методика исследования нижнечелюстного рефлекса и рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности

ПРОТОКОЛ

1. Рефлексы ***выражены*** и ***симметричны*** (*выражены или отсутствуют, симметричны или асимметричны*).
2. Рефлекторные дуги сухожильных рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности замыкаются на уровне C_4–C_6 и C_5–C_7 шейных сегментов спинного мозга соответственно. Рефлекторная дуга нижнечелюстного рефлекса замыкается в ядрах ***пятой*** пары черепных нервов (*n. trigeminus*).
3. **Вывод:** состояние рефлекторных реакций ***в норме*** (*в норме, нарушено*). Если нарушено — каких?

Схемы рефлекторных дуг, обеспечивающих координацию сокращения и расслабления мышц плеча на уровне спинного мозга: обозначены ***звенья*** *рефлекторной дуги,* ***нейромедиаторы*** *и* ***рецепторы*** *к ним.*

Рефлекс сгибателя верхней конечности (C_4–C_6) **Рефлекс разгибателя верхней конечности (C_5–C_7)**



1 — рецептор
2 — афферентное (центростремительное, чувствительное) звено
3 — вставочное звено
4 — эфферентное (центробежное, двигательное) звено
5 — орган-эффектор

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ НЕКОТОРЫХ ЧЕРЕПНЫХ НЕРВОВ **Работа 18.3**

Двигательные функции выполняют девять пар черепных нервов (ЧН) (пять пар (4, 5, 6, 11 и 12) — двигательные и четыре пары — 3,7, 9 и 10 — смешанные). Ядра ЧН расположены в стволе мозга. По строению и функции нейроны ядер двигательных ЧН — аналоги клеток передних рогов спинного мозга.

Двигательные ядра тройничного нерва (V пара ЧН) расположены в покрышке ствола мозга на уровне моста и иннервируют жевательную мускулатуру. Нейроны двигательных ядер лицевого нерва (VII), расположенных в мосту, иннервируют мимическую мускулатуру лица. Двигательное ядро языкоглоточного (IX) и блуждающего (X) нервов является общим и лежит в продолговатом мозге, а аксоны нейронов этого ядра иннервируют мышцы глотки, мягкого неба, гортани и надгортанника, а также голосовые складки. Наконец, мышцы языка иннервируются нейронами ядер подъязычного нерва (XII).

Материалы и оборудование: спички, стакан с чистой водой.

Ход работы. Испытуемому предлагают проделать движения и упражнения, указанные в таблице 18.1.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите, смог ли испытуемый выполнить все задания и соответствовали ли полученные результаты норме.

2. Сделайте заключение о двигательных функциях изученных ЧН.

Таблица 18.1

Исследование двигательных функций V, VII, IX, X и XII пар ЧН

Исследуемые пары ЧН	Методика
V пара ЧН (тройничный)	Испытуемого просят открыть и закрыть рот, затем проделать несколько жевательных движений. Руки исследователя находятся на жевательных мышцах испытуемого, определяя степень их напряжения. В норме не отмечается смещение нижней челюсти в стороны, мышцы напрягаются с обеих сторон одинаково
VII пара (лицевой)	Испытуемому предлагают: а) поднять брови вверх (при этом складки на лбу должны быть выражены с обеих сторон одинаково); б) плотно закрыть, а затем зажмурить глаза (в норме они закрываются одинаково); в) улыбнуться и надуть щеки (движения должны быть одинаковыми с обеих сторон); г) задуть огонь спички (при этом губы вытянуты вперед)
IX и X пара ЧН (языкоглоточный и блуждающий)	Испытуемому предлагают: а) стать у окна, открыть рот и сказать «а» (при этом язычок мягкого неба расположен на средней линии); б) произнести вслух несколько фраз на выбор (при этом не должно быть носового оттенка голоса); в) выпить несколько глотков воды (глотание должно быть свободным)
XII пара ЧН (подъязычный)	Испытуемому предлагают высунуть язык (в норме язык должен быть расположен по средней линии)

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый ***выполнил*** (выполнил, не выполнил) все задания, полученные результаты ***соответствовали*** (соответствовали или нет) норме.

2. Вывод. Двигательные функции изученных V, VII, IX, X и XII ЧН ***не нарушены*** (нарушены, не нарушены). В случае нарушения указать пару ЧМН, функция которых была нарушена. Обнаружено нарушение двигательной функции в _____ паре ЧМН.

Эфферентные сигналы из мозжечка регулируют активность нейронов вестибулярных (Дейтерса) и красных ядер, ядер таламуса, а через них активность периферических (α- и γ-мотонейронов спинного мозга и ядер черепных нервов) и центральных (корковых и экстрапирамидных) двигательных нейронов. *Через указанные пути эфферентные сигналы из мозжечка регулируют силу мышечных сокращений, обеспечивают способность к длительному тоническому сокращению мышц, позволяют соотносить объём произвольного движения с расстоянием до цели этого движения, быстро переходить от сгибания к разгибанию и наоборот. Мозжечок обеспечивает синергию сокращений разных мышц при сложных движениях, ограничивает чрезмерное сокращение мышц.*

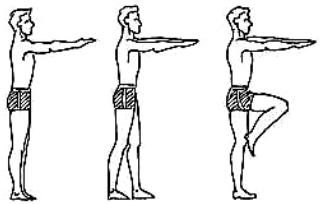
При нарушениях функции мозжечка у человека наблюдаются расстройства двигательных функций, что проявляется: снижением силы сокращения мышц (**астения**); утратой способности к длительному сокращению мышц, что затрудняет стояние, сидение (**астазия**) и хождение (**абазия**); непроизвольным изменением тонуса мышц (**дистония**); дрожанием пальцев рук, усиливающимся во время завершения движения (**тремор**); расстройством точности движений в виде излишнего либо недостаточного движения (**дисметрия**); нарушением координации движения (**атаксия**), которая проявляется «пьяной» (шаткой) походкой и т. д.; расстройством организации речевой моторики (**дизартрия)**; крупноразмашистым ритмическим подергиванием глазных яблок (**нистагм**); нарушением чередования противоположных движения (**адиадохокинез**) и др.

Материалы и оборудование: стакан, книга.

Ход работы. Испытуемый выполняет движения и упражнения, указанные в табл. 18.2. *Второй студент страхует испытуемого от падения*!

Таблица 18.2

Исследование мозжечкового контроля двигательной активности скелетных мышц

Вид исследования	Методика	
Поза Ромберга (проба на **астазию** и равновесие)	Испытуемый должен стоять со сдвинутыми ногами и вытянутыми вперед руками сначала с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме человек сохраняет равновесие в позе Ромберга ≥ 15 с (т. е. проба на астазию отрицательная). На рисунке справа — простая и усложнённые позы Ромберга	
Походка (проба на **абазию** и **атаксию**)	Предложите испытуемому пройти по комнате вперёд и назад с открытыми и закрытыми глазами. В норме у здорового человека походка обычная, без шатаний в стороны и без широкого расставления ног (т. е. проба отрицательная)	
Проба на **дисметрию**	Испытуемый должен взять со стола и затем поставить назад (в то же место) какой-либо предмет (книгу, стакан). В норме человек ставит предмет на то же место с ошибкой не более ±2 см (т. е. проба на дисметрию отрицательная)	
Речь (проба на **дизартрию**)	Испытуемый должен повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование или др.). Отмечайте, нет ли замедления, растянутости или толчкообразности речи (дизартрии)	
Проба на **диадохокинез**	Испытуемый с открытыми и закрытыми глазами должен одновременно совершать синхронные движения пронации и супинации кистями и предплечьями рук. Отмечайте, нет ли отставания одной из рук (адиадохокинеза)	
Пальценосовая проба (на **дисметрию** и **тремор**)	Испытуемый должен дотронуться указательным пальцем (сначала левой, а затем правой рукой) до кончика носа и смещающегося кончика пальца исследователя с открытыми и закрытыми глазами. В норме человек дотрагивается до кончика носа (с точностью ±1 см) без дрожи пальцев рук (т. е. проба на дисметрию и тремор отрицательная). При поражении мозжечка наблюдается промахивание и дрожание пальца при поднесении его к носу	

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого пробы на атаксию были **–** (+ *или* –), так как в позе Ромберга он ***сохранял*** (*сохранял или нет*) равновесие, походка была ***нормальная*** (*нормальная или нарушенная*); дизартрия ***нет*** (*выявлена или нет*); адиадохокинез ***нет*** (*выявлен или нет*).; пробы на дисметрию и тремор были **–** (+ *или* –)
2. **Вывод.** Мозжечковый контроль двигательной активности у испытуемого в ***норме*** (*в норме или нарушен*).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Материал лекций, настоящего практикума и ЭУМК.
2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2021. – 520 с.
3. *Общая* физиология. Физиология жидких сред организма: метод. рекомендации / Д. А. Александров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – 90 с.

Дополнительная

4. *Анатомия* человека : учеб. В 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 528 с.; Т. 2. – 456 с.
5. *Брин, В. Б.* Физиология человека в схемах и таблицах : учеб. пособие / В. Б. Брин. – СПб. : Лань, 2021. – 607 с.
6. *Гистология*, цитология, эмбриология : учеб. / Т. М. Студеникина [и др.] ; под ред. Т. М. Студеникиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новоезнание, 2020. – 464 с.
7. *Зильбернагль, С.* Наглядная физиология / С. Зильбернагль, А. Деспопулос. – М. : Лаборатория знаний, 2019. – 424 с.
8. *Кубарко, А. И.* Физиология эндокринной системы. Учебно-методическая разработка к практическим занятиям по нормальной физиологии : учеб.-метод. пособие / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : МГМИ, 1995. – 27 с.
9. *Кузнецов, В. И.* Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / В. И. Кузнецов, А. А. Семенович, В. А. Переверзев; под ред. В. И. Кузнецова. – Минск : Новое знание, 2015. – 560 с.
10. *Нормальная* физиология. Ситуационные задачи и тесты : учеб. пособие / под ред. К. В. Судакова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2006. – 248 с.
11. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013–2014. – Ч. 1. – 2013. – 541 с.; Ч. 2. – 2014. – 603 с.
12. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. Б. И. Ткаченко. – 3-е изд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 688 с.
13. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология : учеб. / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. – 2-е изд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 832 с.
14. *Общая* физиология. Физиология жидких сред организма : метод. рекомендации / Д. А. Александров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – 90 с.
15. *Переверзев, В. А.* Физиология вегетативной нервной системы : учеб.-метод. разработка / В. А. Переверзев, А. И. Кубарко. – Минск : МГМИ, 1995. – 25 с.
16. *Санитарные* нормы и правила «Требования к порядку выявления, организации и проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения парентеральных вирусных гепатитов и ВИЧ-инфекции» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.03.2024 № 41. – С. 7–8.
17. *Солодков, А. С.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учеб. / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – 10-е изд. – М. : Спорт, 2022. – 624 с.
18. *Физиология* с основами анатомии : учеб. / под ред. В. М. Смирнова [и др.]. – М. : Медицинское информационное агентство, 2021. – 376 с.
19. *Физиология* : учеб. / В. М. Смирнов [и др.] ; под ред. В. М. Смирнова, В. А. Правдивцева, Д. С. Свешникова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2017. – 520 с.
20. *Физиология* человека. Задачи и упражнения : учеб. пособие / под ред. Ю. И. Савченкова. – 2-е изд. – Ростов на Дону ; Красноярск, 2007. – 160 с.
21. *Физиология* человека : учеб. пособие / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича. – 4-е изд. Минск : Вышэйшая школа, 2012. – 544 с.

22. *Физическая* культура : учеб. пособие / Е. С. Григорович [и др.] ; под ред. Е. С. Григоровича, В. А. Переверзева. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 349 с.
23. *Чеснокова, С. А.* Атлас по нормальной физиологии : учеб. пособие / С. А. Чеснокова, С. А. Шастун ; под ред. Н. А. Агаджаняна. – 2-е изд. – М. : Медицинское информационное агентство, 2007. – 480 с.
24. *Холл, Д. Э.* Медицинская физиология по Гайтону и Холлу / Д. Э. Холл. – М. : Логосфера, 2018. – 1328 с.
25. *Эндокринология*. Национальное руководство. Краткое издание / под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 752 с.
26. *Brodal, P.* The Central Nervous System / P. Brodal. – 5th ed. – Oxford, 2016. – 721 p.
27. *Costanzo, L. S.* Physiology / S. L. Costanzo. – 7th ed. – Elsevier, 2022. – 528 p.
28. *Fox, S. I.* Human Physiology / S. I. Fox. – 16th ed. – McGraw-Hill Higher Education, 2022. – 808 p.
29. *Ganong's* Review of Medical Physiology / K. E. Barrett [et al.]. – 26th ed. – McGraw-Hill, 2019. – 752 p.
30. *Kaplan* medical. – New York, 2009.
31. *Silverthorn, D. U.* Human Physiology : An Integrated Approach / D. U. Silverthorn. – 7th ed. – Pearson, 2015. – 960 p.

ПРИСТАВКИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ СИ

Префикс	**Множитель**	**Обозначение**	
		русское	**международное**
пета	10^{15} = 1.000.000.000.000.000	П	P
тера	10^{12} = 1.000.000.000.000	Т	T
гига	10^{9} = 1.000.000.000	Г	G
мега	10^{6} = 1.000.000	М	M
кило	10^{3} = 1.000	к	k
гекто	10^{2} = 100	г	g
дека	10^{1} = 10	да	da
деци	10^{-1} = 0,1	д	d
санти	10^{-2} = 0,01	с	c
милли	10^{-3} = 0,001	м	m
микро	10^{-6} = 0,000.001	мк	μ
нано	10^{-9} = 0,000.000.001	н	n
пико	10^{-12} = 0,000.000.000.001	п	p
фемто	10^{-15} = 0,000.000.000.000.001	ф	f

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений ... 3

Введение ... 4

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ. ТКАНИ, ИХ ВИДЫ. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ВИДЫ, ФУНКЦИИ. КРОВЬ ... 5

Занятие 1. Введение. Предмет и задачи анатомии и физиологии человека: история их развития, вклад отечественных учёных. Биологические основы жизнедеятельности, клеточная теория ... 5

Занятие 2. Общее понятие о тканях. Соединительные ткани: виды, функции. Скелет человека ... 19

Занятие 3. Жидкие среды организма. Физико-химические свойства крови ... 29

Занятие 4. Особенности строения и физиологические функции эритроцитов. Гемопоэз. Эритроцитопоэз. Особенности строения и физиологические функции лейкоцитов. Лейкопоэз ... 36

Занятие 5. Тромбоциты: особенности строения, функции. Тромбоцитопоэз. Система гемостаза. Системы групп крови ... 51

Занятие 6. **Итоговое занятие** по разделам «Предмет и задачи анатомии и физиологии. Ткани, их виды. Соединительные ткани: строение, виды, функции. Кровь» ... 66

Чек-листы для контроля практических навыков ... 73

ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ: СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ. КОЖА. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА ... 76

Занятие 7. Эпителиальные ткани: виды, особенности строения, функции. Железистый эпителий, секреция. Железы: виды, особенности строения, функции. Кожа: особенности строения, функции ... 76

Занятие 8. Химическая сигнализация. Морфофункциональная организация эндокринной системы. Анатомия и физиология гипоталамуса, гипофиза и эпифиза ... 86

Занятие 9. Частная анатомия и физиология эндокринной системы. Стресс ... 97

Занятие 10. Репродуктивная система человека ... 103

Занятие 11. **Итоговое занятие** по разделам «Эпителиальные ткани: строение, функции. Кожа. Анатомия и физиология эндокринной системы человека. Репродуктивная система человека» ... 112

Чек-листы для контроля практических навыков ... 115

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ (НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНЫХ) ТКАНЕЙ. ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ... 117

Занятие 12. Электрическая сигнализация. Законы реагирования возбудимых тканей. Биологические потенциалы. Изменение возбудимости при возбуждении 117
Занятие 13. Нервная ткань: строение, свойства. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача 122
Занятие 14. Анатомия и физиология мышечных тканей, их виды. Скелетные и гладкие мышцы: морфофункциональные особенности (макро-и микроскопического строения, механизмов сокращения, регуляции активности) 134
Занятие 15. Общая физиология центральной нервной системы. Рефлекторная теория. Нервные центры: их свойства, принципы функционирования. Возбуждение и торможение в ЦНС, их медиаторные механизмы 144
Занятие 16. Частная анатомия и физиология автономной нервной системы 155
Занятие 17. **Итоговое занятие** по разделу «Анатомия и физиология возбудимых (нервной и мышечных) тканей. Частная анатомия и физиология автономной нервной системы» 166
Чек-листы для контроля практических навыков 170
ЧАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ 174
Занятие 18. Частная анатомия и физиология центральной нервной системы, ее роль в управлении движениями. Соматические рефлексы 174
Список использованной литературы 182
Приложение 184

Учебное издание

Переверзев Владимир Алексеевич
Голодок Татьяна Петровна
Александров Денис Александрович и др.

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ СИСТЕМЫ КРОВИ, КОСТНОЙ, ПОКРОВНОЙ, ЭНДОКРИННОЙ, РЕПРОДУКТИВНОЙ, НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА

Методические рекомендации

Под редакцией В. А. Переверзева, Т. П. Голодок, Д. А. Александрова

Ответственный за выпуск В. А. Переверзев
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 20.05.25. Формат 60×84/8. Бумага писчая «Снегурочка».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 21,85. Уч.-изд. л. 12,86. Тираж 70 экз. Заказ 348.

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.