МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум
для студентов медико-профилактического факультета

Минск БГМУ 2024

УДК 612.1/.8(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73
Н83

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве практикума 20.12.2023 г., протокол № 12

А в т о р ы: В. Н. Фоменко, Д. А. Александров, В. А. Переверзев, М. И. Гаптарь, А. В. Евсеев, М. О. Велком, В. И. Власенко, А. А. Анисимов, Т. Г. Северина, Т. П. Голодок, Ю. В. Гайкович, Т. А. Пупа, А. Г. Чабан, А. И. Печурский, Д. Л. Корзун

Р е ц е н з е н т ы: канд. мед. наук, доц., врач клинической лабораторной диагностики клинико-диагностической лаборатории 1-й городской клинической больницы О. А. Горбич; каф. патологической физиологии Белорусского государственного медицинского университета

Н83 **Нормальная** физиология : практикум для студентов медико-профилактического факультета / В. Н. Фоменко [и др.]. – Минск : БГМУ, 2024. – 252 с.

ISBN 978-985-21-1480-6.

Представлены вопросы к лабораторным занятиям по разделам курса нормальной физиологии. Даны описания лабораторных работ и протоколы их выполнения, включена необходимая дополнительная информация по темам занятий.

Предназначен для студентов 1–2-го курсов медико-профилактического факультета, обучающихся по программе подготовки по специальности 7-07-0911-02 «Медико-профилактическое дело».

УДК 612.1/.8(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73

Учебное издание

Фоменко Виктор Николаевич
Александров Денис Александрович
Переверзев Владимир Алексеевич и др.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум для студентов медико-профилактического факультета

Ответственный за выпуск В. А. Переверзев
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 09.02.24. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».
Ризография. Гарнитура «Times». Усл. печ. л. 14,65. Уч.-изд. л. 11,82. Тираж 124 экз. Заказ 68.

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

ISBN 978-985-21-1480-6

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2024

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД — артериальное давление крови

АВЛ — альвеолярная вентиляция легких

АДГ — антидиуретический гормон

АДд (ДАД) — артериальное давление крови, диастолическое

АДс (САД) — артериальное давление крови, систолическое

АДсгд — артериальное давление крови, среднее гемодинамическое

АКТГ — адренокортикотропный гормон

АНС — автономная нервная система

АХ — ацетилхолин

ВПСП — возбуждающий постсинаптический потенциал

ГР — гормон роста

ГМ — гладкие мышцы

ДАГ — диацилглицерол

ДЖЕЛ — должная жизненная емкость легких

ДО — дыхательный объем

ДПОС — должная пиковая объемная скорость

ДСЦ — длительность сердечного цикла

ЖЕЛ — жизненная емкость легких

ИМТ — индекс массы тела

ИТФ — инозитолтрифосфат

ИФР — инсулинподобный фактор роста

КОС — кислотно-основное состояние

ЛТГ — лактотропный гормон (пролактин)

МТ — масса тела

МОД — минутный объем дыхания

МОС — мгновенная объемная скорость

МДВд — максимальное давление вдоха

МДВыд — максимальное давление выдоха

НА — норадреналин

нХР — никотинчувствительный холинорецептор

ОФВ$_1$ — объем форсированного выдоха за 1-ю секунду

ПКП — потенциал концевой пластинки

ПЧСЖ — подчелюстная слюнная железа

ПЯСЖ — подъязычная слюнная железа

ПОС — пиковая объемная скорость

$РО_{вд}$ — резервный объем вдоха

$РО_{выд}$ — резервный объем выдоха

РААС — ренин-ангиотензин-альдостероновая система

RhD — резус-фактор

СОЭ — скорость оседания эритроцитов

СГО — санитарно-гигиеническая одежда

ССС — сердечно-сосудистая система

СТГ — соматотропный гормон

ТПСП — тормозный постсинаптический потенциал

ФКГ — фонокардио(-грамма или -графия)

ФМП — физиологическое (функциональное) мертвое пространство

ЦНС — центральная нервная система

цАМФ — циклический аденозин-монофосфат

цГМФ — циклический гуанозин-монофосфат

ЦНС — центральная нервная система

ЦП — цветовой показатель

ЧД — частота дыхания

ЧП — частота пульса

ЧСС — частота сердечных сокращений

ЭЭГ — электроэнцефало(-грамма или -графия)

ЭКГ — электрокардио(-грамма или -графия)

ЭМГ — электромио(-грамма или -графия)

ЭОС — электрическая ось сердца

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для использования студентами медико-профилактического факультета при подготовке к занятиям и в течение их. Пособие составлено с учетом требований актуальных примерной и учебной программ по нормальной физиологии для студентов данного факультета. Программа занятий предполагает более подробное рассмотрение профильных вопросов, как физиологии стресса и адаптации, спортивной и трудовой деятельности.

В начале каждого занятия представлены основные вопросы к занятию (идентичные таковым в экзаменационных билетах), из них экзаменационные практические навыки *выделены курсивом*. Помимо основных вопросов, представлены вопросы для самоподготовки и ситуационные задачи. К каждому практическому занятию в практикуме указывается рекомендуемая литература для подготовки к текущему занятию.

В практикуме подробно описаны лабораторные и демонстрационные работы, выполняемые на занятиях и входящие в состав практических навыков. Ряд практических занятий включает дополнительные информационные материалы, необходимые для подготовки к экзамену, но отсутствующие в рекомендованной литературе.

При подготовке к практическим занятиям студентам, претендующим на оценки «8», «9» и «10», рекомендуется помимо основной литературы использовать и дополнительную.

Авторы будут благодарны за рекомендации и замечания, способствующие дальнейшему улучшению практикума.

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ. ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ. ГОМЕОСТАЗ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Физиология как научная основа медицины.

2. Понятие физиологической функции и ее регуляции. Уровни регуляции. Типы регуляции. Нервный и гуморальный механизмы регуляции функций, их сравнительная характеристика.

3. Понятие о гомеостазе. Механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма.

4. Понятие о системе крови. Состав, количество, свойства, функции крови. Основные физиологические константы крови. Кислотно-основное состояние крови и механизмы его регуляции.

5. Белки плазмы крови, их характеристики и значение. Вязкость крови и ее изменения при нарушении водного баланса организма, влияние на гемодинамику.

6. *Мероприятия по профилактике инфицирования (парентеральные вирусные гепатиты, ВИЧ и др.) при работе с кровью и другими биологическими жидкостями.*

Вопросы для самоподготовки:

1. Каково физиологическое значение осмотического давления? Онкотического?

2. Относится ли к внутренней среде содержимое мочевого пузыря? Кишечника? Слюна? Внутриклеточная жидкость? Каждый ответ обоснуйте.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума, материалы электронного атласа 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. С. 15–17, 205–211.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 8–27, 483–498.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1.1. Изучение правил поведения и техники безопасности на кафедре

Общие требования

1. Студенты до входа в учебное помещение должны надевать халат.

2. Рабочее место следует содержать в чистоте, не загромождать его посторонними предметами.

3. Во время проведения лабораторных работ следует соблюдать тишину и порядок, строго руководствоваться описанием хода работ в практикуме, не допускать торопливости, беспорядочности и неряшливости.

4. Не допускается отвлечение студентов во время занятий посторонними лицами, делами или разговорами.

5. Во время перерывов следует проветривать учебное помещение. Открывать и/или закрывать окна можно только с разрешения преподавателя.

6. 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.

7. Во время занятия строго запрещается самовольно ходить по помещению, разговаривать по телефону, а также заряжать мобильные устройства от электрической сети университета.

8. При наличии у студента признаков простудного заболевания студент к посещению занятий не допускается. Следует обратиться к врачу в тот же день. Использование защитной маски (повязки) такими лицами обязательно в любом случае. Кроме того, маски и иные средства индивидуальной защиты должны использоваться и здоровыми лицами в периоды обострения сезонной заболеваемости респираторными инфекциями и повышенной эпидемической опасности.

Обязанности дежурных

На каждом занятии старостой группы из числа студентов группы назначаются дежурный. Дежурный студент должен:

– открывать учебный кабинет и закрывать во время отсутствия студентов в нем (ключ находится в лаборантской — комната № 103. После открытия или закрытия двери ключ немедленно возвращается в лаборантскую);

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

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

Правила безопасности при работе с электрооборудованием

В случае обнаружения неисправности электрооборудования или повреждений проводки/электрических розеток необходимо по возможности сразу обесточить оборудование, и 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.

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

Действия в случае возникновения пожара

В случае возникновения возгорания нужно сообщить преподавателю или дежурному лаборанту, а также заведующему кафедрой, и с их ведома и разрешения 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-й комнаты). Кроме того, можно использовать песок (ведро с песком имеется в лаборантской — каб. 103). Решение о вызове пожарной бригады (телефон 101) принимает руководство кафедры.

Действия в случае получения травм

Первая медицинская помощь пострадавшим должна оказываться немедленно и правильно. С подробными правилами её оказания Вы ознакомитесь на клинических кафедрах.

Если при поражении электрическим током или по другой причине получены серьезные 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.

Правила при работе с кровью и иными биологическими жидкостями

При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (парентеральных вирусных гепатитов, ВИЧ и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования.

При работе с кровью на занятиях кафедры используется кровь лабораторных животных. Тем не менее, учитывая значительную опасность биологических материалов для здоровья врача, следует всегда помнить, что **любая кровь 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.

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.

В случае повреждения целостности кожных покровов при работе с биологическим материалом (укол, порез), пострадавший должен:

– немедленно снять перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

– вымыть руки с мылом под проточной водой и обильно промыть рану водой или физиологическим раствором;

– обработать рану 3 % перекисью водорода;

– при необходимости заклеить рану пластырем и надеть новые перчатки.

В случае загрязнения биологическим материалом кожных покровов без нарушения их целостности:

– обильно промыть загрязненный участок кожных покровов водой с мылом;

– обработать кожные покровы антисептиком.

В случае попадания биологического материала на слизистую оболочку:

– немедленно снять перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

– тщательно вымыть руки с мылом под проточной водой;

– обильно промыть (не тереть) слизистую оболочку водой или физиологическим раствором.

В случае загрязнения биологическим материалом санитарно-гигиенической одежды (СГО), личной одежды, обуви:

– обмыть поверхность перчаток, не снимая с рук, под проточной водой с мылом или раствором антисептика, дезинфицирующего средства;

– снять загрязненную СГО, личную одежду, обувь;

– СГО, личную одежду и обувь сложить в непромокаемые пакеты для последующего обеззараживания;

– снять защитные перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в емкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

– вымыть руки с мылом под проточной водой и обработать кожные покровы в области проекции загрязнения СГО, личной одежды, обуви в соответствии с правилами действия при загрязнения биологическим материалом кожных покровов без нарушения их целостности (см. выше).

В случае загрязнения биологическим материалом объектов внешней среды (столешница, пол и др.) биологические загрязнения на поверхности объектов внешней среды обеззараживаются раствором дезинфицирующего средства и удаляются с поверхности с последующей влажной уборкой.

Во всех случаях необходимо вызвать дежурного лаборанта, который находится в комнате 103/104, или преподавателя кафедры.

Указания к оформлению протокола:

После ознакомления с правилами распишитесь в протоколе, а также в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности».

*** С правилами по технике безопасности ознакомлен и проинструктирован**		
_____	_____	_____
Дата	Подпись	Ф.И.О. студента полностью и разборчиво

Преподавателю: не забудьте проверить наличие росписи студента в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности».

Работа 1.2. Освоение методики занятий в компьютерном классе

Приступая к работе в компьютерном классе кафедры (кабинет № 104), необходимо помнить, что еженедельно в нём работает более тысячи студентов. Поэтому для комфортной работы в нём необходимо соблюдать тишину и порядок, не допускать повреждения оборудования и мебели,

не вращать монитор, избегать перетаскивания или удаления ярлыков на рабочем столе. В случае возникновения сбоев в работе компьютера следует обратиться к дежурному лаборанту компьютерного класса или к преподавателю. Уходя из компьютерного класса, закрывайте использующиеся программы и восстанавливайте исходный вид рабочего стола, ставьте стулья в первоначальное положение.

В периоды обострения сезонной заболеваемости респираторными инфекциями и повышенной эпидемической опасности обязательно ношение защитных масок всеми студентами, находящимися в компьютерном классе.

Группы посещают компьютерный класс в свое время согласно кафедральному расписанию, выполняют работы вовремя и не задерживаются после окончания установленного времени.

В компьютерном классе кафедры **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ**, фото-, видео- или аудиозаписывающей аппаратуры без разрешения преподавателя!

Ход работы. Изучите материалы электронного атласа к текущему занятию. На рабочем столе кликните на ярлык «Дистанционное обучение» → Введите свой логин и пароль (используйте данные своего студенческого билета) → Студентам и курсантам → Выберите Вашу специальность → Нормальная физиология → Записаться на курс → Занятие 1. Введение… → Теоретический материал → Атлас.

Кроме того, следует разместить в ЭУМК свою фотографию из студенческого билета либо паспорта.

Или откройте ярлык «Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас» → «Занятие 1. Введение…». Данные из электронного атласа внесите в протокол работы 1.2.

Затем студент выполняет контрольный тест в системе дистанционного обучения etest.bsmu.by. Как правило, контрольный тест включает 20 тестовых заданий, на выполнение которых отводится 12 минут.

Имеющийся там же входной контроль знаний каждый делает самостоятельно до занятия, входя в систему дистанционно.

Указания к оформлению протокола:

Дайте определение понятиям и ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Дайте определения понятиям:

а) физиология — это_____

_____

б) физиологическая функция — это _____

_____

в) регуляция — это _____

_____

г) гомеостаз — это _____

_____

Работа 1.3. Демонстрация учебных видеофильмов

1. Исследование кислотно-основного состояния крови.
2. Определение осмотического давления плазмы крови.
3. Гемолиз и его виды.

Работа 1.4. Техника взятия капиллярной крови (демонстрация)

Демонстрация проводится в виде просмотра учебного видеофильма в компьютерном классе кафедры или в ЭУМК.

***Материалы и оборудование*:** стерильные одноразовые скарификаторы, вата, пинцет; антисептик, СГО (санитарно-гигиеническая одежда: резиновые перчатки, маски, очки или щиток, непромокаемые фартук и нарукавники), ёмкость для отработанных материалов с дезраствором. Перед забором крови выполняется санитарная обработка рук медицинского персонала.

***Ход работы*.** Взятие капиллярной крови проводится следующим образом:

1. Пациент должен сидеть напротив врача, рука пациента (лучше нерабочая) должна находиться на столе.

2. Кожа пальца обследуемого дезинфицируется спиртом или дезраствором.

3. 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.

4. Скарификатор извлекается из одноразовой упаковки за край, противоположный колющему.

5. Прокол кожи делают в подушечке пальца в центральной или боковой точке, скарификатор погружают на всю глубину режущей поверхности.

6. Первую каплю крови снимают сухой стерильной ватой (чтобы не было примеси тканевой жидкости), тщательно вытирают палец (кожа должна быть сухой).

7. Следующая капля крови должна иметь выпуклый мениск и не растекаться по пальцу. Эту и последующие капли крови берут для анализа.

8. После забора крови место укола обрабатывается дезраствором.

ПРОТОКОЛ

1. Первую каплю крови не используют для анализов, так как: _____
_____

2. Скарификатор извлекают из индивидуальной упаковки со стороны: _____
_____

3. Кровь обычно берут из 4-го пальца руки, поскольку: _____
_____

4. Забор крови предпочтительно выполнять из _____ руки.

Работа 1.5. Определение гематокрита (демонстрация)

Показатель гематокрита отражает процентное содержание форменных элементов (в первую очередь эритроцитов) в общем объеме крови. У здорового человека гематокрит венозной и капиллярной крови составляет **0,40–0,49** (или **40–49 %**) **у мужчин** и **0,36–0,42** (**36–42 %**) **у женщин**.

Ход работы. Изучите демонстрацию определения гематокрита в ЭУМК, щелкая мышью по выделенным синим цветом ключевым словам.

Для определения уровня гематокрита крови используются: гематокритный капилляр, скарификатор, вата, дезраствор, центрифуга, глина или паста, шкала для определения гематокрита.

Кровь из пальца или венозную кровь набирают в специальные гематокритные капилляры, предварительно обработанные антикоагулянтом (гепарином или цитратом натрия). Капилляры запечатывают глиной или пастой (возможно использование резинового колпачка) и центрифугируют в течение 5 мин при 8000 об./мин. После этого по специальной шкале отмечают, какую часть капилляра в процентах составляют форменные элементы крови. Для этого нижний и верхний края столбика крови в капилляре совмещают с отметками «0 %» и «100 %» на шкале.

В современных гематологических анализаторах показатель гематокрита чаще всего рассчитывают на основании результатов определения количества эритроцитов (RBC) и их среднего объема (MCV).

Указания к оформлению протокола:

1. Изучите методику определения гематокрита.

2. Перемещая с помощью мышки гематокритный капилляр, определите показатель гематокрита.

3. Оцените полученный результат.

ПРОТОКОЛ

Значение гематокрита составило _____ % или _____.

Вывод: гематокрит _____ (в норме, выше, ниже нормы), что может быть обусловлено _____ (↑ или ↓) содержания эритроцитов в литре крови либо _____ (↑ или ↓) объема циркулирующей плазмы.

Работа 1.6. Гемолиз и его виды

Гемолиз — разрушение мембраны эритроцитов с выходом гемоглобина в плазму крови. 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; СГО; ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. В одну из пробирок 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 5 % раствора глюкозы. В каждую пробирку вносят по 2 капли крови и перемешивают содержимое. Результат оценивают через 45 мин.

№ пробирки	Раствор	Прозрачность раствора	Гемолиз (есть/нет)	Вид гемолиза (если есть)
1	0,9 % NaCl			
2	0,9 % NaCl + NH_4OH			
3	Дистиллированная вода			
4	5 % раствор глюкозы			

Работа 1.7. Определение границ осмотической устойчивости (резистентности) эритроцитов

Как видно из предыдущей (1.6) работы, осмотический гемолиз происходит в гипотонических растворах. При этом концентрация раствора, в котором будет происходить гемолиз, зависит в том числе от состояния мембраны самих эритроцитов.

Минимальная осмотическая устойчивость определяется той наибольшей концентрацией раствора NaCl, при которой разрушаются самые неустойчивые к набуханию эритроциты, что приводит к частичному гемолизу. Признаками частичного гемолиза является наличие осадка неразрушенных эритроцитов и окрашенный слой жидкости над осадком.

Максимальная осмотическая устойчивость определяется той наибольшей концентрацией раствора, при которой разрушаются все эритроциты — происходит полный гемолиз (содержимое пробирки прозрачно, окрашено в красный цвет, осадка нет («лаковая кровь»)).

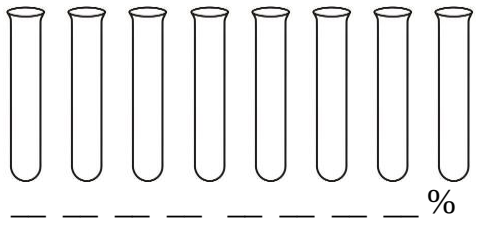
Осмотическая устойчивость эритроцитов снижается при заболеваниях, сопровождающихся повреждением их мембран, например при серповидноклеточной анемии, сфероцитозе, врождённом дефиците глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и др.

***Материалы и оборудование*:** штатив, 8 пробирок, 1 % NaCl, дистиллированная вода, кровь крысы, пипетки, резиновая пробка, СГО, антисептик, дезраствор, пинцет, вата, стеклограф.

Ход работы. Пронумеруйте пробирки и приготовьте в них гипотонические растворы от 0,60 до 0,25 % NaCl по следующей схеме:

№ пробирки	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1 % NaCl, мл	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
Дист. вода, мл	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Концентрация NaCl, %	**0,60**	**0,55**	**0,50**	**0,45**	**0,40**	**0,35**	**0,30**	**0,25**

В каждую пробирку добавьте по 1 капле крови, закройте пробкой, аккуратно перемешайте. Оставьте на 60 мин. Определите минимальную и максимальную осмотическую устойчивость эритроцитов.



Результаты опыта (нарисуйте)

ПРОТОКОЛ

1. Осмотическая устойчивость эритроцитов:

Min _____ % [N 0,46–0,48 % NaCl];

Max _____ % [N 0,32–0,34 % NaCl].

2. **Вывод**: _____

_____

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

Занятие 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ. ГЕМОПОЭЗ. ЭРИТРОЦИТОПОЭЗ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ТРОМБОЦИТОВ. ТРОМБОЦИТОПОЭЗ. СИСТЕМА ГЕМОСТАЗА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Эритроциты: количество, особенности строения, функции. Виды гемоглобина и его соединения, их физиологическое значение. Влияние факторов внешней среды на образование различных соединений гемоглобина.

2. Гемопоэз. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемопоэза. Эритроцитопоэз. Роль витаминов (B_{12}, B_9 и др.) и микроэлементов (Fe^{2+} и др.).

3. Тромбоциты: особенности строения, количество, функции. Тромбоцитопоэз. Понятие о системе гемостаза и его звеньях. Первичный и вторичный гемостаз и основные методы их оценки в амбулаторных условиях.

4. *Принципы ручных и автоматизированных методов исследования состава крови.*

5. *Оценка показателей первичного и вторичного гемостаза. Определение длительности кровотечения по Дюке, проба жгута.*

Вопросы для самоподготовки:

1. О чем говорит увеличение количества ретикулоцитов в периферической крови?

2. Какой общей причиной можно объяснить увеличение интенсивности эритропоэза при кровопотере, массивном гемолизе эритроцитов, дыхании при пониженном барометрическом давлении?

3. Зачем нужны переносчики кислорода в крови, если кислород из крови потребляется в виде свободно растворенного?

4. Какова валентность железа в растительной пище и какова — в молекуле гемоглобина?

5. Какова роль фактора Виллебранда?

6. Почему при тяжёлых заболеваниях печени возрастает время кровотечения?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

3. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума, материалы электронного атласа и ЭУМК.

4. *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. 211–216, 220–229.

Дополнительная

2. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 492–498, 505–513, 522–530, 532–533.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 2.1. Подсчет эритроцитов в счетной камере под микроскопом (демонстрация)

Подсчет форменных элементов крови может осуществляться как вручную, так и автоматически с помощью гемоанализаторов. Перед подсчетом кровь разбавляют 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 первой из которых набирают кровь; третья метка стоит за расширением смесителя, 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 в счётной камере применяют гипертонический **3 % раствор NaCl**, в котором эритроциты сморщиваются (плазмолиз). Это делает их более контрастными в поле зрения микроскопа.

Разбавление крови сегодня обычно проводится и в пробирке, при этом строго соблюдается соотношение объёмов крови и гипертонического раствора.

Ручной подсчет эритроцитов проводят в счетной камере, основу которой составляет толстое предметное стекло с желобками, в средней части которого на двух рабочих зонах нанесена **сетка Горяева**. Эта средняя часть стекла ниже боковых участков на 0,1 мм. При наложении покровного стекла над сеткой образуется пространство высотой в 0,1 мм.

Сетка Горяева разделена на большие квадраты, каждый из которых в свою очередь делится на 16 маленьких квадратов.

***Материалы и оборудование*:** микроскоп, кровь крысы, скарификаторы в стерилизаторах, фарфоровая чашечка, пинцет, вата, счётная камера, покровное стекло, смеситель для эритроцитов или пробирка, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором, резиновая груша с резиновой трубкой, по диаметру совпадающей с диаметром смесителя.

Ход работы.

1. 3 % раствор NaCl наливают в фарфоровую чашечку.
2. Смеситель для эритроцитов подсоединяют к груше.
3. Кровь крысы набирают в смеситель до отметки 0,5.
4. Из чашечки в смеситель набирается гипертонический раствор NaCl до отметки 101 (выше расширенной части смесителя).

5. Со смесителя аккуратно снимается трубка с грушей.

6. Смеситель зажимается с двух концов пальцами и несколько раз встряхивается; благодаря движению бусины в расширенной части кровь перемешивается с гипертоническим раствором.

7. На предметное стекло с сеткой Горяева накладывают покровное стекло и аккуратно его притирают к предметному до их прилипания друг к другу, а также появления радужной окраски на краях покровного стекла (стекла лучше предварительно обезжирить спиртом либо ацетоном).

8. Первые две капли раствора из смесителя сцеживаются на вату, а выступившей третьей каплей прикасаются к щели между предметным и покровным стеклами, так что капиллярными силами капля разведенной крови засасывается в пространство между предметным и покровным стеклами. Готовый препарат можно рассматривать в световой микроскоп.

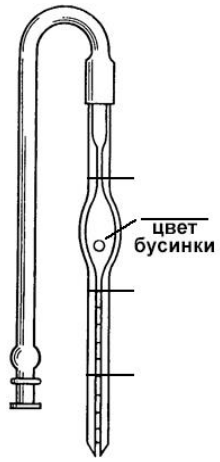
В данной лабораторной работе для удобства подсчет эритроцитов проводится по фотографии фрагмента счетной камеры со смесью эритроцитов.

Подсчет эритроцитов выполняют в **5 больших квадратах**, расположенных по диагонали. Клетки подсчитывают в соответствии с ***правилом Егорова***: к данному квадрату относятся все эритроциты, находящиеся внутри, а также на его левой и верхней границе.

Указания к оформлению протокола:

1. Подсчитайте суммарное число эритроцитов в 5 больших квадратах, расположенных по диагоналям фотографического снимка. Рассчитайте по формуле содержание эритроцитов в 1 л крови. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

2. Подпишите обозначения на меланжере, укажите цвет бусины.



Смеситель для эритроцитов

ПРОТОКОЛ

1. Число эритроцитов в больших квадратах:

в 1 ____; во 2 ____; в 3 ____; в 4 ____; в 5 ____.

Суммарное число эритроцитов (**Э**) в пяти больших квадратах равно _____ клеток.

2. Количество эритроцитов в 1 л крови (**X**) рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{Э \times 4000 \times 200}{80} \times 10^6 = Э \times 10^{10}. \quad X = _____ \times 10^{12} / л.$$

3. Нормальное содержание эритроцитов

у мужчин: _____, у женщин: _____

4. **Вывод:** _____

(норма, эритроцитоз, эритроцитопения (анемия))[1]

[1] В клинической практике значимыми считаются отклонения показателя от границы нормы более чем на 10 %.

Работа 2.2. Определение количества гемоглобина по способу Сали

Содержание гемоглобина (Hb) в крови здорового взрослого человека составляет: у мужчин — **130–170 г/л**; у женщин — **120–150 г/л**.

Содержание гемоглобина в крови определяют путем измерения количества продукта реакции, образующегося при взаимодействии гемоглобина с различными реактивами. Такое измерение проводится спектрофотометрическим или фотоэлектроколориметрическим методами.

Простейшим, но в то же время наглядным, является метод ***визуальной колориметрии***, основанный на образовании при взаимодействии гемоглобина с соляной кислотой ***солянокислого гематина*** — вещества, придающего содержащему его раствору коричневую окраску, и визуальной оценки окраски данного раствора относительно раствора стандартной концентрации.

***Материалы и оборудование*:** кровь крысы, стерильные скарификаторы, пинцет, вата, гемометр Сали в наборе, 0,1 N раствор HCl, дистиллированная вода, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Для определения содержания гемоглобина в среднюю пробирку до круговой метки наливают **0,1 N раствор HCl**. Набирают 20 мкл капиллярной или венозной крови, вытирают кончик пипетки и аккуратно выдувают кровь на дно пробирки, не допуская перемешивания с соляной кислотой. Приподнимают пипетку и промывают ее чистой соляной кислотой из слоя над кровью. Содержимое пробирки перемешивают стеклянной палочкой, пробирку помещают в штатив на 10 мин.

За это время из гемоглобина образуется солянокислый гематин, и раствор приобретает темно-коричневую окраску. Затем в пробирку пипеткой добавляют дистиллированную воду до тех пор, пока цвет раствора не станет таким же, как цвет стандарта в двух боковых пробирках (при каждом добавлении воды раствор перемешивают стеклянной палочкой; перед сравнением цвета растворов палочку извлекают).

Содержание гемоглобина определяют по градуировке пробирки. Число, стоящее на уровне нижнего мениска раствора, показывает содержание гемоглобина в граммах на 100 мл крови (г% или г/дл). Например, исследуемая кровь содержит 15,5 г% гемоглобина, следовательно, содержание гемоглобина 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 (нарисуйте)	**ПРОТОКОЛ** 1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови = _____ г% (г/дл), или _____г/л. 2. Нормальное содержание гемоглобина: у мужчин _____ г/л у женщин _____ г/л **Вывод:** содержание гемоглобина в исследуемой крови _____ (в норме, повышено, понижено) 3. Уменьшение содержания гемоглобина и/или эритроцитов ниже нормы называется: _____

Работа 2.3. Изучение механизмов регуляции гемопоэза на слайдах и схемах. Изучение потребности в витаминах, микроэлементах и незаменимых компонентах пищи для нормального гемопоэза (выполняется дома самостоятельно с использованием ЭУМК)

Заполните табл. 2.1 и 2.2. Изучите суточную потребность и роль важнейших витаминов и микроэлементов для гемопоэза.

Таблица 2.1

Суточная потребность в витаминах

Название	Суточная потребность	Назначение
Витамин B_2 (рибофлавин)		Для нормального осуществления окислительно-восстановительных реакций. При недостатке может развиваться анемия гипорегенеративного типа
Витамин B_6 (пиридоксин)		Для образования гема в эритроцитах. При недостатке вследствие нарушения образования гемоглобина развивается анемия
Витамин B_9 (фолиевая кислота)		Для синтеза ДНК в клетках костного мозга, поставляет один из нуклеотидов. При недостатке наблюдается ускорение разрушения эритроцитов и развивается анемия
Витамин B_{12} (цианокобаламин)		Для синтеза нуклеопротеинов, созревания и деления клеток. При недостатке витамина в костном мозге образуются мегалобласты — крупные медленно созревающие клетки; из них образуются короткоживущие крупные эритроциты (мегалоциты). Вследствие замед-

Название	Суточная потребность	Назначение
		ленного поступления в кровь эритроцитов и их быстрого разрушения развивается B_{12}-дефицитная анемия
Витамин С		Для нормального эритропоэза на его основных этапах. Способствует всасыванию железа из ЖКТ, его мобилизации из депо; метаболизму фолиевой кислоты
Витамин Е (α-токоферол)		Совместно с селеном защищает мембраны клеток от действия продуктов перекисного окисления. При недостатке возрастает вероятность гемолиза эритроцитов
Витамин РР (никотиновая кислота)		Защищает мембрану эритроцитов и гемоглобин от окисления. Входит в состав НАД и НАДФ

Таблица 2.2

Суточная потребность в микроэлементах

Название	Суточная потребность	Назначение
Железо		Для образования гемо- и миоглобина; ферментов транспортной цепи электронов в митохондриях; синтеза ДНК; деления клеток; эффективной работы детоксикационных механизмов при участии цитохрома Р-450
Кобальт		Для синтеза гемоглобина; способствует утилизации железа. Для стимуляции синтеза и выделения эритропоэтина в почке. При недостатке кобальта развивается анемия
Медь		Для всасывания железа в ЖКТ, мобилизации его резервов из печени и ретикулярных клеток
Цинк		Для обеспечения функций фермента карбоангидразы. При недостатке цинка развивается лейкопения
Селен		Для защиты мембран клеток (в том числе клеток крови) от действия продуктов перекисного окисления и предотвращения гемолиза эритроцитов; входит в состав дейодиназ, участвующих в конверсии гормона щитовидной железы тироксина (T_4) в трийодтиронин (T_3)

Работа 2.4. Вычисление цветового показателя и других эритроцитарных индексов

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

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

Цветовой показатель (ЦП) — ***относительная*** величина, показывающая содержание гемоглобина в одном эритроците пациента относительно стандартного. ЦП 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:

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

Например, содержание гемоглобина в крови равно 152 г/л, количество эритроцитов равно $4{,}56 \times 10^{12}$/л; тогда МСН равен 152: $4{,}56 \times 10^{12} = 33{,}3 \times 10^{-12}$ г = 33,3 пг; ЦП равен 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**, наблюдающаяся при недостатке в организме витамина B_{12} и/или фолиевой кислоты).

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

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

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

В норме МСНС составляет **30–37 г/дл**. В отличие от МСН, МСНС не зависит от клеточного объёма, его снижение является чувствительным показателем нарушения гемоглобинообразования. Увеличение данного

показателя в 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 [2]. 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:

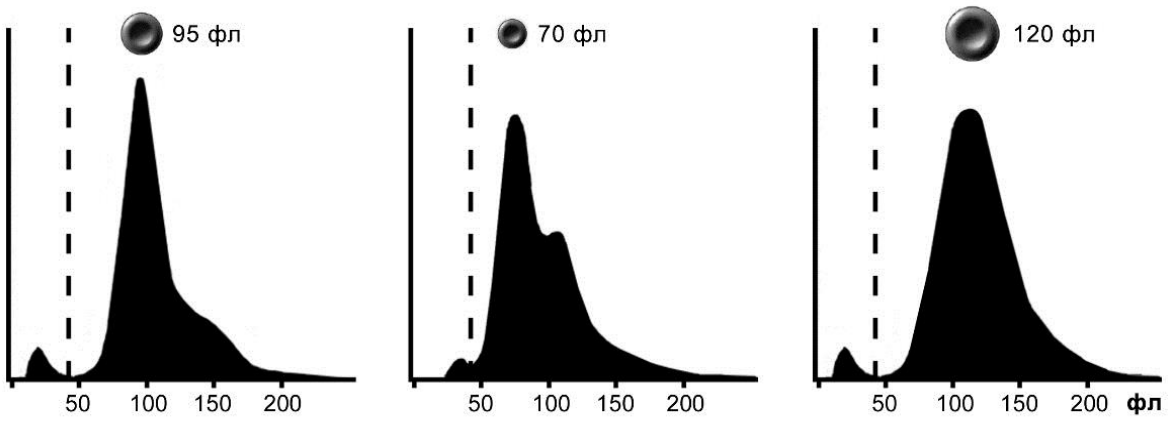
$$\text{RDW} = \frac{\text{SD} \times 100\,\%}{\text{MCV}},$$

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 эритроцитов (анизоцитоз), при этом MCV становится малоинформативным в силу своей усреднённости. С другой стороны, при наличии в крови клеток с измененным, 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. 2.1). Повышение RDW, характерно для анемий с выраженным анизоцитозом — железодефицитной, B_{12}-дефицитной.

[2] 1 фл = 1 мкм^3 = 10^{-15} л.



а ***б*** ***в***

Рис. 2.1. Кривые распределения эритроцитов и тромбоцитов:
а — нормальная гистограмма (MCV — 96 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:

Рассчитайте эритроцитарные индексы исследуемой крови, пользуясь данными предыдущих работ. Оцените полученный результат, сравнив полученные показатели с нормой.

ПРОТОКОЛ

1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови равно _____ г/л.
   Количество эритроцитов в исследуемой крови равно _____ × _____/л.
2. Рассчитайте показатели: _____

Показатель	**Норма** (с единицами измерения)
МСН = **:** **=** $\times 10^{-12}$ г =	
ЦП = × **:** **=**	

3. **Вывод:** _____

Работа 2.5. Определение и физиологическая оценка показателей первичного гемостаза

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 меж-

ду которыми проходят в микроциркуляторном русле и приводят к образованию тромбоцитарной пробки (белого тромба). Механизм первичного гемостаза:

– временный (первичный) **спазм** сосудов;

– **адгезия** тромбоцитов (с участием фактора Виллебранда)

– их **активация** и секреция содержимого гранул (с участием тромбоксана A_2 через фосфолипазный механизм), а также

– **агрегация** (сначала обратимая, а затем необратимая (под действием тромбина)) *тромбоцитов с образованием тромбоцитарной пробки*;

– **ретракция** (сокращение и уплотнение) тромбоцитарной пробки.

В норме остановка кровотечения из мелких сосудов занимает **2–4** мин. 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).

Важнейшие 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 при нарушении нормального состояния стенки капилляров появляется повышенная ломкость сосудов, и при механическом воздействии либо возрастании давления крови в капиллярах на коже возникают многочисленные петехии (точечные кровоизлияния) или кровоподтек, свидетельствующие о нарушении сосудистого компонента гемостаза.

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

Ход работы. Исследование проводят на предплечье. Отступите 1,5–2,0 см от локтевой ямки и, пользуясь шаблоном, очертите круг 2,5 см в диаметре. Тщательно осмотрите кожу в круге: имеются ли в этом круге петехии, их количество. На плечо наложите манжетку тонометра и создайте в ней давление в **80 мм рт. ст**. Давление поддерживайте строго на одном уровне в течение 5 мин, подкачивая воздух по мере необходимости. Следите, чтобы рука обследуемого лежала свободно и была максимально расслаблена во время проведения теста. Пульсация на лучевой артерии должна сохраняться. При таком уровне давления в манжетке сохраняется артериальный приток крови к предплечью, но прекращен венозный отток

от него, в результате давление крови в капиллярах предплечья повышается в 2–3 раза (с 25–30 до 80 мм рт. ст.).

Через 10–15 мин после проведения теста в очерченной области подсчитайте все появившиеся петехии с учетом уже имевшихся. При подсчете петехий обращайте внимание не только на их число, но и на размер. 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 эндокринных изменений (менструальный период), инфекционно-токсических воздействий (сепсис и др.), С-гиповитаминозе, нарушении выработки фактора Виллебранда и др.;

– наличии тромбоцитопений и/или тромбоцитопатий, а также действия некоторых других факторов.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.
2. Оцените результат пробы.

ПРОТОКОЛ

1. Количество петехий в круге до проведения теста _____ (нет, 1, 2, 3 ...).
   Количество петехий в круге через 10–15 мин после проведения теста _____ (нет, 1, 2, 3 ...). При наличии петехий укажите их диаметр _____ (до 1 мм или более 1 мм).
2. **Вывод.** Проба жгута _____
   (отрицательная или положительная)

Б. Длительность кровотечения по Дюке́ для оценки тромбоцитарного компонента первичного гемостаза (демонстрационная работа).

В мякоть 4-го пальца скарификатором делается укол на глубину 3 мм. При соблюдении этого условия кровь выделяется самопроизвольно без нажима. После прокола включается секундомер. К первой же выступившей капле прикасаются полоской стерильной фильтровальной бумаги, которая впитывает кровь. Далее стерильной фильтровальной бумагой снимают вновь выступившую каплю крови каждые 30 с до тех пор, пока на фильтровальной бумаге не перестанут оставаться следы крови. После этого отмечается время остановки кровотечения, и его продолжительность. **У здоровых людей длительность кровотечения, определяемая по методу Дюке́, составляет 2–4 мин.** Удлинение времени кровотечения 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.

Ход работы. На рис. 2.2 выберите один из результатов проведенной пробы по Дюке. Измеряем общую продолжительность кровотечения из расчета: расстояние между двумя соседними отпечатками капель крови = 30 сек.

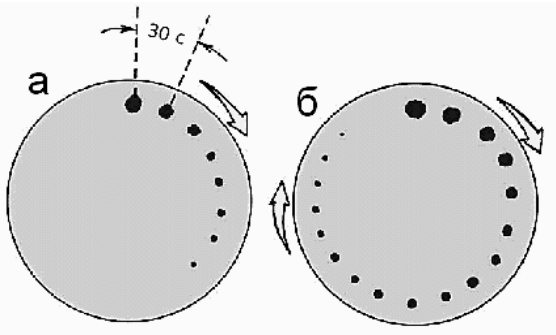


Рис. 2.2

Указания к оформлению протокола:

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

ПРОТОКОЛ

1. Длительность кровотечения для результата____ (**а** либо **б**, в зависимости от того, какой результат Вы анализируете) составляет: _____ мин _____ с.

2. **Вывод:** длительность кровотечения _____, что свидетельствует о _____ (сохранении, нарушении) функции _____ (первичного или вторичного) гемостаза.

В. Подсчет числа тромбоцитов (оценка тромбоцитарного компонента первичного гемостаза).

Данный метод особенно полезен, поскольку (благодаря наличию современных гемоанализаторов) прост в выполнении и коррелирует с проявлением кровотечения.

Содержание тромбоцитов в периферической крови в норме составляет $(150–450)\cdot10^9$/л.

- Снижение количества тромбоцитов в крови человека менее $150\cdot10^9$/л рассматривается как **тромбоцитопения**.
- Если число тромбоцитов превышает $100\cdot10^9$/л, то время кровотечения остается в пределах нормы.

- Число тромбоцитов (50–100)·10^9/л служит причиной умеренного удлинения времени кровотечения, которое проявится только при серьезной травме или другом стрессовом состоянии.
- У больных с числом тромбоцитов (20–50)·10^9/л отмечаются незначительные кровоизлияния в виде кожной пурпуры при необширной травме и кровотечения при повреждении слизистых оболочек.
- При числе тромбоцитов менее 20·10^9/л отмечается выраженная тенденция к спонтанным кровотечениям, при этом может произойти внутричерепное кровоизлияние и кровоизлияние в другие внутренние органы.

Тромбоцитоз — увеличение количества тромбоцитов более 450·10^9/л — активирует первичный и вторичный гемостаз и, следовательно, клиническими проявлениями такой ситуации могут быть тромбозы и тромбоэмболии различной локализации, нередко, рецидивирующие.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ. ЛЕЙКОПОЭЗ. НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ И СПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Лейкоциты, их виды, количество, функции. Лейкоцитарная формула, возрастные особенности. Лейкоцитоз и лейкопения.
2. СОЭ: определение, факторы, влияющие на нее.
3. *Общий клинический анализ крови и физиологическая оценка его результатов.*

Вопросы для самоподготовки:

1. Как изменится СОЭ при анемии, нарушении белоксинтезирующей функции печени, гипергаммаглобулинемии, эритроцитозе?
2. Назовите три признака острого воспаления согласно общему анализу крови.
3. Как изменится скорость оседания эритроцитов (СОЭ) при уменьшении частичного отрицательного заряда (дзета-потенциала) их мембраны?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума, материалы электронного атласа 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. С. 216–220.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 498–507, 531–532.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 3.1. Подсчёт лейкоцитов в счётной камере под микроскопом (демонстрация)

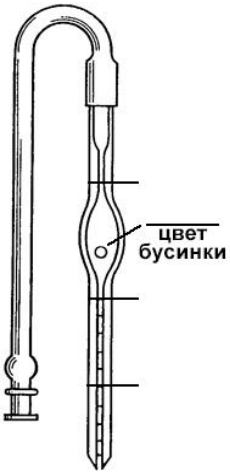
***Материалы и оборудование*:** кровь крысы, смеситель для лейкоцитов, счетная камера, 5 % раствор окрашенной уксусной кислоты; стерильные скарификаторы (для демонстрации), вата, пинцет; дезраствор, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. В смеситель для лейкоцитов набирают кровь до метки 0.5, затем 5 % раствор уксусной кислоты, подкрашенной красителем метиленовым синим, до метки 11 (20-кратное разведение крови). *Уксусная кислота разрушает плазматические мембраны всех форменных элементов, а метиленовый синий окрашивает ядра лейкоцитов*. Встряхивают смеситель 1–2 мин. Первую каплю снимают ватой и заполняют камеру жидкостью из ампулы смесителя.

Подсчет числа лейкоцитов в данной лабораторной работе производится по микрофотографиям лейкоцитов в счётной камере (раздел «Атлас» в ЭУМК в разделе по теме занятия).

Содержание лейкоцитов в крови в норме составляет **(4–9) × 10^9/л**.

Подсчитывают лейкоциты (их **ядра**) при малом увеличении **в 25 больших квадратах** (учитывая ограничения фотоснимка, проведите подсчёт в пяти больших квадратах и умножьте полученный результат на 5).

 Меланжер для лейкоцитов	**ПРОТОКОЛ** 1. Число лейкоцитов в 25 больших квадратах L = _____ клеток 2. Количество лейкоцитов (X) в 1 л крови рассчитывается по формуле: $X = \frac{L \times 4000 \times 20}{80} \times 10^6 = L \times 2 \times 10^8$/л X=_____$\times 10^8$/л = _____$\times 10^9$/л 3. Количество лейкоцитов в норме: _____ 4. **Вывод:** _____ (норма, лейкоцитоз, лейкопения)

Работа 3.2. Подсчет процентного соотношения отдельных форм лейкоцитов в мазке крови (лейкоцитарная формула)

Лейкоцитарная формула — процентное содержание каждого отдельного вида лейкоцитов в крови относительно всех лейкоцитов (взятых за 100 %).

Лейкоцитарная формула дает представление об **относительном** содержании лейкоцитов. Абсолютное количество различных видов лейкоцитов рассчитывают по формуле:

$$N = A \cdot B / 100,$$

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.

Подсчет лейкоцитарной формулы осуществляется в мазке крови, окрашенном по Романовскому–Гимзе (см. одноименный рисунок в раздел «Атлас» в ЭУМК в разделе по теме занятия, либо в электронном атласе в компьютерном классе кафедры).

Ход работы. Изучите морфологию различных видов лейкоцитов на микрофотографиях. Подсчитайте соотношение различных форм лейкоцитов (в %) в окрашенном мазке крови по его фотографии, используя формулу:

$$A(\%) = l \cdot 100 / L,$$

где l — количество лейкоцитов определенного вида; L — общее количество лейкоцитов в мазке крови.

Для оценки размеров клеток сравнивайте их с размером эритроцитов (6–8 мкм).

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Внесите подсчитанное число различных форм лейкоцитов в таблицу.

2. Рассчитайте процентное содержание различных форм лейкоцитов, *округлив до целых*, сравните результаты расчёта с данными у других студентов группы.

Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ

Содержание различных видов лейкоцитов в крови взрослого человека

Общее число лейкоцитов		**Нейтрофилы**			**Эозинофилы**	**Базофилы**	**Моноциты**	**Лимфоциты**
		ю	**п**	**с**				
Кол-во клеток В мазке, в %								
Норма, %	**100**	**0–1**	**1–5**	**47–76**	**1–5**	**0–1**	**2–10**	**18–40**

Вывод. Лейкоцитарная формула: _____
(в норме; базо-, эозино-, нейтрофилия (или -пения); моноцитоз, лимфоцитоз; моноцитопения, лимфоцитопения; сдвиг влево или вправо)

Работа 3.3. Определение СОЭ по методу Панченкова

Эритроцитам свойственно осаждаться на дно сосуда (особенно при условии отсутствия свертывания крови). Это обусловлено тем, что удельный вес эритроцитов (1,096 г/мл) выше, чем плазмы (1,027 г/мл).

Вначале оседают не связанные между собой эритроциты, затем наступает их агломерация, и скорость оседания возрастает. **В норме у молодых здоровых людей СОЭ составляет у мужчин 1–10 мм/ч, у женщин — 2–15 мм/час**.

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.

Таким образом, *СОЭ повышается*:

– при воспалительных заболеваниях и 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: при анемиях различного генеза, также меньше у женщин по сравнению с мужчинами;

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

– при болезнях почек с нефротическим синдромом (из-за потери альбуминов с мочой и развития гипоальбуминемии);

– при некоторых эндокринных заболеваниях (тиреотоксикозе и сахарном диабете);

– при злокачественных опухолях и гемобластозах (по причине увеличения содержания в крови крупномолекулярных белков и/или угнетения эритропоэза и развития анемии);

Уменьшение СОЭ вызывают:

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

– эритремия;

– повышение содержания альбуминов или желчных пигментов.

***Материалы и оборудование*:** кровь (лабораторного животного) в пробирке, прибор Панченкова, часовое стекло (предметное стекло с углублением), либо фарфоровая чашечка; СГО, антисептик, 5%-ный раствор лимоннокислого натрия, емкость с дезраствором, комнатный термометр.

Ход работы. Для определения СОЭ используется прибор Панченкова. Пипетку (капилляр) прибора промойте 5%-ным раствором лимоннокислого натрия, наберите цитрат до метки Р (реактив, 50 делений) и осторожно выдуйте его на сухое часовое стекло. Затем дважды наберите кровь из пальца до метки К (кровь, 100 делений). Кровь тщательно перемешайте с лимоннокислым натрием на часовом стекле. Смесь наберите в ту же пипетку до метки О. Пипетку поставьте в штатив на 1 ч. строго вертикально. Через час оцените разницу (в миллиметрах) между уровнями плазмы и осевших эритроцитов крови.

При определении СОЭ строго соблюдайте: точность соотношения цитрата и крови — 1 : 4; вертикальность расположения пипетки в штативе; температуру в помещении — 18–22 °С (при более низкой температуре СОЭ может замедляться, а при более высокой — увеличиваться).

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Зарисуйте прибор Панченкова.
2. Ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.
4. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой

Прибор Панченкова (нарисуйте)	**ПРОТОКОЛ** 1. СОЭ исследуемой крови = _____ мм/ч. 2. В норме СОЭ: у мужчин _____ мм/ч; у женщин _____ мм/ч. 3. При определении СОЭ кровь смешивают с 5 % раствором лимоннокислого Na, для _____ Вывод _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЭ ПО МЕТОДУ ВЕСТЕРГРЕНА

Этот метод определения СОЭ широко распространён в мире и в последнее время всё чаще используется в нашей стране. Забор крови проводится в вакуумную пробирку с противосвертывающим раствором ЭДТА. Измерение СОЭ проводится в капилляре Вестергрена со шкалой 200 мм и внутренним диаметром 2,5 мм (на автоматических анализаторах величина СОЭ определяется с учетом поправки на температуру). Считается, что в этих условиях СОЭ определяется более точно.

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.

Работа 3.4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Общий клинический анализ крови — одно из самых распространенных лабораторных исследований, включающее определение следующих основных показателей:

1) количества эритроцитов в 1 л крови;
2) содержания гемоглобина (г/л);
3) расчета цветового показателя;
4) скорости оседания эритроцитов;

5) количества лейкоцитов в 1 л крови;

6) лейкоцитарной формулы.

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

По показателям общего клинического анализа крови врач может оценить дыхательную функцию крови (по концентрации гемоглобина и количеству эритроцитов), интенсивность эритропоэза (по количеству ретикулоцитов), интенсивность лейкопоэза (по количеству незрелых форм лейкоцитов и сдвигу лейкоцитарной формулы), предположить наличие инфекционно-воспали-тельных и аутоиммунных процессов в организме и т. д.

Ход работы. *А*. Проанализируйте результаты общего анализа крови, полученного при помощи гематологического анализатора.

Список сокращений основных гематологических показателей, получаемых при автоматическом анализе крови на гематологических анализаторах:

WBC (white blood cells) — общее число лейкоцитов;

RBC (red blood cells) — количество эритроцитов;

HGB (hemoglobin) — содержание гемоглобина;

HCT (hematocrit) — показатель гематокрита;

MCV (mean corpuscular volume) — средний объем эритроцита;

MCH (mean corpuscular hemoglobin) — среднее содержание гемоглобина в эритроците;

MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration) — содержание гемоглобина в 100 мл эритроцитов (концентрация гемоглобина в одном эритроците);

PLT (platelets) — количество тромбоцитов;

W-SCR — процентное содержание лейкоцитов малого размера, т. е. лимфоцитов;

W-LCR — процентное содержание лейкоцитов большого размера, т. е. суммарное процентное содержание нейтрофилов + моноцитов + базофилов + эозинофилов;

W-SCC или **LYMPH** — абсолютное количество лейкоцитов малого размера, т. е. лимфоцитов;

W-LCC или **MO + GR** представляет собой абсолютное количество клеток большого размера, т. е. суммарное количество нейтрофилов + моноцитов + базофилов + эозинофилов;

RDW (red cell distribution width) — ширина распределения эритроцитов по объему;

PDW (platelet distribution width) — ширина распределения тромбоцитов по объему;

MPV (mean platelet volume) — средний объем тромбоцитов.

Содержание тромбоцитов (**PLT**) в периферической крови в норме составляет (150–450)·10^9/л. Средний объем тромбоцитов (**MPV**) в норме составляет 6,5–12 фл.

Таблица 3.1

Показатели красной крови у взрослых здоровых людей, получаемые с помощью автоматических и полуавтоматических гемоанализаторов

Группа	Общее число эритроцитов (RBC*10^{12}/L)	Ретикулоциты (%)	Гемоглобин HGB (g/L)	Гематокрит HCT (L/L)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	RDW (%)
Взрослые мужчины	3,9–5,1	0,5–1,2	130–170	0,40–0,49	80–100	25,4–34,6	30–37	11,5–14,5
Взрослые женщины	3,7–4,9	0,5–1,2	120–150	0,36–0,42	79–98	25,4–34,6	30–36	11,5–14,5

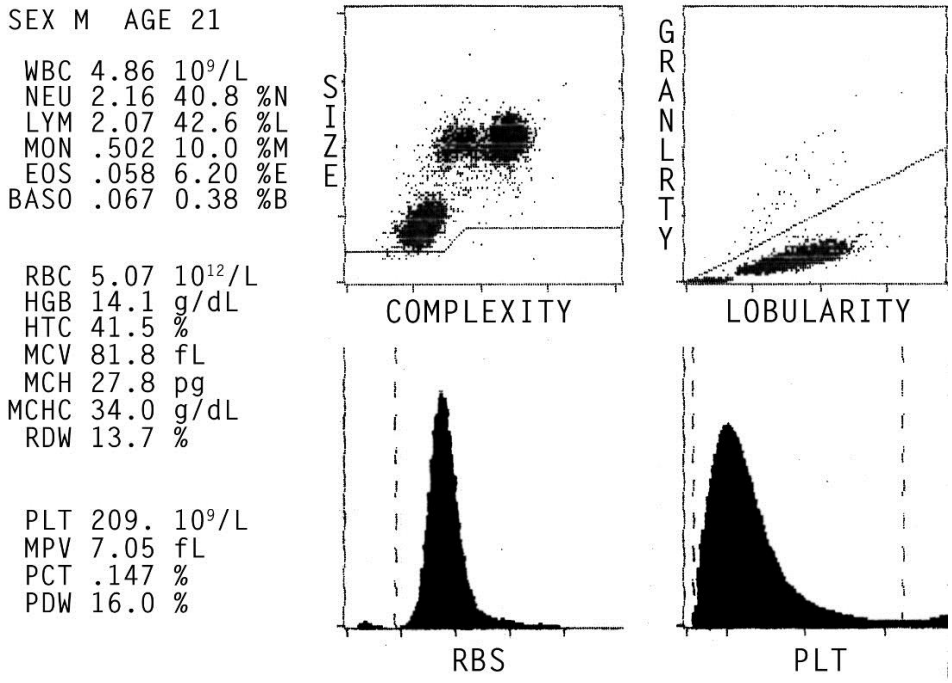


Рис. 3.1. Общий анализ крови[3]:

Size — размер лейкоцитов; *complexity* — сложность строения; *granlrty* — гранулярность; *lobularity* — дольчатость ядер.

Рассчитайте ЦП: _____

Вывод: _____

(гипо-, нормо- или гиперхромия)

[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.

Б. Проанализируйте результаты ОАК молодой женщины. Рассчитайте цветовой показатель, МСН, индекс сдвига. В заключении укажите отклонения от нормы (при наличии).

ПРОТОКОЛ

Показатель	Норма	Результат	Оценка
1. Эритроциты (RBC)	**(3,9–5,1) × 10^{12}/л, м** **(3,7–4,9) × 10^{12}/л, ж**	3,4 × 10^{12}/л	
2. Гемоглобин (HGB)	**130–170 г/л, м** **120–150 г/л, ж**	110 г/л	
3. Цвет. показатель (ЦП)	**0,8–1,05**	=	
4. МСН	**25,4–34,6 пг**	=	
4. Лейкоциты (WBC)	**(4–9) × 10^{9}/л**	12,6 × 10^{9}/л	
5. Лейкоцитарная формула:	**100 %**	=	
5.1. Нейтрофилы: миелоциты юные палочкоядерные сегментоядерные	 **0 %** **0–1 %** **1–5 %** **47–76 %**	 1 % 2 % 9 % 48 %	
5.2. Эозинофилы	**1–5 %**	3 %	
5.3. Базофилы	**0–1 %**	1 %	
5.4. Моноциты	**2–10 %**	7 %	
5.5. Лимфоциты	**18–40 %**	29 %	
6. СОЭ	**1–10 мм/ч, м** **2–15 мм/ч, ж**	18 мм/ч	
Индекс сдвига[4]	**0,05–0,1**	=	
Ретикулоциты	**0,5–1,2 %**	0,6 %	
Тромбоциты	**(140–450) × 10^{9}/л**	518 × 10^{9}/л	

Заключение:

_____

_____

[4] **Индекс сдвига** (индекс регенерации) — это **отношение** количества миеллоцитов, юных и палочкоядерных нейтрофилов к количеству сегментоядерных нейтрофилов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

РУЧНЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ

При использовании классических ручных методов общего анализа 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 отличие от ручных методов исследования, автоматические 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 современных гемоанализаторах для подсчета клеток крови используется принцип проточной цитометрии с кондуктометрическим и/или оптическим методами регистрации сигналов. Кондуктометрический метод основан на измерении разницы электропроводности клеток крови и используемого для разбавления жидкости (электролита) что 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, 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 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. Оптический метод дает возможность производить дифференциальный подсчет всех основных типов лейкоцитов. Для определения содержания гемоглобина в большинстве гематологических анализаторов используется гемоглобинцианидный метод. Знание показателей гематокрита, гемоглобина и эритроцитов позволяет рассчитать эритроцитарные индексы.

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

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 4. ГРУППЫ КРОВИ. СИСТЕМЫ АВ0; РЕЗУС (RhD) И ДР. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДБОРА ДОНОРСКОЙ КРОВИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Группы крови (системы: АВ0, RhD, HLA и др.). Определение группы крови в системе АВ0.

2. Принципы переливания крови. Факторы риска при работе с кровью: для медицинского персонала, реципиентов, доноров.

3. *Методы определения групповой принадлежности крови в системе АВ0.*

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем важнейшие отличия системы АВ0 от системы резус-фактора?

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

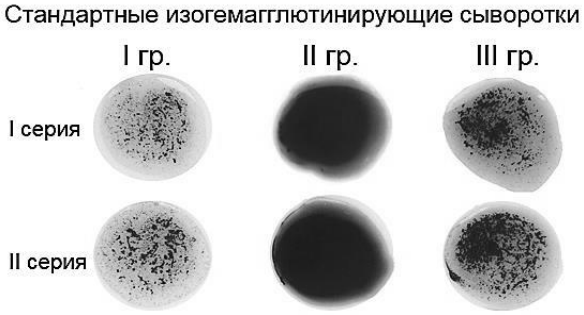


Рис. 4.1

3. Врач смешал исследуемую кровь со стандартными сыворотками в соотношении 10 : 1. Возможно ли определение групп крови и почему?

4. Что такое резус-конфликт, и как предотвратить его?

5. В чем заключается отличие методов определения группы крови системы АВ0 с помощью стандартных сывороток и моноклональных реагентов?

6. Какова методика выполнения пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора, а также биологической пробы?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума, материалы электронного атласа 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. С. 229–234.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 513–522.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 4.1. Определение группы крови в системе АВ0 при помощи стандартных сывороток (демонстрационная работа)

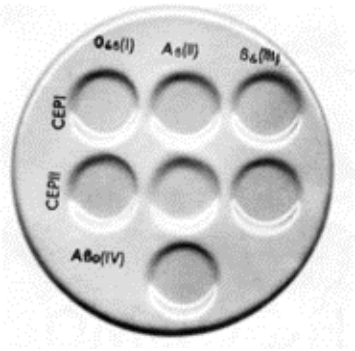


Рис. 4.2

Групповую принадлежность исследуемой крови чаще всего определяют по реакции гемагглютинации с помощью стандартных сывороток. В ее основе лежит взаимодействие между антигенами эритроцитов исследуемой крови и соответствующими антителами стандартной сыворотки. Так как антитела, содержащиеся в стандартных сыворотках, заранее известны, то по результатам наличия или отсутствия агглютинации можно определить, какие антигены находятся на поверхности эритроцитов, и, значит, к какой группе в системе АВ0 принадлежит исследуемая кровь.

***Материалы и оборудование*:** стандартные сыворотки 0αβ(I), Aβ(II), Bα(III) и AB_0(IV) групп двух различных серий с пипетками к ним; планшеты для определения групп крови (рис. 4.2); изотонический (0,9%-ный) раствор NaCl; предметные стекла; кровь лабораторного животного в пробирке; скарификаторы (только для демонстрации); вата; антисептик; СГО, термометр для измерения температуры воздуха, емкость с дезраствором.

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

В соответствующую лунку планшета нанесите 0,1 мл (1 большая капля) каждой стандартной сыворотки. (Сыворотка наносится по порядку: слева направо — сыворотка первой группы, затем второй, затем третьей, то есть αβ – β – α).

Нанесите каплю крови на предметное стекло. Затем разными уголками другого предметного стекла (либо стеклянными палочками) последовательно внесите кровь в капли сыворотки и тщательно размешайте. Количество вносимой крови должна быть в 10 раз меньше капли сыворотки. Затем путем покачивания планшета тщательно перемешайте кровь с сывороткой. Наблюдение за ходом реакции проводите не менее 5 мин, несмотря на то что агглютинация начинается в течение первых 10–30 с, так как возможна поздняя агглютинация, например, с эритроцитами группы A_2β(II). По мере наступления агглютинации, но не ранее чем через

3 мин, в те капли, в которых наступила агглютинация, добавьте по 1 капле изотонического раствора NaCl и продолжайте наблюдение при покачивании тарелки до окончания 5 мин, после чего оцените результат.

Реакция в каждой капле может быть положительной или отрицательной. При положительной реакции в смеси появляются видимые невооруженным глазом мелкие хлопья (агглютинаты), состоящие из склеенных эритроцитов, а сыворотка частично обесцвечивается. В случае отрицательной реакции на протяжении всего времени наблюдения содержимое капель остается равномерно окрашенным в красный цвет, и в нем не обнаруживаются агглютинаты. Результаты реакции в каплях с сыворотками одной группы обеих серий должны быть одинаковыми.

Возможны четыре различных комбинации реакций:

1) агглютинины всех трех стандартных сывороток не вызвали реакции агглютинации. В этом случае испытуемая кровь принадлежит к группе 0αβ(I);

2) агглютинины стандартных сывороток групп 0αβ(I) и Bα(III) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы Aβ(II) — отрицательную. Испытуемая кровь принадлежит к группе Aβ(II);

3) агглютинины стандартных сывороток групп 0αβ(I) и Aβ(II) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы Bα(III) — отрицательную. Испытуемая кровь принадлежит к группе Bα(III);

4) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп вызвали положительную реакцию агглютинации. Испытуемая кровь принадлежит к группе AB_0(IV). Однако, прежде чем дать такое заключение, необходимо провести дополнительное контрольное исследование со стандартной сывороткой AB_0(IV) группы для исключения неспецифической агглютинации. Отсутствие агглютинации в этом исследовании позволяет отнести исследуемую кровь к группе AB_0(IV). Наличие агглютинации с сывороткой группы AB_0(IV) может произойти по причине неспецифической агрегации эритроцитов (исключить это помогает дополнительное внесение 0.9 % NaCl), либо агглютинация эритроцитов антителами сыворотки, не относящимися к системе AB0. В этом случае исследование следует повторить с другим набором стандартных сывороток, либо с моноклональными антителами.

Ошибки при определении групповой принадлежности крови возможны в ситуациях, когда агглютинация не выявляется или появляется ложная агглютинация.

Невыявление агглютинации может быть обусловлено: 1) замедлением этой реакции при высокой температуре окружающей среды > 25 °C (помните, что определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25 °C); 2) добавлением к стандартным сывороткам избыточного количества исследуемой

крови, что ведет к снижению в них титра агглютининов (помните, что капля вносимой крови должна быть в 10 раз меньше капли сыворотки); 3) слабой активностью стандартной сыворотки или низкой агглютинабельностью эритроцитов.

Выявление ложной агглютинации при ее фактическом отсутствии может быть обусловлено подсыханием капли сыворотки и образованием «монетных» столбиков эритроцитов или проявлением 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 (см. дополнение).

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Заполните табл. 4.1 и 4.2. В табл. 4.1 укажите, какие агглютинины и агглютиногены содержатся в крови 0αβ(I), Aβ(II), Bα(III) и AB_0(IV) групп. В табл. 4.2 укажите, в каком случае происходит (+) или не происходит (–) агглютинация.

2. Зарисуйте схему опыта определения группы крови в системе АВ0 для исследовавшейся на занятии крови.

3. Сделайте вывод, к какой группе в системе АВ0 относится исследовавшаяся кровь.

ПРОТОКОЛ

Таблица 4.1

Группы крови	**Агглютиногены (антигены) эритроцитов**	**Агглютинины (антитела) сыворотки**
0αβ(I)		
Aβ(II)		
Bα(III)		
AB_0(IV)		

Таблица 4.2

Группы крови	**Группы стандартных сывороток**			
	αβ(I)	β(II)	α(III)	$_0$(IV)
0αβ(I)				
Aβ(II)				
Bα(III)				
AB_0(IV)				

Укажите антитела в стандартных сыворотках: _____ _____ _____ _____ **Схема опыта определения группы крови в системе АВ0 (*нарисуйте*)**	**Вывод.** Исследовавшаяся кровь относится к _____ группе в системе АВ0, т. к. ее эритроциты _____ (содержат/не содержат) агглютиногены _____ (А, В)

Работа 4.2. Определение резус-принадлежности крови

***Материалы и оборудование*:** универсальный реагент антирезус для экспресс-метода; 0,9 % раствор NaCl; резиновая пробка; кровь лабораторного животного в пробирке; вата, пинцет и стеклянная палочка в 6 % растворе перекиси водорода; пробирка, антисептик, СГО, ёмкость для сбора отработанного материала с дезраствором.

Ход работы. На дно пробирки помещают 1 каплю универсальной антирезусной сыворотки 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 четко выраженной агглютинации следует проводить вращение пробирки в горизонтальном положении не менее 5 мин. Затем для исключения неспецифической агглютинации эритроцитов в пробирку добавляют 2–3 мл изотонического раствора NaCl, закрывают пробирку пробкой и перемешивают, не взбалтывая, путем 2–3-кратного перевертывания пробирки. Оценку результатов проводят визуально.

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

Ошибки при определении групповой принадлежности крови по RhD-фактору как правило связаны с ситуациями, когда агглютинация не выявляется.

Отсутствие агглютинации для RhD+ крови 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) несоблю-

дением времени контакта эритроцитов с реагентом и ранним добавлением физраствора или интенсивным встряхиванием пробирки.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Укажите основные компоненты схемы определения резус-принадлежности крови на рис. 4.3, подпишите пробирки.

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

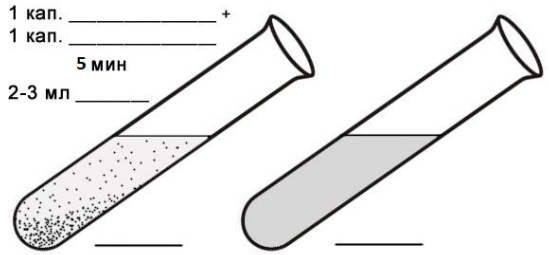


Рис. 4.3. Схема опыта определения резус-принадлежности крови (подпишите RhD+ и RhD–)

ПРОТОКОЛ

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

Работа 4.3. Определение группы крови в системах AB0 и RhD при помощи моноклональных антител (демонстрация)

Перед выполнением работы просмотрите учебные фильмы в компьютерном классе кафедры.

Используемые для определения групп крови **стандартные** сыворотки получают из препаратов крови человека. Для этого требуется большое количество донорской крови, и часто полученные сыворотки обладают низкой активностью, в связи с чем приходится использовать сыворотки, полученные от специально иммунизированных людей.

В настоящее время все 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.

Преимуществами моноклональных реагентов является их высокая активность, стандартность, надежность выявления соответствующих антигенов, отсутствие ложноположительных реакций, что, в первую оче-

редь, 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 по системе АВ0 необходимо **два вида моноклональных реагентов — анти-А и анти-В**, которые продуцируются двумя различными гибридомами и содержат соответственно **α-** и **β-агглютинины**. Для определения группы крови по системе RhD необходим моноклональный реагент **анти-D** (или по-другому анти-RhD), содержащий антитела анти-D.

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

На специальный планшет или фарфоровую тарелку 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 легком покачивании тарелки 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 агглютинаци с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов. Оценка результатов реакции агглютинации представлена в табл. 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3

Группа крови	**Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональными реагентами**	
	анти-А	**анти-В**
0αβ (I)	–	–
Aβ (II)	+	–
Bα (III)	–	+
AB0 (IV)	+	+

Таблица 4.4

Группа крови	**Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональным реагентом анти-D**
RhD^+	+
RhD-	–

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «**PhysioEx**». Для начала работы выберите «**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]. 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 RhD. Капните в лунки, начиная с «A», исследуемую кровь № 1 (Sample 1), затем по капле реагентов anti-A, anti-B и anti-RhD. 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.

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

Если у пациента кровь группы AB0(IV) RhD$^-$, что будет наблюдаться при смешивании крови с указанными моноклональными реагентами?

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

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

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

Нажмите «**Submit**».

Проанализируйте образцы крови № 2–6. Для начала анализа помещайте планшеты 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 RhD-фактора.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Внесите результаты в протокол. Определите группу крови в исследуемых образцах.

2. В выводе укажите, в чём отличия в определении групп крови при помощи стандартных изогемагглютинирующих сывороток и моноклональных антител. Объясните причину различий.

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

ПРОТОКОЛ

Образец крови	Агглютинация с реактивом (укажите «+» или «–»)			Группа крови
	anti-A	anti-B	anti-RhD	
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Выводы: _____

_____

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 2. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 5. ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА КЛЕТКИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ. ХИМИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Понятие об эндокринной системе и ее функциях.
2. Понятие о молекулярных (клеточных) рецепторах и их функциях.
3. Гипоталамо-гипофизарная система: гормоны, регуляция деятельности эндокринных и неэндокринных органов.
4. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны и их физиологическая роль.

Вопросы для самоподготовки:

1. С какими рецепторами связываются липофильные лиганды, и с какими — гидрофильные лиганды?
2. Какие вещества являются классическими вторичными посредниками? Какие вещества выполняют роль первичных посредников?
3. В чем заключается метаболический эффект гормонов? Назовите основные анаболические гормоны.
4. В чем заключается пермиссивный эффект гормонов?
5. Какими способами можно оценить состояние функций эндокринной железы?
6. Каковы механизмы обратной связи для регуляции секреции гормонов гипофиза и гипоталамуса?
7. Что является стимулами для секреции вазопрессина (АДГ)?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 38–42, 84–92, 102–105.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 246–285.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 5.1. Оценка роста человека

Рост человека — одна из основных характеристик его физического развития. В норме процесс роста завершается (под влиянием половых гормонов) 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.

Соматотропин (СТГ — соматотропный гормон, ГР — гормон роста) — основной гормон, стимулирующий линейный рост тела. СТГ способствует росту костей в длину, росту и дифференцированию внутренних органов, развитию мышечной ткани. Ростостимулирующие эффекты СТГ опосредуются инсулиноподобными факторами роста (ИФР-I, ИФР-II), иначе называемыми соматомединами, которые под влиянием ГР синтезируются, главным образом, в печени и почках.

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 ♂ = (рост отца + рост матери + 13 см) : 2 + 4,5 см
Прогнозируемый конечный рост ♀ = (рост отца + рост матери – 13 см) : 2 + 4,5 см

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 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.

Ход работы. 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.

***Указания к оформлению протокола*:**

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

ПРОТОКОЛ

1. Рост испытуемого равен _____ см. Пол испытуемого _____.

2. Рост родителей испытуемого: матери _____ см; отца _____ см.
Расчет прогнозируемого роста испытуемого (ПРИ):

ПРИ = (рост отца + рост матери ± 13 см): 2 + 4,5 см = _____ ± 2,6 см = от _____ до _____ см.

3. **Вывод.** Рост испытуемого _____
(в норме, выше или ниже нормы; патологически высокий или патологически низкий)

Работа 5.2. Влияние женских половых гормонов на минерализацию костной ткани

Костная ткань формируется и резорбируется постоянно. В норме процессы формирования кости и ее резорбции уравновешивают друг друга.

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. 5.1).

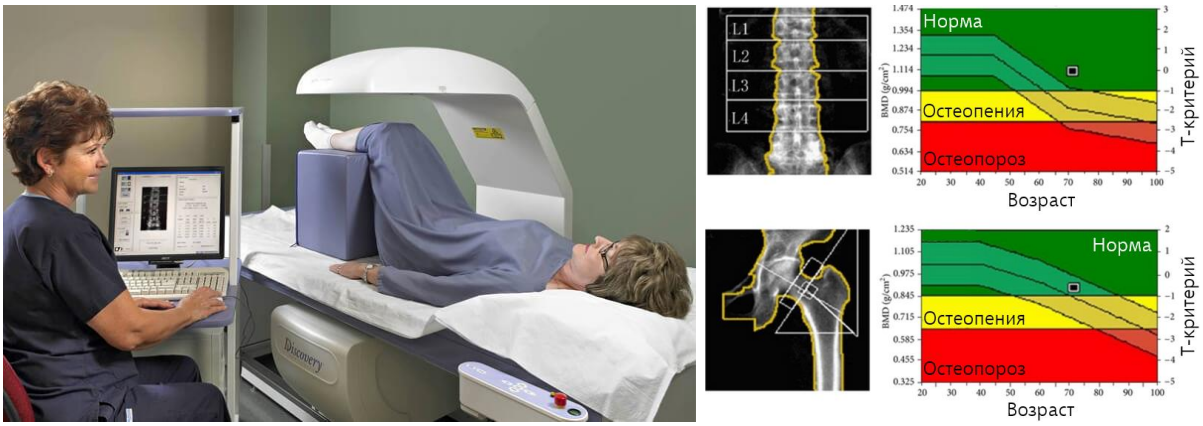


Рис. 5.1. Костная денситометрия (слева — методика проведения, справа — оценка)

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. 5.1).

Таблица 5.1

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.

В ходе работы исследуется влияние растворов эстрогена, кальцитонина и для сравнения — физраствора, на плотность костной ткани под денситомерическим контролем.

***Ход работы*:**

1. Откройте программу **«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!

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»**.

8. 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.

9. 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.

Раствор	**Т-критерий**	**ПРОТОКОЛ**
Исходно	–2,61	**Выводы:** 1)_____
0,9 % NaCl (контроль)		_____
Эстроген		_____
Кальцитонин		2) _____
		_____

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _ _____ число месяц год

Занятие 6. ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Эндокринная функция щитовидной железы. Роль йодсодержащих гормонов в регуляции обмена веществ (анаболические и катаболические эффекты), роста и развития тканей и организма в целом. Профилактика йоддефицита.

2. Эндокринная функция паращитовидных желез, щитовидной железы и других органов, участвующих в регуляции обмена кальция и фосфатов. Суточная потребность в кальции. Физиологические принципы профилактики рахита.

3. Эндокринная функция поджелудочной железы и роль ее гормонов в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена.

4. Понятие об эндокринной функции эпифиза (мелатонин), сердца (атриопептиды), почек (кальцитриол, эритропоэтин и др.), печени (соматомедин С, тромбопоэтин, 1(ОН)-ВитД$_3$).

Вопросы для самоподготовки:

1. Какова функция глюкагона, и в каких ситуациях он вырабатывается?

2. Назовите возможные причины гипертрофии щитовидной железы (зоба) при а) повышенной б) пониженной продукции тиреоидных гормонов?

3. В чем главные отличия эффектов альдостерона и вазопрессина?

4. Назовите два главных эффекта тиреоидных гормонов.

5. Что общего у несахарного и сахарного диабетов? Объясните причины.

6. Какие ткани являются инсулиннезависимыми? Почему?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 92–121.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 285–327.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 6.1. Изучение общего плана строения эндокринной системы взрослого человека (выполняется дома самостоятельно)

Используя материалы лекций, учебника, ЭУМК, заполните пропуски в схеме взаимодействия «гипоталамус – гипофиз – периферическая железа или эффекторный орган» (рис. 6.1).

Работа 6.2. Физиологическая оценка гликемии и состояния эндокринной функции поджелудочной железы (демонстрация)

Работа выполняется как демонстрационная путем анализа представленных данных.

Уровень гликемии является одновременно очень важным и достаточно лабильным показателем быстрого энергетического резерва организма, его здоровья или болезни — прежде всего, сахарного диабета (СД). Это обусловлено ведущей ролью углеводов (глюкозы) в энергетическом обеспечении жизнедеятельности организма. Её вклад колеблется от 50 до 60 % и особенно значим для питания эритроцитов (единственный источник энергии), а также клеток нервной ткани и мозгового вещества почек. Источниками глюкозы крови являются углеводы, всасывающиеся в кишечнике, реабсорбирующаяся или вновь синтезируемая глюкоза в почках, а также печень, в которой идут процессы как гликогенолиза, так и глюконеогенеза.

Современные критерии нормогликемии натощак, принятые в эндокринологии, составляют для цельной венозной и капиллярной крови **3,3–5,5 ммоль/л** (60–100 мг/дл); гипогликемии — менее 3,3 ммоль/л; а гипергликемии — 5,6 ммоль/л и более. В то же время имеются данные, что уровень гликемии натощак уже выше 4,45 ммоль/л вызывает усиленную секрецию инсулина, а более 5,1 ммоль/л может рассматриваться как предиктор СД.

Концентрация глюкозы крови в пределах 3,3–3,9 ммоль/л предполагает возможность стимуляции синтеза целого ряда контринсулярных гормонов (глюкагона, адреналина, кортизола, гормона роста) и даже появления признаков гипогликемии (см. табл. 6.1).

При *низком* уровне нормогликемии в покое натощак происходит активация секреции не только глюкагона, но и гормонов стресса — адреналина и кортизола. При данном уровне глюкозы в крови существенно повышается число ошибочных действий и снижается эффективность умственной деятельности.

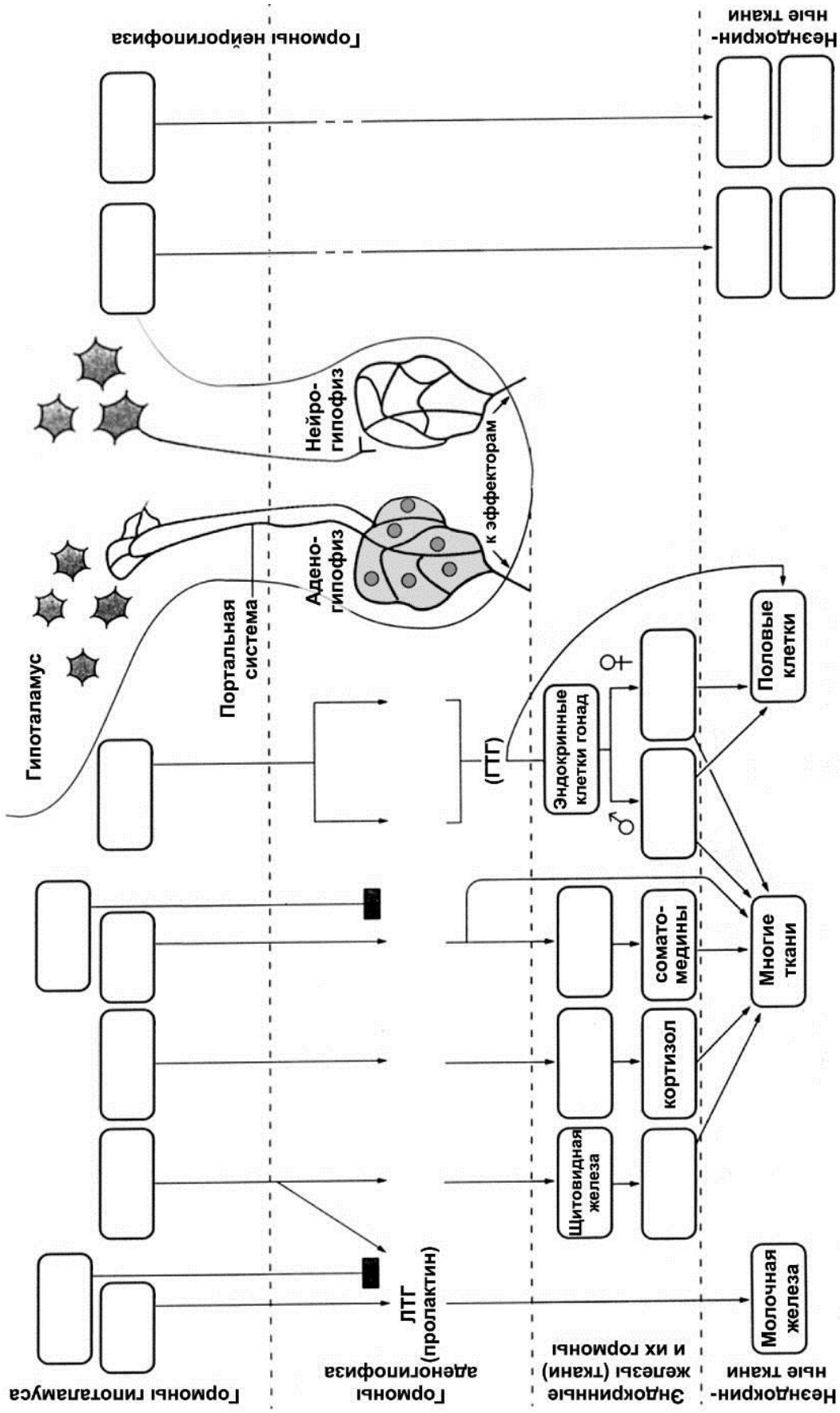

Гормоны гипоталамуса
Гормоны аденогипофиза
Эндокринные железы (ткани) и их гормоны
Несэндокринные ткани
Гормоны нейрогипофиза
Несэндокринные ткани
Гипоталамус
Портальная система
Адено-гипофиз
Нейро-гипофиз
к эффекторам
ЛТГ (пролактин)
(ГТГ)
Щитовидная железа
кортизол
соматомедины
Эндокринные клетки гонад
♂
♀
Молочная железа
Многие ткани
Половые клетки

Рис. 6.1

Оптимальный уровень характеризуется минимальным выделением (на базальном уровне) основных гормонов, регулирующих обмен глюкозы, и адекватным энергообеспечением клеток. Риск развития СД или гипогликемии минимален.

При *повышенном* уровне нормогликемии отмечается усиление панкреатической секреции инсулина. Физиологические и клинические показатели остаются оптимальными.

Высокий уровень нормогликемии (более 5,1 ммоль/л) формируется в результате избыточного поступления (образования) глюкозы и/или недостаточной её утилизации тканями, и характеризуется повышением риска развития СД у лиц старше 30 лет.

Таблица 6.1

Содержание глюкозы (ммоль/л) в цельной капиллярной крови натощак

Гипогликемия	Уровни нормогликемии (3,3–5,5)				Гипергликемия
	низкий	оптимальный	повышенный	высокий	
< 3,3	3,30–3,84	3,85–4,44	4,45–5,10	5,11–5,59	≥ 5,6

К гипергликемическим нарушениям углеводного обмена относят:

1. Сахарный диабет (СД);
2. Нарушение толерантности к глюкозе (НТГ);
3. Нарушенная гликемия натощак (НГН).

Для их диагностики (и, соответственно, оценки функции инсулина) определяют содержание глюкозы в цельной капиллярной или венозной крови (или в плазме крови) натощак и через 30, 60, 90 и 120 мин после приёма внутрь 75 г глюкозы — **пероральный тест на толерантность к глюкозе** (ПТТГ) (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Диагностические критерии гипергликемических нарушений углеводного обмена у взрослых по результатам выполнения перорального теста на толерантность к глюкозе

Состояние	Концентрация глюкозы в цельной капиллярной крови, ммоль/л (мг/дл)			
	натощак	через 30, 60, 90 мин после приема 75 г глюкозы		через 120 мин после приема 75 г глюкозы
Норма	< 5,6 (<100)	< 11,1 (< 200)	во всех пробах	< 7,8 (< 140)
НГН	≥ 5,6 – < 6,1 (≥ 100 – < 110)	< 11,1 (< 200)	во всех пробах	< 7,8 (< 140)
НТГ	< 6,1 (< 110)	≥ 11,1 (≥ 200)	хотя бы в одной из проб	≥ 7,8 – < 11,1 (≥ 140 – < 200)
СД	≥ 6,1 (≥ 110)	≥ 11,1 (≥ 200)	хотя бы в одной из проб	≥ 11,1 (≥ 200)

В рутинной практике, как правило, ограничиваются измерением уровня гликемии натощак и через 120 мин после приёма глюкозы. Однако

выполнение **полного анализа сахарной кривой** с расчётом гликемических коэффициентов позволяет выполнять более раннюю и полную диагностику нарушения толерантности к глюкозе (НТГ).

Материалы и оборудование. Одноразовые медицинские перчатки, СГО, антисептик, раствор перекиси водорода 3 %; стерильные скарификаторы (ланцеты) одноразовые 5 шт., ватные шарики (спиртсодержащие салфетки) 5 шт., пинцет; система контроля уровня глюкозы (глюкометр) с тест-полосками (5 шт.) и ланцетным устройством, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором; 200–300 мл водного раствора 75 г глюкозы (добавление к раствору сока лимона для улучшения переносимости не влияет на репрезентативность результатов теста).

Ход работы. Для правильного выполнения ПТТГ инструктируют обследуемого: накануне теста ведётся обычный образ жизни, следует отказаться от повышенных физических нагрузок, исключить употребление алкоголя и курение, а также приём препаратов, способствующих повышению концентрации глюкозы в крови (кофеин, адреналин, глюкокортикоиды и пр.). В течение 20–30 минут перед началом исследования обследуемый должен находиться в состоянии психоэмоционального покоя при постоянной температуре окружающей среды. Период голода — 8–14 час.

Глюкометр и ланцетное устройство подготавливают к работе в соответствии с инструкцией производителя. Крышку флакона с тест-полосками закрывают немедленно после извлечения полоски.

На тест-полоску глюкометра непосредственно из пальца помещают каплю крови так, чтобы тест-окошко полностью заполнилось кровью. Через несколько секунд глюкометр отобразит концентрацию глюкозы в цельной капиллярной крови натощак. После этого обследуемый в течение 5–7 мин выпивает 200–300 мл водного раствора 75 г глюкозы. Отмечается время начала теста. Повторные измерения концентрации глюкозы в капиллярной крови проводят через 30, 60, 90 и 120 мин. Результаты записывают в протокол.

Таблица 6.3

Содержание глюкозы (ммоль/л) в цельной капиллярной крови испытуемых при выполнении ПТТГ

Испытуемый №	Натощак	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин
1	4,4	7,1	6,2	4,9	4,3
2	5,7	8,9	9,3	9,1	8,5
3	6,3	10,2	10,9	13,5	12,7
4	3,4	5,5	4,1	3,0	3,5

После завершения работы использованные тест-полоски поместите в ёмкость с дезраствором, прибор и ланцетное устройство протрите спиртовой салфеткой (дезраствором). Устройство для определения глубины прокола возвратите в исходное положение.

Указания к оформлению протокола.

1. По табл. 6.3 анализируются данные испытуемого № ___ (указывает преподаватель).

2. Нарисуйте кривую изменения концентрации глюкозы в течении ПТТГ по данным выбранного испытуемого.

3. Оцените уровень гликемии натощак (см. табл. 6.2).

4. Определите наличие или отсутствие нарушений углеводного обмена (НГН, НТГ, СД) по табл. 6.2.

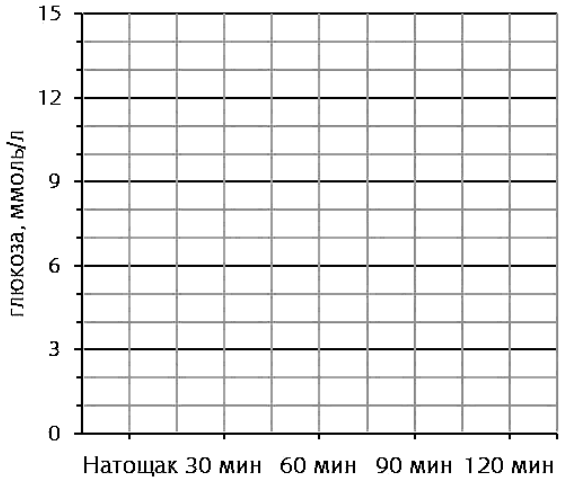
5. Оцените состояние эндокринной функции β-клеток поджелудочной железы.

ПРОТОКОЛ

1. Содержание глюкозы натощак в цельной капиллярной крови: _____, что соответствует состоянию: _____.

2. В случае нормогликемии её уровень: нормальный _____ (по табл. 6.1).

3. Результаты анализа данных ПТТГ испытуемого свидетельствуют о _____ (наличии или отсутствии) гипергликемических нарушений обмена углеводов в виде _____. На это указывают (наличие или отсутствие) гипергликемии натощак и _____ (должное либо чрезмерное) повышение концентрации глюкозы в крови через 30, 60, 90 и 120 (_____) мин после её приёма.



Кривая ПТТГ испытуемого (нарисовать)

4. Вывод: Состояние эндокринной функции β-клеток поджелудочной железы: _____. Об этом свидетельствуют (гипо-, нормо- либо гипер-) _____гликемия натощак и _____ _____ (пониженное, должное, избыточное) содержание глюкозы в крови через 30, 60, 90 или 120 (_____) мин после её приёма.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 7. ФИЗИОЛОГИЯ СТРЕССА И АДАПТАЦИИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Стресс как общий адаптационный синдром. Стрессоры. Дистресс и эустресс. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы.

2. Адаптация, разновидности адаптации (кратко- и долговременная, активная и пассивная и др.); специфические и неспецифические механизмы адаптации. Стадии стресс-реакции. Особенности протекания стресс-реакции в зависимости от продолжительности воздействия стрессора и его силы. Физиологические проявления и возможные отдаленные последствия стресс-реакции.

3. Физиология надпочечников. Роль гормонов коркового вещества надпочечников в регуляции функций организма и адаптации к изменяющимся условиям среды.

4. Физиология надпочечников. Роль гормонов мозгового вещества надпочечников в регуляции функций организма и адаптации к изменяющимся условиям среды.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются для организма факторы, вызывающие стресс-реакцию, от нейтральных?

2. Центры какого отдела мозга ключевые в развитии стрессовой реакции?

3. В чем состоит приспособительное значение физиологических проявлений эмоционального стресса?

4. Стрессовая реакция снижает способности организма к адаптации, либо увеличивает их?

5. Какие стрессоры вызывают эустресс?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 99–100, 108–111.

3. Материалы: «Стресс и адаптация» в текущем занятии практикума.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 306–317.

2. *Брин, В. Б.* Основы физиологии человека : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / В. Б. Брин, И. А. Вартанян, С. Б. Данияров ; под ред. Б. И. Ткаченко // Международный фонд истории науки. 1994. 414 с. С. 239–252.

3. *Физиология* человека / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003. 655 с. С. 31–34.

4. *Селье, Г.* Стресс без дистресса / Г. Селье. Москва : Прогресс, 1979. 124 с.

5. *Селье, Г.* Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. Москва : Медгиз, 1960. 254 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 7.1. Холодовая проба

В ходе пробы изучается реакция организма со стороны сердечно-сосудистой системы (регуляторных механизмов) на непродолжительное погружение руки испытуемого в холодную воду. Холодовая проба позволяет оценить адаптационную реактивность организма и тонус симпатического отдела нервной системы.

***Материалы и оборудование*:** широкая емкость на 2–2,5 литра, лед из формочек или колотый, вода, водонепроницаемый термометр.

***Ход работы*.** У испытуемого 5-минутного отдыха в положении лежа подсчитайте частоту пульса. Добавьте лед в воду, через 2–4 минуты измерьте температуру воды термометром, при температуре больше +12 °С добавьте больше льда. Температура воды должна быть от +4 до +12 °С.

Затем попросите испытуемого на 30 с погрузить руку в холодную воду. Прекратите охлаждение руки и немедленно вновь подсчитайте частоту пульса. Принципы оценки результатов исследования совпадают с таковыми для ортостатической пробы: в норме пульс изменяется 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

***Результаты*.** Изменения частоты пульса (ЧП) у испытуемого при холодовой пробе:

	ЧП исходная ($ЧП_{исх}$)	**ЧП после прекращения воздействия ($ЧП_{ппв}$)**	**Разность ($ЧП_{ппв}$–$ЧП_{исх}$) (норма от +6 до +24)**
ЧП за мин			

Заключение: объясните причины изменения ЧСС при погружении руки в холодную воду _____
_____
_____

Работа 7.2. Исследование функций эндокринной системы на примере оценки концентрации кортизола и адренокортикотропного гормона в плазме крови

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. Дефицит глюкокортикоидов может приводить к снижению резервов адаптации организма к действию стрессоров.

Как видно, различные эндокринные расстройства могут приводить к формированию как высоких, так и низких уровней кортизола и АКТГ в плазме крови (табл. 7.1).

Таблица 7.1

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; шприц.

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «**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)[6]».

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*. Нажмите кнопку «**Clean**» под шприцем для его очистки.

5. Нажмите «**Clean Column**» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки от остатков кортизола.

6. Поместите шприц в пробирку с образцом плазмы 2-го пациента. Дождитесь заполнения шприца.

7. 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).

8. Кликните «**Record Data**» для сохранения результата и *внесите полученные данные в протокол*.

9. 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»

---

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

10. Нажмите «**Submit**».

11. Нажмите «**Clean**» под шприцем для его очистки.

12. Нажмите «**Clean Column**» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки.

13. Далее процедура анализа образцов плазмы будет завершаться автоматически. Последовательно помещайте шприц в образцы плазмы оставшихся пациентов и выполняйте описанную выше последовательность действий.

14. После завершения анализа концентрации кортизола в плазме 5-го пациента, на детекторе (HPLC detector) нажмите кнопку «**АСТН**», чтобы подготовить колонку хроматографа к выделению и измерению содержания АКТГ.

15. 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. 7.2.

Таблица 7.2

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

2. Сделайте заключения 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						
2						
3						
4						
5						

Пациент № 2 страдает ревматоидным артритом и получает терапию синтетическим глюкокортикоидом (производным кортизола) преднизолоном в таблетках. Как эта информация может изменить Ваше заключение? _____

_____

_____

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СТРЕСС И АДАПТАЦИЯ

Любой живой организм существует в среде с определенными параметрами, к примеру уровень освещенности, температура, влажность, продолжительность дня и прочее. Каждый из параметров имеет некоторый нормальный для организма диапазон значений, в пределах которого организм оптимально приспособлен к окружающей среде (**генотипическая, или врожденная, адаптация**).

Факторы среды, выходящие за пределы оптимальных для организма благодаря своей силе или длительности, начинают проявлять свое (ранее потенциальное) повреждающее действие или нарушают гомеостаз, что может привести к болезни или даже смерти организма. Чтобы избежать этого, он вынужден адаптироваться.

Цель адаптации, таким образом, состоит в том, чтобы расширить область приемлемых значений действующего фактора. При этом задействуются уже имеющиеся в организме механизмы — через изменения системного и локального кровотока, мышечного тонуса, параметров системы дыхания и прочее, сообразно ситуации. Степень, в которой для организма это возможно, называется **нормой адаптивной реакции**.

Существует два основных способа адаптации. Организм может либо попытаться **пассивно** приспособиться к изменениям окружающей среды (т. е. снижая собственную реактивность), либо **активно** противостоять ей. Например, при зимней спячке у животных снижается скорость метаболических процессов и температура тела, насколько возможно приближаясь к температуре окружающей среды. В то же время у зимующих без спячки организмов скорость метаболических процессов и продукция тепла напротив, возрастает с целью терморегуляции. У человека в целом преобладают активные механизмы адаптации. В то же время сходные с пассивной адаптацией способы воздействия широко применяются в медицине, к примеру, общий наркоз можно рассматривать как искусственно созданную пассивную адаптацию, помогающую пережить неизбежную при оперативном вмешательстве травму; гипотермия (охлаждение) используется при трансплантации органов с целью их защиты от гипоксии; применение противовоспалительных препаратов, цитостатиков и пр. также имеют целью снижение повышенной реактивности механизмов человеческого тела.

Будучи в целом более совершенными, механизмы активной адаптации имеют особенность: они все энергозависимы. Процесс адаптации, как правило, требует повышенного количества питательных веществ в крови, независимо от приема пищи, а также (очень часто) — увеличения доставки кислорода в ткани (т. е. активации дыхательной, сердечно-сосудистой систем). Поэтому адаптация обычно включает два компонента: 1) **специфический**, то есть задействование специальных механизмов сообразно ситуации; 2) **неспецифический**, одинаковый при совершенно различных ситуациях и имеющий целью мобилизацию энергетических ресурсов организма для обеспечения процессов адаптации. Не-

специфический компонент (**неспецифический адаптационный синдром**) широко известен под названием **стресс**.

Вполне логично, что гормоны стресса, как правило, повышают количество питательных веществ в крови, стимулируют сердечно-сосудистую систему и повышают возбудимость нервной системы. У этого есть, однако, и обратная сторона: для получения энергетических субстратов приходится разрушать собственные белки, жиры и углеводы организма — гормоны стресса в большинстве являются катаболическими, а задействование энергетических ресурсов организма в долговременной перспективе приводит к их истощению. Поэтому механизмы стресса, помогая адаптироваться, потенциально могут сами стать причиной болезненного состояния.

Так, одними из известных проявлений стрессовой реакции **является стрессовая триада изменений (триада Селье)** — гипертрофия коры надпочечников, инволюция (атрофия) тимуса, а также кровоизлияния и язвенные поражения желудка и 12-перстной кишки. Гипертрофия коры надпочечников происходит, по-видимому, под влиянием увеличившейся секреции АКТГ, язвенные поражения из-за ингибирования кортизолом фермента фосфолипазы А2 и соответственно снижения синтеза простагландинов, необходимых для образования слизи и бикарбонатов; а инволюция тимуса является одним из проявления сложного, неоднозначного влияния глюкокортикоидов на иммунную систему, диапазоном от активации и перераспределения лимфоцитов в организме до ингибирования дифференцировки и прямого иммуносупрессивного действия при длительном стрессе. Соответственно, механизмы приспособления не являются совершенными и потенциально содержат в себе возможные причины т. н. «**болезней адаптации**».

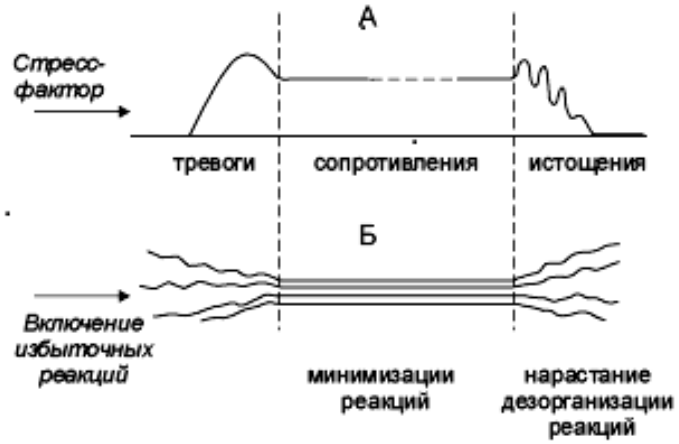


Рис. 7.1. Стадии стресс-реакции

Выделяют **срочную** и **долговременную адаптацию**. Срочная начинается со **стадии тревоги** (рис. 7.1), в процессе которой происходит задействование имеющихся механизмов и ресурсов, в результате чего достигается временное устойчивое и, как правило, не вполне совершенное состояние адаптации к текущему воздействию (**стадия напряжения**). Дальнейшее развитие событий зависит от интенсивности и длительности воздействия, а также исходных возможностей организма.

Если воздействие превышает способность организма к долговременному противостоянию, наступает **стадия истощения**, то есть снижения приспособительных возможностей организма, выносливости и работоспособности, вплоть до развития заболевания и даже смерти организма. Данное состояние неудачной адаптации часто называют **дистрессом**, то есть «вредным» стрессом. Острый

дистресс по причине исходной невозможности адаптироваться из-за чрезмерной интенсивности стимула, называют **шоком**. В этом случае начавшаяся стадия тревоги быстро переходит в стадию истощения, а само состояние является опасным для жизни.

Если воздействие небольшой интенсивности и кратковременное, (то есть прекращается до начала стадии истощения), его эффект будет тренирующим, то есть способность организма противостоять данному воздействию в будущем несколько увеличится. Тренирующий эффект возрастает при неоднократном повторении. Такой тип стресса, повышающий функциональные резервы организма, носит название **эустресс**. На данном эффекте основываются, например, методики закаливания организма.

Если воздействие длительное, и сравнительно малой интенсивности, может происходить **долговременная адаптация** к нему на основе структурных перестроек в организме. Механизмы долговременной адаптации более совершенные и вдобавок не требуют повышенного расхода энергии на свое текущее поддержание. Тем не менее, для их образования требуется время и ресурсы организма, а некоторые из произошедших изменений в организме сами по себе могут рассматриваться как предпатологические или патологические.

К примеру, состояние адаптации к условиям проживания в высокогорной местности включает гипертензию (увеличение кровяного давления в сосудах) малого круга кровообращения. Соответственно в долговременной перспективе это может проявиться ранее несвойственными для данного индивида заболеваниями и сокращением общей продолжительности жизни (так называемая **цена адаптации**).

Картину осложняет также и тот факт, что адаптация к одним факторам может попутно увеличивать способность переносить другие (**перекрестная адаптация**) и/или уменьшать — третьи; так, адаптация к повышенной температуре окружающей среды повышает устойчивость к гипоксии, мышечной работе, но снижает приспособленность к холоду и наоборот.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 8. ИТОГОВОЕ (СЕМИНАРСКОЕ) ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ВВЕДЕНИЕ. ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА», «ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»

Основные вопросы:

1. Понятия: физиологическая функция, регуляция, гомеостаз.
2. Понятие о системе крови. Состав, количество, свойства, функции крови. Основные физиологические константы крови.
3. Кислотно-основное состояние крови и механизмы его регуляции.
4. Осмотическое давление крови, его значение для организма и механизмы регуляции (АДГ, РААС и др.).
5. Онкотическое давление, значение для организма.
6. Белки плазмы крови, их характеристики и значение. Вязкость плазмы и цельной крови.
7. СОЭ: определение, факторы, влияющие на нее.
8. Эритроциты: особенности строения, количество, функции. Виды гемоглобина и его соединения, их физиологическое значение.
9. Лейкоциты, их виды, количество, функции. Лейкоцитарная формула, возрастные особенности. Лейкоцитоз и лейкопения.
10. Тромбоциты: особенности строения, количество, функции.
11. Общий клинический анализ крови и физиологическая оценка его результатов.
12. Первичный и вторичный гемостаз, их стадии и механизмы
13. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемопоэза. Роль витаминов (B_{12}, B_9 и др.) и микроэлементов (Fe^{2+} и др.).
14. Лимфа, ее состав, физико-химические свойства и функции.
15. Понятие физиологической функции и ее регуляции. Нервный и гуморальный механизмы регуляции функций, их сравнительная характеристика.
16. Понятие об эндокринной системе и ее функциях. Гипофиз, его связи с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль в регуляции деятельности эндокринных и неэндокринных органов.
17. Классификация молекулярных рецепторов. Понятие о вторичных посредниках.
18. Эндокринная функция щитовидной и паращитовидных желез.
19. Физиология надпочечников. Роль гормонов коркового и мозгового вещества надпочечников в регуляции функций организма.
20. Биологический смысл феномена стресса. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы.

21. Эндокринная функция поджелудочной железы и роль ее гормонов в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена.

22. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны и их физиологическая роль.

23. Понятие о гомеостазе. Механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма (на примере регуляции уровня кальция в крови кальцитонином, кальцитриолом и паратгормоном).

Студент должен знать нормальные величины следующих показателей крови:

– количество эритроцитов в 1 л крови у мужчин и женщин;
– количество гемоглобина у мужчин и женщин;
– количество лейкоцитов в 1 л крови;
– количество тромбоцитов в 1 л крови;
– % ретикулоцитов в крови;
– лейкоцитарная формула;
– показатель гематокрита;
– % крови от массы тела и объем циркулирующей крови;
– СОЭ у мужчин и женщин (по Панченкову).
– осмотическое давление плазмы крови в мосмоль/кг;
– онкотическое давление плазмы крови в мм рт. ст.;
– содержание общего белка в плазме крови;
– содержание глюкозы в цельной капиллярной крови
– pH артериальной крови;
– вязкость плазмы и цельной крови.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры, а также материалы настоящего практикума по занятиям 1, 8–13; материалы электронного атласа 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. С. 21–29, 84–121, 205–234.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 246–327, 483–533.

2. *Брин, В. Б.* Основы физиологии человека : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / В. Б. Брин, И. А. Вартанян, С. Б. Данияров ; под ред. Б. И. Ткаченко // Международный фонд истории науки. 1994. 414 с. С. 239–252.

3. *Физиология* человека / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003. 655 с. С. 31–34.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 9. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. ЗАКОНЫ РЕАГИРОВАНИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ. ИЗМЕНЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Современные представления о строении и функциях мембран. Транспорт веществ через клеточную мембрану.
2. Общие свойства возбудимых тканей. Возбуждение и формы его проявления. Показатели (параметры) возбудимости.
3. Биопотенциалы, их виды. Мембранный потенциал покоя, его происхождение.
4. Современные представления о механизмах и фазах развития потенциала действия. Изменения возбудимости в процессе возбуждения.
5. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Хронаксиметрия, ее применение для изучения возбудимости мышц и нервов.
6. Сенсорные рецепторы: определение понятия, классификация, роль, основные свойства. Рецепторный и генераторный потенциалы. Понятие о принципах кодирования информации в сенсорных системах.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем различия простой и облегченной диффузии?
2. Что такое калиевый равновесный потенциал, и каково его значение в физиологии?
3. Как и почему изменится величина потенциала покоя при увеличении внеклеточной концентрации ионов калия?
4. Какой показатель позволяет сравнить возбудимость различных тканей и клеток? Сравните возбудимость нервной и поперечно-полосатой мышечной ткани.
5. Какие структуры в составе мембраны клеток делают их возбудимыми?
6. В чем состоит адаптация сенсорных рецепторов?
7. Как объяснить механизм закона полярного действия постоянного тока?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 32–34, С. 43–54.

3. Материалы «Аналоговое и дискретное кодирование» в текущем занятии данного практикума.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 45–67, 81–115.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 9.1. Демонстрация учебных видеофильмов и программ

1. Электрические потенциалы в живых тканях (17 мин).
2. Законы реагирования возбудимых тканей (15 мин).
3. Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки (10 мин).

Работа 9.2. Изучение основных понятий электрической сигнализации и принципов нервной регуляции физиологических функций

***Указания к оформлению протокола*:**

Дайте определение понятиям и ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Дайте определения понятиям:

д) информация — это_____

_____

е) сигнал — это_____

_____

ж) потенциал покоя — это _____

_____

з) раздражимость — это_____

_____

и) возбудимость — это _____

_____

к) деполяризация — это_____

_____

л) гиперполяризация — это_____

_____

Работа 9.3. Влияние ионов Na^+ и K^+ на мембранный потенциал покоя и потенциал действия (программа «NMJ»)

Работа выполняется в компьютерном классе самостоятельно. Студент запускает программу NMJ (на рабочем столе найдите одноименный ярлык). Программа NMJ виртуально моделирует работу изолированного **нервно-мышечного препарата**, помещенного в физиологический раствор (рис. 9.1) при его электростимуляции.

Выберите в верхней строке: **1) Stimulated → Nerve 2); Clipboard → Copy to clipboard.**

Вы получите изображение потенциала действия и его копию (рис. 9.3) в условиях нормального содержания ионов, K^+ (potassium) и Na^+ (sodium), в физиологическом растворе (концентрации ионов показаны стрелкой 1 на рис. 9.3) при электростимуляции нерва однократным воздействием электрического тока (рис. 9.1). Уровень потенциала покоя указан стрелкой 2 (рис. 9.3), а также примерно может быть определен по графику. По графику можно оценить и амплитуду ПД.

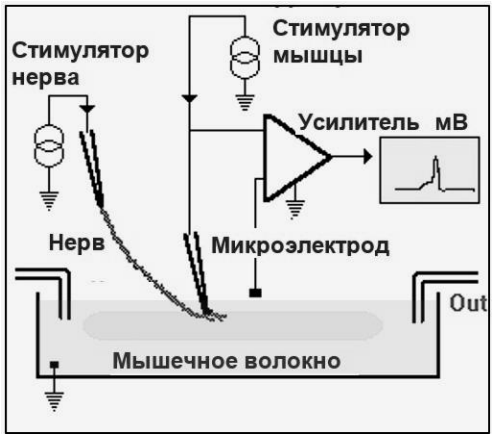


Рис. 9.1

Рис. 9.2

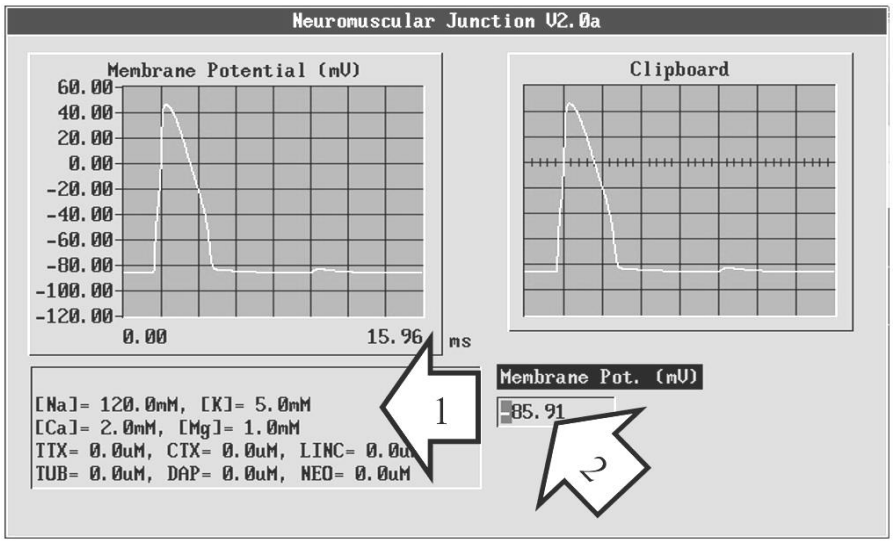


Рис. 9.3

Программа позволяет моделировать изменение концентрации ионов калия и натрия в растворе и оценивать влияние на параметры ПП и ПД. Для этого используем последовательность команд: «Ions» => выбираем калий (Potassium), либо натрий Sodium (рис. 9.2) => «Concentration» (вводим требуемую согласно протокола концентрацию (см. таблицу)) => Stimulate => Nerve. Затем оцениваем изменения уровня ПП и ПД относительно исходного (см. на графике копии ПД справа).

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Промоделируйте изменение мембранных потенциалов (ПП и ПД) при электростимуляции мышцы в условиях оптимального содержания ионов K^+ и Na^+ и при повышении и снижении их концентрации (согласно табл. 9.1 протокола) в омывающем нервно-мышечный препарат растворе.

2. Занесите полученные результаты величины потенциалов покоя и действия в табл. 9.1.

3. В выводе сделайте заключение о влиянии концентрации ионов K^+ и Na^+ на параметры потенциалов покоя и действия.

ПРОТОКОЛ

Таблица 9.1

Содержание ионов		**Величины потенциалов**		**Возбудимость клетки (↑ либо ↓)**
калия	**натрия**	**покоя**	**действия**	
5 мМ	120 мМ	–85,9 mV	+45 mV	нормальная
8 мМ	120 мМ			
2 мМ	120 мМ			
		Clipboard clear, Ions=> Reset to normal		
5 мМ	160 мМ			
5 мМ	100 мМ			

Вывод: содержание K^+ во внеклеточной жидкости влияет на величину потенциала _____, зависящего от трансмембранного градиента концентрации K^+ (и выхода его из клетки). При увеличении содержания K^+ во внеклеточной жидкости возбудимость клетки _____ (↑ либо ↓), так как _____ _____.

Содержания Na^+ влияет на амплитуду потенциала _____, так как она определяется градиентом для Na^+ и, следовательно, скоростью входа ионов Na^+ в клетку в фазу быстрой деполяризации.

Работа 9.4. Изучение механизмов генерации потенциала действия (ПД) и изменения возбудимости в процессе возбуждения

Указания к оформлению протокола. Нарисуйте *синхронные* с графиком потенциала действия графики ионных токов (рис. 9.4, А) и изменения возбудимости нервного волокна в ходе возбуждения (рис. 9.4, В).

На рис. 9.4, Б обозначьте локальный ответ и фазы ПД (деполяризация, реполяризация со следовой деполяризацией, следовая гиперполяризация), на рис. рис. 9.4, В — фазы возбудимости (абсолютной рефрактерности, относительной рефрактерности, супернормальной и субнормальной возбудимости). Опишите механизмы формирования фаз ПД (табл. 9.2) и правильно соотнесите между собой фазы возбудимости и фазы ПД (табл. 9.2).

ПРОТОКОЛ

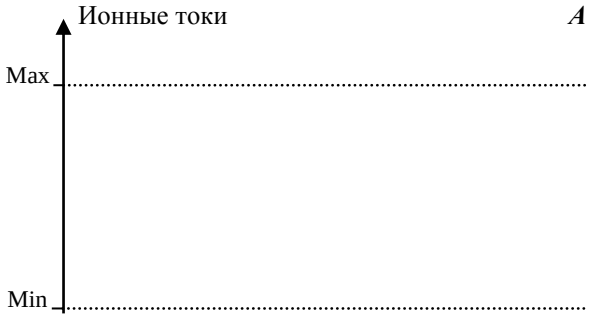


Таблица 9.2

Название фазы ПД	Механизмы
1.	
2а.	
2б.	
3.	

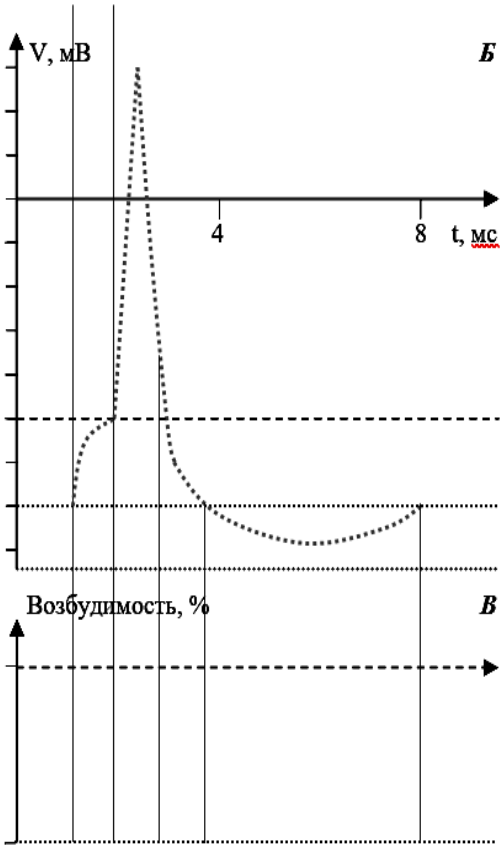


Таблица 9.3

Фаза возбудимости	Соответствующая фаза ПД

Рис. 9.4. Изменение возбудимости в процессе возбуждения

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

АНАЛОГОВОЕ И ДИСКРЕТНОЕ КОДИРОВАНИЕ

Под термином «кодирование» в физиологии понимают преобразование информации из одной формы в другую при сохранении содержания этой информации.

Целью кодирования информации является её перевод в пригодную для передачи, обработки или хранения форму. Процесс извлечения информации из какого-либо кода называется декодированием, а процесс преобразования кода из одной формы в другую называется перекодированием.

Преобразование информации начинается на мембране сенсорного рецептора, где под влиянием воздействия специфического для рецептора стимула возникает рецепторный потенциал. При этом характеристики стимула, такие как сила воздействия и его продолжительность, преобразуются в параметры рецепторного потенциала: продолжительность воздействия кодируется продолжительностью рецепторного потенциала, а сила воздействия — его амплитудой (т. к. чем сильнее воздействие, тем больше специфических ионных каналов открывается на мембране сенсорного рецептора).

Кроме того, большое значение имеет и то, как амплитуда сигнала меняется во времени, то есть «паттерн» раздражителя, который при кодировании на рецепторе преобразуется в соответствующую форму рецепторного потенциала.

Преобразование характеристик исходного стимула в характеристики локального рецепторного потенциала называется аналоговым кодированием. Такое название связано с тем, что с точки зрения теории информации рецепторный потенциал является аналоговым, то есть непрерывным и вариабельным по характеристикам (форма, амплитуда, длительность и т. п.), так что термин «аналоговое кодирование» означает кодирование в аналоговый сигнал.

После образования рецепторного потенциала сигнал должен быть видоизменен еще раз (перекодирован) в потенциалы действия. Причина состоит в том, что рецепторный потенциал не способен распространяться без затухания (в отличие от потенциала действия), а значит, он не донесет информацию до головного мозга самостоятельно без ее потерь. Поэтому достаточно большой по амплитуде (надпороговый) рецепторный потенциал вызывает на ближайшей возбудимой (то есть содержащей потенциалзависимые ионные каналы) мембране генерацию серии потенциалов действия (ПД).

При этом **характеристики этой серии ПД отражают характеристики рецепторного потенциала: продолжительность серии потенциалов действия соответствует продолжительности рецепторного потенциала, а его амплитуда кодируется частотой потенциалов действия в серии.**

Преобразование характеристик локального (рецепторного либо постсинаптического) потенциала в характеристики серии потенциалов действия называется дискретным кодированием. Потенциал действия является дискретным («прерывистым») сигналом, так как он, подчиняясь закону «все или ни-

чего», является стандартным по продолжительности и амплитуде (при прочих равных условиях), то есть единичный ПД не несет дополнительной информации в своей форме, амплитуде или продолжительности. Решающее значение имеет сам факт наличия ПД, и, как уже было сказано, характеристики серии из нескольких потенциалов действия.

Что касается кодирования модальности стимула (свет, тепло, запах и пр.), то она реализуется за счет того, что различные раздражители активируют различные типы сенсорных рецепторов. Далее информация от них по-разному обрабатывается в различных сенсорных областях головного мозга — происходит ее декодирование, формируются ощущения, сенсорные образы и восприятие объектов реального мира.

Помимо сенсорных рецепторов, перекодирование информации имеет место и в процессе синаптической передачи в химических синапсах. При этом происходит преобразование дискретных потенциалов действия в аналоговую форму выделяющегося в синаптическую щель нейромедиатора (его количество пропорционально числу пришедших нервных импульсов). Далее на постсинаптической мембране химический сигнал еще раз перекодируется в аналоговый электрический сигнал ВПСП или ТПСП, а позже (на аксонном холмике либо ближайшем перехвате Ранвье) — вновь в дискретную форму потенциалов действия (с поправкой на наличие существенного преобразования информации в результате пространственной и временной суммации постсинаптических потенциалов).

Описанная характеристика аналогового и дискретного кодирования является заведомо упрощенной и не учитывает адаптации рецепторов (угасание рецепторного потенциала при длительной монотонной стимуляции), влияние латерального торможения, особенности некоторых рецепторов генерировать рецепторный потенциал в виде гиперполяризации и пр.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 10. НЕЙРОН: СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ; НЕЙРОГЛИЯ. ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Нейрон: структура, функции, свойства, взаимосвязь с глиальными клетками. Роль нейроглии.

2. Нервные волокна: строение, классификация, функция. Механизм и законы проведения возбуждения по нервному волокну. Физиологические основы проводниковой анестезии.

3. Синапсы: классификация, строение, общие свойства, физиологическая роль. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Понятие о влиянии лекарственных веществ и токсинов на синаптическую передачу.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие теории организации нервной системы существуют, и в чем их отличия?

2. Могут ли в разных синаптических окончаниях одного нейрона секретироваться различные нейромедиаторы?

3. Объясните, почему нервный импульс, возникающий в нервном волокне, распространяется вдоль волокна, а не возвращается к месту его генерации.

4. Каковы причины снижения лабильности синапса при утомлении?

5. Почему при отравлении кураре — ядом, блокирующим передачу в нервно-мышечных синапсах — организм погибает от недостатка кислорода?

6. Как и почему изменится передача сигнала в нервно-мышечном синапсе под действием веществ, обладающих антихолинэстеразным действием?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии; материалы настоящего практикума (разделы «дополнительная информация»), материалы ЭУМК, электронного атласа.

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. С. 53–72.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 115–143.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 10.1. Схема строения химического синапса

На схеме химического синапса (рис. 10.1) и таблице к ней укажите пресинаптическую мембрану, постсинаптическую мембрану, синаптическую щель (и её ширину), нейромедиаторы (ацетилхолин и норадреналин) и клеточные рецепторы к ним на постсинаптической мембране, а также ферменты, расщепляющие эти нейромедиаторы.

ПРОТОКОЛ		
Нейромедиатор (НМ)	**Рецептор к НМ**	**Фермент, разрушающий нейромедиатор**
Ацетилхолин		
Норадреналин		

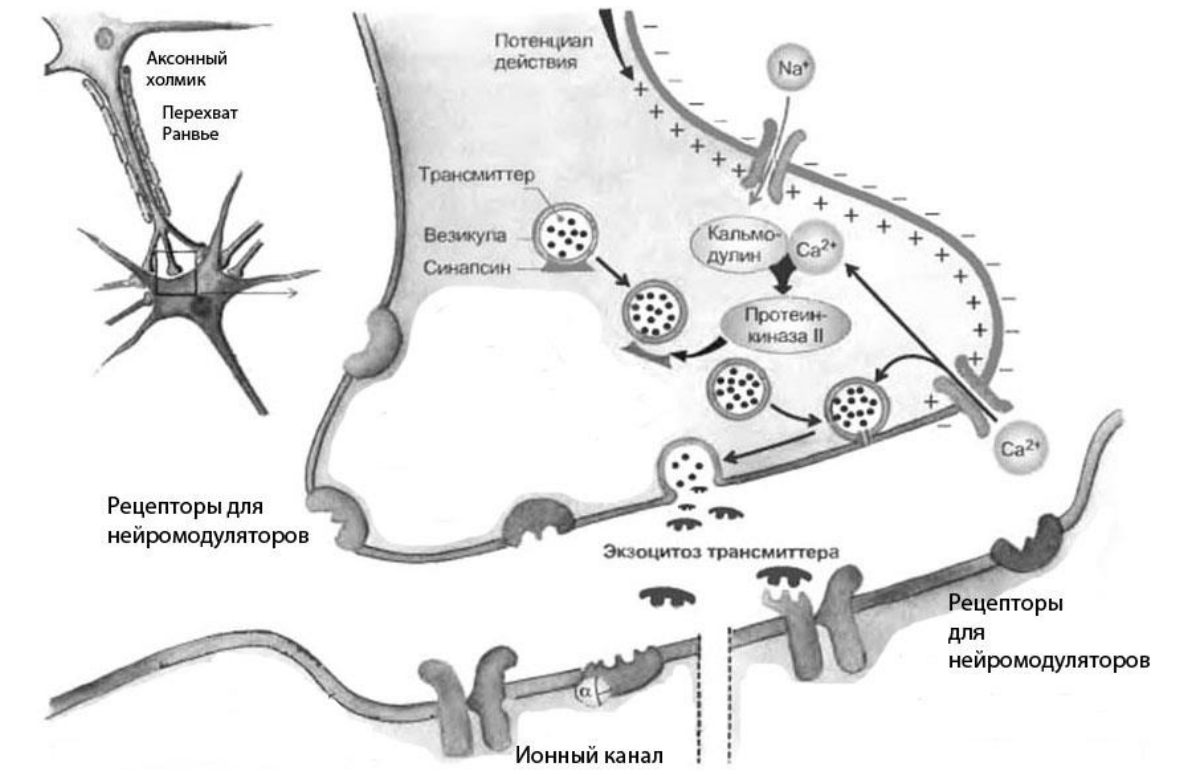


Рис. 10.1. Схема строения химического синапса

Работа 10.2. Механизм проведения возбуждения по нервным волокнам

На рис. 10.2 (укажите цифры): _____ — инверсия знака заряда мембраны вследствие входа ионов Na; _____ — потенциал покоя.

На рис. 10.3 (укажите цифры): _____ — потенциал покоя; _____ — деполяризация; _____ — реполяризация и гиперполяризация.

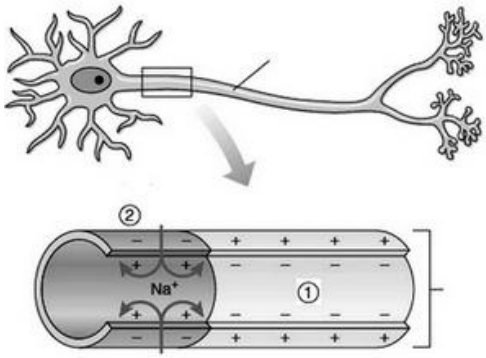


Рис. 10.2. Проведение возбуждения по безмиелиновым волокнам

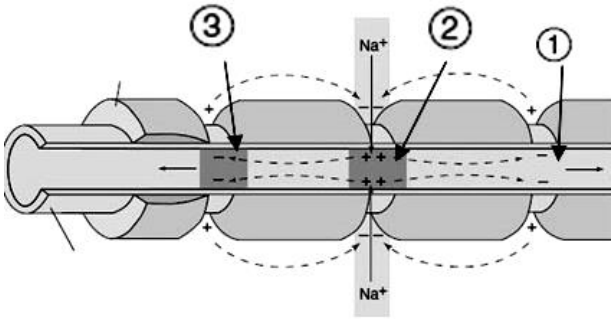


Рис. 10.3. Проведение возбуждения по миелиновым волокнам

Перечислите законы проведения ПД:

1 — _____

2 — _____

3 — _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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 поддержанная итальянским ученым К. Гольджи.

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. британский ученый в области физиологии и нейробиологии Чарльз Скотт Ше́ррингтон 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.

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.

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».

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. 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 позволяют попытаться сформулировать объединенную нейронно-ретикулярную концепцию (О. С. Сотников, 2019) организации нервной системы.

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.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВОДНИКОВОЙ АНЕСТЕЗИИ

Обезболивание (анестезия) представляет собой комплекс воздействий, направленных на снижение или полное купирование болевых ощущений. Различают два вида обезболивания — местное и общее. Из местного наиболее часто используется инъекционная анестезия.

Механизм действия местных анестетиков (новокаин, лидокаин и др.) связывают с их влиянием на рецепторы, расположенные вблизи инактивационных ворот (h-ворота) натриевого канала, в результате чего происходит обратимая блокада натриевых каналов. Таким образом, местные анестетики препятствуют проникновению через мембрану ионов натрия и ее деполяризации.

Восстановление натриевых каналов после блокады местными анестетиками идет в 10–1000 раз медленнее, чем от нормальной физиологической инактивации каналов.

Местные анестетики могут блокировать передачу сигнала по любым нервным волокнам (табл. 10.1), но чувствительность последних к анестезирующим воздействиям зависит от их миелинизации, размера, частоты импульсации по ним, положения волокон в пучке.

Таблица 10.1

Чувствительность к анестезии нервных волокон разного типа

Тип нервных волокон	Миелинизация	Диаметр (мкм)	Скорость проведения (м/с)	Чувствительность к анестезии	Вид чувствительности, функция
Тип А A_α	Полная	12–22	70–120	+	Проприоцепция, двигательная
A_β	Полная	8–12	40–70	++	Тактильная, давление

Тип нервных волокон	Миелинизация	Диаметр (мкм)	Скорость проведения (м/с)	Чувствительность к анестезии	Вид чувствительности, функция
A_γ	Полная	4–8	15–40	++	Проприоцепция, контрактильная (мышечные веретена)
A_δ	Полная	1–4	5–15	++++	Болевая, температурная
Тип В	Слабая	1–3	3–18	++++	Преганглионарные вегетативные волокна
Тип С	Отсутствует	0,5–1,5	0,5–2	++++	Болевая, постганглионарные вегетативные волокна

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПЕРЕДАЧУ СИГНАЛОВ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ

Таблица 10.2

Типы влияния	Результат	Пример вещества
Блокада выделения медиатора (АХ)	Полная блокада синаптической передачи, паралич мышц	Токсин ботулизма (ботокс)
Блокада рецепторов постсинаптической мембраны	Блокада синаптической передачи, паралич мышц	Кураре и курареподобные вещества (миорелаксанты)
Блокада 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

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 11. ФИЗИОЛОГИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Физиологические свойства скелетных мышц и их функции.

2. Строение скелетных мышц. Двигательные единицы и их особенности в разных мышцах. Типы мышечных волокон. Энергетика мышечного сокращения и теплообразование при сокращении.

3. Одиночное сокращение и его фазы. Виды и режимы сокращения. Тетаническое сокращение и его виды. Оптимум и пессимум сокращения. Скелетно-мышечное взаимодействие, рычаги.

4. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом.

Вопросы для самоподготовки:

1. Длительность периода укорочения мышцы при одиночном сокращении равна 0,03 с, а период расслабления — 0,04 с. Определите вид сокращения этой мышцы при частоте сокращения 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц.

2. Чем (возможно) отличается потенциал концевой пластинки от обычного возбуждающего постсинаптического потенциала на мембране нейрона?

3. Назовите два основных механизма реализации закона силы в сокращении мышц

4. Одним из основных критериев смерти мозга является отсутствие в нём электрической активности. Можно ли по аналогии говорить о смерти мышцы, если в покое с неё не удаётся зарегистрировать электромиограмму?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 122–131.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 135–141, 143–153.

2. *Физическая* культура : учеб. пособие / под ред. Е. С. Григоровича, В. А. Переверзева. 3-е изд. доп. и перераб. Минск : Вышэйшая школа, 2011. 350 с. С. 83–87, 90–94, 134–136.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 11.1. Электромиография

Электромиография (ЭМГ) — метод исследования функционирования скелетных мышц посредством регистрации их электрической активности.

Электромиограмма представляет собой суммарную запись множества потенциалов действия, асинхронно возникающих в различных двигательных единицах.

Поскольку работа мышцы зависит в том числе от ее иннервации, ЭМГ применяют для изучения состояния не только самой мышцы, но и периферических нервов и центральной нервной системы, в том числе и для анализа взаимоотношений моторных центров мышц-антагонистов.

В состоянии покоя регистрируется низкоамплитудная ЭМГ (5–10 мкВ), связанная с наличием мышечного тонуса. При слабом сокращении и напряжении мышц (например, при поддержании позы тела) 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 одноразовые электроды (5 шт.), 70 % раствор этанола либо спиртосодержащий антисептик, ватно-марлевые шарики, набор грузов от 0,5 до 3 кг, усилитель биопотенциалов, осциллоскоп (ИМ-789) или аналогичный.

Порядок работы. Предварительно кожу в местах наложения электродов обезжиривают спиртом. Находящемуся в положении стоя испытуемому фиксируют биполярно электроды на кожу в области двуглавой и трехглавой мышц плеча правой руки. Общий электрод накладывают на кожу плеча недалеко от точек регистрации ЭМГ. Производится регистрация и анализ ЭМГ при различных функциональных состояниях:

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

б) сгибание руки в локтевом суставе из положения «а»;

в) разгибание руки из согнутого в локтевом суставе положения;

г) рука отведена в горизонтальное положение, сжатие кисти в кулак с максимальной силой;

д) удержание предплечья в горизонтальном положении, ладонью вверх, и возрастающая физическая нагрузка путем последовательного помещения на ладонь грузов 0,5; 1,5 и 3 кг

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Зарисуйте ЭМГ в разных условиях.

2. Проведите визуальный анализ биотоков в двуглавой мышце плеча. Оцените, как изменяются частота и амплитуда волн ЭМГ в различных условиях эксперимента. Сделайте заключение об изменении электрической активности двуглавой и трехглавой мышц плеча в условиях опыта.

ПРОТОКОЛ

1. Рисунки ЭМГ в условиях:

запись ЭМГ от мышцы:	покой	сгибание руки	разгибание руки	синергичные сокращения	удержание груза		
					0,5 кг	1,5 кг	3 кг
двуглавой							
трехглавой							

2. **Вывод:** электрическая активность мышц плеча в покое _____; при сгибании (разгибании) руки в локтевом суставе _____ _____; при дополнительном напряжении мышцы для удержания груза относительно состояния покоя _____ (возрастает или уменьшается); при синергичном напряжении мышц их электрическая активность _____, о чем свидетельствует _____ амплитуды и частоты волн ЭМГ.

Работа 11.2. Виды и режимы мышечного сокращения (демонстрация)

Работа выполняется с помощью компьютерной программы **«Muscular»**. Разделы «Сокращение моторных единиц» (Contraction of Motor Units) и «Сокращение целой мышцы» (Contraction of Whole Muscle).

Ход работы. Номера страниц указываются в выпадающем меню вверху экрана (например, Page 1 of 11). Переход на следующую страницу нажатием кнопки «Next» вверху слева или при помощи выпадающего меню. Выход из программы при помощи клавиш «Alt» + «F4».

Сокращение моторных единиц (Contraction of Motor Units)

Страница 1: **Сокращение целой мышцы** — это результат активности групп мышечных волокон, каждая из которых получает импульс от одного двигательного нейрона. Число и размеры таких моторных единиц, вовлеченных в сокращение, определяют его силу.

Страница 4: **Вовлечение**

Когда требуется сильное сокращение, нервная система стимулирует большее число моторных единиц. Стимуляция дополнительных моторных единиц для увеличения силы сокращения называется вовлечением.

Щелкните мышкой на интернейроне (там, где мигает желтая стрелка), и пронаблюдайте одновременное сокращение двух моторных единиц, отдельные сокращения которых можно было наблюдать в заставке к разделу. Сила полученного сокращения больше силы сокращения в случае отдельной стимуляции любой из двух моторных единиц.

Страница 6: **Мелкие моторные единицы выполняют точные движения**

Кроме количества участвующих моторных единиц, количество мышечных волокон в каждой моторной единице является важнейшим фактором, влияющим на силу и точность движений мышц.

Мелкие моторные единицы, включающие всего несколько мышечных клеток, обнаруживаются там, где требуется точность движений, например, в мышцах глаза.

Щелкните мышкой на двигательном нерве, чтобы увидеть точное движение мышц глазного яблока. Повторите. Степень сокращения мышцы возрастает.

Страница 7: **Большие моторные единицы выполняют «большие» движения**

Крупные мышцы, выполняющие движения с большой амплитудой и силой, такие как движения бедра, имеют большие моторные единицы, в которых каждый двигательный нейрон соединен с большим количеством мышечных клеток.

Подведите курсор к нерву и щелкните мышкой. Пронаблюдайте сокращение четырехглавой мышцы бедра. Повторите несколько раз.

Возврат в меню нажатием кнопки «Topic menu».

Сокращение целой мышцы (Contraction of Whole Muscle)

Страница 1. **Сокращение целой мышцы** может быть различным по развиваемой силе. Например, одна и та же мышца может поднимать малый груз (например, один чипс) и достаточно большой груз (например, упаковку из шести банок минеральной воды).

Страница 3: **Факторы, влияющие на напряжение мышцы**

Одиночные мышечные волокна подчиняются закону «все или ничего», но мышца в целом способна развивать различную силу сокращения, т. е. подчиняется закону силы.

Три фактора, влияющих на силу сокращения:

1. Частота получаемых импульсов.
2. Количество вовлеченных моторных единиц.
3. Степень растяжения мышцы.

Страница 4: **Одиночное мышечное сокращение**

Мышечное сокращение в ответ на единичный стимул называется одиночным мышечным сокращением.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра одиночного мышечного сокращения.

Страница 5: **Три фазы одиночного мышечного сокращения**

1. Латентный период.
2. Период сокращения (укорочения).
3. Период расслабления.

Страница 6: **Временная суммация двух стимулов**

Если до завершения фазы расслабления подействует второй стимул (такой же величины, как и первый), то сокращения суммируются, и степень укорочения мышцы возрастает.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра сокращения мышцы в ответ на двойную стимуляцию.

Страница 7: **График временной суммации**

Второй пик выше первого. Дополнительное поступление ионов кальция усиливает второе сокращение, которое «накладывается» на первое.

Страница 10: **Суммация действия множественных стимулов**

Представим следующую ситуацию: импульсы (одинаковые) поступают к мышце с нарастающей частотой, и интервал между импульсами становится все короче.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра ответа мышцы на стимуляцию с возрастающей частотой.

Страница 11: **График сокращений мышцы в ответ на множественную стимуляцию**

По горизонтали изменяется частота стимуляции, по вертикали — амплитуда сокращения мышцы.

Щелкните мышкой последовательно на каждой выделенной части графика для получения дополнительной информации. После каждой части графика «нажимайте» кнопку Stimulator для повтора ответа мышцы.

Эффект лестницы. Сила сокращения увеличивается, но каждый раз достигается полное расслабление мышцы, т. е. временная суммация отсутствует. Возрастание амплитуды сокращения может быть вызвано повышением температуры мышцы и повышением активности ферментов.

Временная суммация. Сокращения суммируются, и их амплитуда с каждым разом становится все больше. Это возрастание происходит из-за увеличения внутриклеточной концентрации ионов кальция.

Неполный (зубчатый) тетанус. Циклы «сокращение – расслабление» становятся все короче, но некоторая степень расслабления после каждого сокращения ещё заметна.

Полный (гладкий) тетанус. При дальнейшем увеличении частоты стимуляции сокращения сливаются в одно сплошное гладкое длительное сокращение без признаков расслабления и какой-либо цикличности. Значительное повышение внутриклеточной концентрации кальция со-

здает условия для образования поперечных мостиков между актином и миозином.

Утомление. При продолжающейся частой стимуляции мышца более не способна поддерживать высокий уровень напряжения и постепенно расслабляется. Утомление происходит вследствие накопления кислых продуктов, нарушающих функционирование белков, снижения запасов АТФ и нарушения ионного баланса, возникающего из-за высокой активности мембранных каналов. При условии отдыха и необходимого уровня кровотока состояние утомления проходит, и мышца снова способна отвечать на стимуляцию.

Страница 13: **Суммация сокращений моторных единиц**

Сила сокращения мышцы определяется не только частотой стимуляции, но также количеством и размерами участвующих в сокращении моторных единиц.

В организме (in vivo) количество вовлеченных в сокращение моторных единиц определяется количеством двигательных нейронов, которые стимулируются центральной нервной системой. Путем изменения количества и размеров моторных единиц, участвующих в сокращении, нервная система управляет силой и степенью сокращения каждой конкретной мышцы.

Щелкните мышкой на кнопке «Start demo» в правом нижнем углу. Выберите вес поднимаемого груза (показано стрелкой). Затем выберите количество участвующих в сокращении моторных единиц: малое число (Few), среднее или большое (Many). Щелкните мышкой на мышце бедра и пронаблюдайте сокращение мышцы в соответствии с выбранными параметрами. Повторите сокращение с различными параметрами для установления зависимости силы сокращения от количества участвующих моторных единиц.

Страница 16**: Зависимость развиваемого напряжения от длины мышцы**

Внизу в правой части экрана находятся три кнопки, соответствующие трем вариантам состояния мышцы: A — нерастянутая (unstretched), B — умеренно растянутая (moderately stretched) и C — сильно растянутая (overstretched).

Щелкните мышкой по кнопке A. Обратите внимание на перекрытие тонких нитей в нерастянутой мышце. Затем стимулируйте мышцу (Stimulator) и пронаблюдайте сокращение. Оно оказывается слабым вследствие перекрытия тонких нитей и уменьшения возможностей для образования поперечных мостиков. Затем выберите кнопку B. В умеренно растянутой мышце тонкие нити занимают положение возле той части молекулы миозина, где находятся головки с участками связывания с актином; это создает оптимальное перекрытие тонких и толстых нитей, благодаря чему об-

разуется максимальное количество поперечных мостиков. Стимуляция мышцы (Stimulator) дает максимальную амплитуду сокращения и степень развиваемого напряжения, что хорошо видно на графике. Наконец, выберите кнопку C. В перерастянутой мышце тонкие нити почти не перекрываются толстыми. При стимуляции (Stimulator) сокращение оказывается совсем слабым, так как развить напряжение при таком взаимном положении нитей трудно[7].

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

[7] В организме такое перерастяжение для скелетных мышц достигается редко, так как прикрепление мышц к кости препятствует излишнему растяжению. Но этот эффект имеет большое значение для сердечной мышцы — в развитии сердечной недостаточности.

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 12. ОСНОВЫ БИОМЕХАНИКИ. СИЛА И РАБОТА МЫШЦ. РЕЖИМЫ ИХ СОКРАЩЕНИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ ГЛАДКИХ МЫШЦ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Сила мышц, факторы, влияющие на силу мышц. Понятие об удельной (абсолютной) и относительной силе мышц. Механизмы развития утомления при сокращении мышц.

2. Работа и мощность мышц. Закон средних нагрузок. Соотношение между силой и скоростью мышечного сокращения. Статическая и динамическая работа, концентрический и эксцентрический режимы сокращения.

3. Физиологические свойства и особенности гладких мышц в сравнении со скелетными. Тонус гладких мышц. Понятие о миоэпителиальных клетках.

4. *Оценка силы и работоспособности скелетных мышц. Динамометрия ручная и становая. Эргометрия.*

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие разновидности мышечных волокон (двигательных единиц) более предрасположены к статическим нагрузкам? Почему?

2. Какой вид утомления наступает раньше всего?

3. Чем отличаются абсолютная и удельная сила мышцы?

4. Какие выводы следуют из закона средних нагрузок применительно к трудовой деятельности?

5. В чем отличия характера сокращения гладких и скелетных мышц?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума по занятию 5 (раздел «*Дополнительная информация*»), материалы электронного атласа 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. С. 129–138.

3. Материалы «Сила, работа и мощность мышцы. Закон средних нагрузок. Виды мышечной работы» в текущем занятии данного практикума.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 154–156; С. 169–177.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 12.1. Динамометрия ручная и становая

Динамометрия — метод измерения силы сокращения мышц. Сила мышцы зависит от ее физиологического сечения (перпендикулярно ходу мышечных волокон), исходной длины, скорости сокращения и других факторов. Сила сокращения мышц измеряется динамометрами и выражается в абсолютных единицах (кг или Н, а также в кг/см^2 поперечного сечения мышцы (составляя от 2 до 10 кг/см^2)) или в относительных единицах (по отношению к массе тела, выраженному в %). Динамометрия (особенно ручная) широко применяется в медицине и в физиологии трудовой и спортивной деятельности.

***Материалы и оборудование*:** динамометр ручной, динамометр становой, рычажные весы.

Ход работы. Силу кисти рук определяют с помощью ручного динамометра (ДК-150 или др.). Динамометр держат в вытянутой горизонтально (допускается незначительное сгибание в локтевом суставе) руке. Переключатель динамометра переводят в положение режима с фиксацией показателей. Производят максимальное сжатие динамометра кистью руки. Измерение проводят три раза каждой рукой. Из трех измерений (для каждой руки) выбирают наибольшие.

Измеряют массу испытуемого (без обуви) на рычажных весах и вычитают из нее 1 кг (условно берется вес одежды), получая показатель массы тела. Затем рассчитывают показатель относительной силы (ОС) мышц правой и левой рук по формуле: **ОС = сила рук (кг): масса тела (кг) × 100 (%)**. Оценка показателя относительной силы мышц рук приведена в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Показатели относительной силы рук у мужчин и женщин

Пол	Уровень показателя относительной силы рук (%)				
	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

Силу мышц разгибателей задней поверхности тела измеряют становым динамометром. Испытуемый становится на подставку (упор для ног) динамометра и прикрепляет соединительную планку к подставке и к динамометру, устанавливая высоту рукояти таким образом, чтобы наклон туловища вперед составлял около 30° относительно вертикали. Заслонку (зеркало) циферблата поворачивают, открывая циферблат; переключатель динамометра переводится в положение фиксации результатов «Ф». Далее

испытуемый тянет рукоять изо всех сил вверх на протяжении нескольких секунд. После фиксации результата возвращают исходное положение стрелки при помощи переключателя динамометра.

Измерение становой силы производится трижды и выбирают наибольшее значение показателя. Показатели относительной (становой) силы рассчитывают путем деления наибольшего значения показателя становой силы (в кг) на массу тела испытуемого (кг). **Удовлетворительным показателем относительной становой силы считается 2 для мужчин и 1,5 для женщин.**

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

Если у Вас ранее были проблемы с позвоночником, лучше воздержитесь от проведения данного измерения. Противопоказаниями для становой динамометрии являются межпозвоночные грыжи либо перелом позвоночника в анамнезе, высокая степень артериальной гипертензии или миопии, период менструации или беременность у женщин, грыжи передней брюшной стенки и т. д.

***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.
4. В случае низких и ниже средних показателей относительной силы рук и/или неудовлетворительного показателя относительной становой силы, познакомьтесь с методами развития силы мышц, которые изложены в учебном пособии для студентов высших учебных заведений Республики Беларусь «Физическая культура» (Минск, 2011 г.).

ПРОТОКОЛ

1. Масса тела испытуемого: _____ (кг), пол: _____ (м. или ж.)
2. Заполните таблицу:

	Сила, в кг	**Относительная сила**
Кисть правой руки		
Кисть левой руки		
Разгибатели задней поверхности тела		

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

Работа 12.2. Эргометрия мышц предплечья

Эргометрия — измерение показателей работоспособности мышц человека. Обычно измеряют такие показатели, как показатель уровня работоспособности — P, показатель снижения работоспособности — S, силовая выносливость — V.

***Материалы и оборудование*:** кистевой динамометр

***Ход работы*.** Вначале проводится обычная кистевая динамометрия (работа 12.1). Измеренная максимальная сила мышц предплечья **F max** записывается в табл. 12.2.

Затем испытуемый выполняет 10 сжатий динамометра с частотой 1 раз в 5 секунд. Результаты измерений для каждой кисти — **F1, F2, …, F10** — запишите в табл. 12.2. Шкала динамометра градуирована в даН, 1 даН = 10 Н = 1 кгс. Начертите график зависимости показателей кистевого динамометра **F** от порядкового номера сжатия — **F(n)**, для кисти каждой руки, соответственно.

Вычислите показатели работоспособности мышц предплечий правой и левой рук, используя данные измерений из табл. 12.2.

Уровень работоспособности мышц правого и левого предплечий **P**:

$$\mathbf{P = (F1 + F2 + \ldots + F10),\ даН}.$$

Показатель снижения работоспособности мышц правого и левого предплечий **S**:

$$\mathbf{S = (F1 - Fmin)/Fmax,\ отн.\ ед.}$$

Значение Fmin выберите из табл. 12.2 как наименьшее из десяти значений F1, F2, …, F10 для каждой кисти. Результаты проведенных выше вычислений запишите в табл. 12.2.

Определите **силовую выносливость V** с мышц предплечий. Для этого испытуемый поочередно каждой рукой сжимает кистевой динамометр максимально продолжительное время с силой, составляющей примерно 50 % от максимального значения из табл. 12.2 — Fmax. По секундомеру определите время **V**, с. Результаты измерений запишите в протокол.

ПРОТОКОЛ

1. Заполните таблицу:

Таблица 12.2

Правая рука	**Fmax**	**F1п**	**F2п**	**F3п**	**F4п**	**F5п**	**F6п**	**F7п**	**F8п**	**F9п**	**F10п**	**Fmin**
Левая рука	**Fmax**	**F1л**	**F2л**	**F3л**	**F4л**	**F5л**	**F6л**	**F7л**	**F8л**	**F9л**	**F10л**	**Fmin**

2. **Уровень работоспособности** мышц предплечий **P**:

Правого: $P_п$ =_____; Левого: $P_л$ =_____

3. **Показатель снижения работоспособности** мышц предплечий **S**:

Правого: $S_п$ =_____; Левого: $S_л$ =_____

4. **Силовая выносливость** мышц предплечий **V**:

Правого: $V_п$ =_____; Левого: $V_л$ =_____

Работа 12.3. Схема строения нейро-эффекторного соединения (на гладких миоцитах, железистых клетках, миоэпителиальных клетках)

На схеме нейро-эффекторного соединения (рис. 12.1) укажите аксон постганглионарного нейрона вегетативной нервной системы (А), варикозные расширения на аксоне (В).

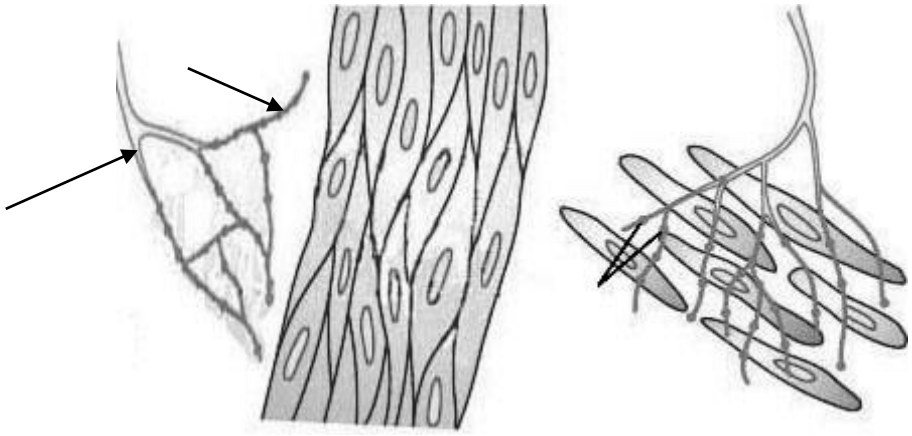


Рис. 12.1. Схема строения нейро-эффекторного соединения для унитарных (слева) и мультиунитарных (справа; примеры — радужка, цилиарная мышца) гладких миоцитов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СИЛА, РАБОТА И МОЩНОСТЬ МЫШЦЫ. ЗАКОН СРЕДНИХ НАГРУЗОК. ВИДЫ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Сила мышцы определяется по максимальному грузу, который она в состоянии поднять, либо по максимальному напряжению, которое она может развить в условиях изометрического сокращения. Например, одиночное скелетное мышечное волокно способно развить напряжение 100–200 мг.

Для того чтобы узнать **удельную силу** мышц, массу максимального груза, который в состоянии поднять мышца, делят на площадь ее физиологического поперечного сечения. Таким образом вычисляют мышечную силу в пересчете на см^2. (При этом понятие относительной силы мышцы подразумевает показатели максимальной силы данной мышцы в перерасчёте на 1 килограмм массы тела данного человека.)

Работа мышцы измеряется произведением поднятого груза на величину укорочения мышцы.

Мощность сокращения мышцы — это величина работы в единицу времени. Соответственно, более мощное сокращение, по сравнению с менее мощным, за то же самое время позволяет поднять либо больший груз на ту же высоту, либо прежний груз на большую высоту, укорачиваясь сильнее. Поскольку пройденное расстояние за какое-то время — это скорость, получается, что во втором случае мышца сокращается быстрее. При более мощном сокращении мышца, сокращаясь с тем же или большим грузом, совершает большую работу.

Из описания мощности также следует обратная зависимость между весом груза и скоростью укорочения мышцы (для одной и той же мощности). При увеличении нагрузки скорость сокращения, как правило, уменьшается, так как при большом количестве одновременно связанных с актином головок миозина быстрое движение нитей актина относительно миозина затруднено, и наоборот.

Заметим, что работа мышцы, как и ее мощность, характеризует данное конкретное сокращение, а не мышцу как таковую. Мы можем сокращать мышцы сильнее и слабее, быстрее и медленнее, регулируя частоту посылаемых к ним нервных импульсов (т. е. через тетанус) и/или задействуя в сокращении различное количество моторных единиц). Характеристикой самой мышцы мощность становится только при поднятии максимального груза. При этом работа и мощность мышцы ничего не говорят о скорости развития в ней утомления, ее способности к длительной работе, статическим нагрузкам и пр.

Работа мышцы равна нулю, если мышца сокращается без нагрузки. По мере увеличения груза работа сначала увеличивается, пока величина укорочения остается прежней (исходя из формулы/определения работы). При дальнейшем увеличении груза, начиная с определенного уровня, мышца начинает укорачиваться меньше, и в какой-то момент работа мышцы начинает уменьшаться (степень укорочения мышцы меньше степени увеличения груза), и при очень большом грузе, который мышца неспособна поднять, работа наконец становится

равной нулю (рис. 12.2). Описанная динамика сокращения мышцы не связана с развитием в ней утомления, так как в эксперименте между увеличивающимися нагрузками дается время на отдых и восстановление сократимости мышцы.

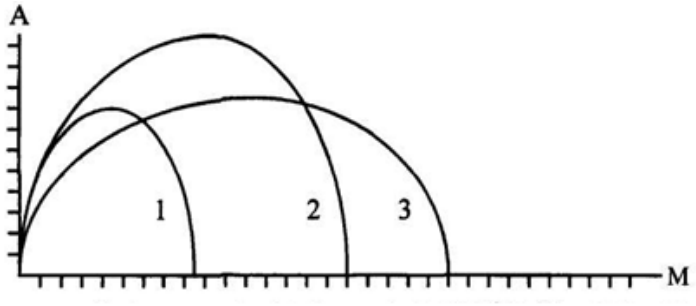


Рис. 12.2. Закон средних нагрузок:
А — работа, М — вес груза. 1, 2, 3 — графики для разных мышц

Эта закономерность описывается графиком, согласно которому следует, что **максимальную работу мышца совершает при средних нагрузках (закон средних нагрузок)** — рис. 12.2.

Мощность мышцы, также, пропорционально работе, достигает максимальной величины при средних нагрузках.

В какой-то степени эта закономерность связана с влиянием степени растяжения мышцы на сократимость (например, при перерастяжении мышцы сила сокращения снижается из-за уменьшения перекрытия актина и миозина), в какой-то зависит от возможности увеличения ее стимуляции потенциалами действия, но так или иначе максимальная способность мышцы к поднятию груза (сократимость) лимитируется суммарным количеством в ней миофибрилл. В отличие от количества мышечных волокон (клеток), количество миофибрилл увеличивается в результате регулярной тренировки (рабочая гипертрофия мышцы), особенно с использованием нагрузок, требующих большого напряжение (в изометрическом режиме или близком к нему).

Описанная выше трактовка мышечной работы как произведения веса поднятого груза на величину укорочения мышцы взята из физики. Между тем понятие работы мышцы в физиологии намного шире. Работа мышц делится на **динамическую** и **статическую.**

При динамической работе происходит изменение длины мышцы при перемещении груза. При этом динамическая работа, в свою очередь, подразделяется на преодолевающую и уступающую.

Преодолевающая работа подразумевает укорочение мышцы при поднятии груза (**концентрический режим** сокращения). В этом случае физиологическое понятие термина «работа» действительно совпадает с физическим его смыслом.

Уступающая работа подразумевает, наоборот, удлинение мышцы при перемещении груза, к примеру, при опускании груза, когда мы придерживаем его, чтобы не бросать на землю. Такой режим сокращения называется **эксцентрическим**, и с точки зрения физики (по крайней мере, механики) работа при нем выглядит отрицательной величиной.

Статическая работа наблюдается при удержании груза (в том числе частей тела) в одном положении сколько-нибудь длительное время. Например, при длительном нахождении в положении стоя ряд мышц (главным образом мышцы нижних конечностей и спины) находится в постоянном напряжении. С точки зрения физики, при этом работы вроде бы не происходит. Но с точки зрения физиологии и самого организма энергия АТФ тратится на сопротивление весу груза или, к примеру, попытки переместить непосильный груз (при изометрическом режиме сокращения происходит максимальная нагрузка на работающую мышцу. В этом случае фактически большая часть энергии тратится на силы трения и внутреннее растяжение соединительнотканных элементов самой мышцы).

Статическая работа более утомительна, чем динамическая. Связано это не только с тем, что при удержании груза имеется постоянное напряжение одной и той же мышечной группы, с соответствующими нервными центрами, но и потому, что в статически напряженной мышце затруднен полноценный кровоток. В результате быстрее истощаются запасы нейромедиаторов в синапсах, а в мышце развивается недостаток кислорода и питательных веществ, накапливаются продукты обмена и прочее. Считается, что статическая работа в целом менее эффективна, чем динамическая, и требует больше времени на восстановление энергии.

Поэтому при организации труда на рабочем месте необходимо стремиться к уменьшению не только необходимой динамической работы человека, но и статических усилий, в частности, предусматривать возможность периодического изменения позы, регулярно чередуя работу с перерывами на отдых. По возможности, следует стремиться полностью исключить этот вид работы.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 13. ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Нервная система и ее роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Нервные центры: физиологическое понятие, функции, свойства.

2. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги (соматического, вегетативного рефлексов). Обратная связь и ее значение.

3. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС. Возбуждающие синапсы и их медиаторные механизмы, ВПСП.

4. Торможение в нервной системе, его типы (первичное и вторичное) и роль. Современные представления о механизмах центрального торможения.

5. Основные принципы координационной деятельности ЦНС: реципрокное торможение, общий конечный путь, доминанта, обратная афферентация. Возбуждающие и тормозные медиаторы, рецепторные механизмы их действия.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему при перерезке задних корешков спинного мозга подопытного животного тонус мышц резко снижается?

2. 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?

3. В чем заключается физиологический смысл реципрокного торможения?

4. Почему время сухожильного рефлекса является самым коротким по сравнению со временем других рефлексов?

5. Ребенку, страдающему врождённой глухотой, в раннем детском возрасте произвели операцию по восстановлению слуха путем вживления имплантата в улитку. Будут ли нейроны слуховой коры этого ребёнка реагировать на звук? Как будут реагировать указанные нейроны, если операцию провести взрослому человеку?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 70–81.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 177–208.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 13.1. Схемы двухнейронной и трехнейронной рефлекторных дуг

Ход работы. Работа выполняется студентом самостоятельно при подготовке к занятию и проверяется во время занятия.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Нарисуйте двухнейронную и трехнейронную дуги соматических спинномозговых рефлексов.

2. Укажите на рисунках цифрами звенья рефлекторных дуг согласно данным таблицы, имеющейся в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Схема двухнейронной дуги спинномозгового рефлекса **Схема трехнейронной дуги спинномозгового рефлекса**

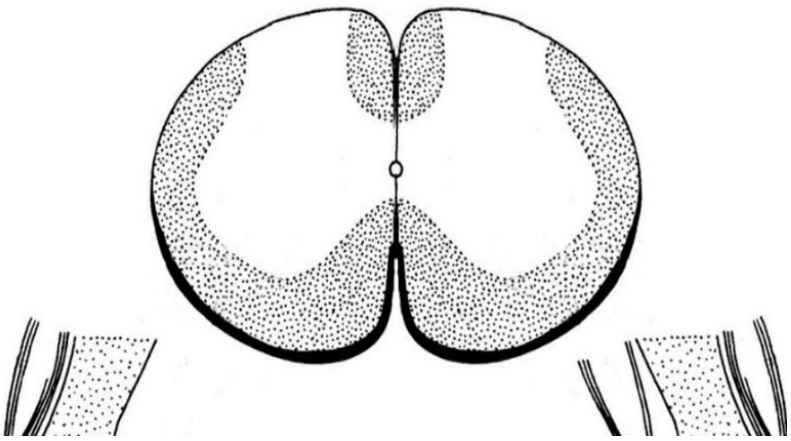


Таблица 13.1

Звенья рефлекторной дуги спинномозгового соматического рефлекса

двухнейронной дуги	трехнейронной дуги
1. Рецепторное звено (рецептор растяжения в скелетной мышце)	1. Рецепторное звено (рецептор кожи)
2. Афферентное звено (псевдоуниполярный нейрон спинномозгового ганглия)	2. Афферентное звено (псевдоуниполярный нейрон спинномозгового ганглия)
3. Вставочное (центральное) звено (нет)	3. Вставочное (центральное) звено (нейрон задних рогов спинного мозга)
4. Эфферентное звено (α- или γ-мотонейрон передних рогов спинного мозга)	4. Эфферентное звено (α- или γ-мотонейрон передних рогов спинного мозга)
5. Исполнительное звено (рабочий орган — скелетная мышца, мышечные волокна)	5. Исполнительное звено (рабочий орган — скелетная мышца, мышечные волокна)

Работа 13.2. Исследование коленного рефлекса

Миотатические рефлексы являются наиболее элементарными безусловными рефлексами спинного (например, поясничного отдела L_2–L_4 для коленного рефлекса) или головного (ядра некоторых черепных нервов) мозга. Исследование сухожильных рефлексов применяется в клинической практике (преимущественно в неврологии) для топической диагностики поражений нервной системы при ряде заболеваний и/или травм.

***Материалы и оборудование*:** неврологический молоточек.

***Ход работы*.** Обследуемый должен сесть на стул и положить ногу на ногу. Нанесите удар молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже надколенника. Пронаблюдайте характер разгибания ноги в коленном суставе. (В случае слабой выраженности рефлекса испытуемому предлагают с силой сжать руки, сцепив их в замок, и повторяют исследование. Данный прием позволяет минимизировать центральное торможение рефлекса, вызванное ожиданием удара молоточком). Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях. В норме она должна быть симметрична.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Оцените степень выраженности рефлекса, его симметричность.
2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторной реакции.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого коленный рефлекс _____ (выражен, отсутствует), _____ (симметричен, асимметричен).

2. Уровни замыкания в спинном мозге рефлекторной дуги коленного рефлекса: _____.

3. **Вывод:** состояние рефлекторной реакции _____ (в норме, рефлексы асимметричны, не вызываются).

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 14. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

Основные вопросы:

1. Физиология как научная основа медицины.
2. Общие свойства возбудимых тканей. Возбуждение и формы его проявления. Показатели (параметры) возбудимости. Современные представления о строении и функциях мембран. Транспорт веществ через клеточную мембрану.
3. Понятие о клеточных рецепторах и их функциях.
4. Понятие информации. Сигналы и их виды. Рецепторные механизмы восприятия сигналов.
5. Биопотенциалы, их виды. Мембранный потенциал покоя, его происхождение.
6. Современные представления о механизмах и фазах развития потенциала действия. Изменения возбудимости в процессе возбуждения.
7. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Хронаксиметрия, ее применение для изучения возбудимости мышц и нервов.
8. Нейрон: структура, функции, свойства, взаимосвязь с глиальными клетками. Роль нейроглии.
9. Сенсорные рецепторы: определение понятия, классификация, роль, основные свойства. Рецепторный и генераторный потенциалы. Понятие о принципах кодирования информации.
10. Нервные волокна: строение, классификация, функция. Механизм и законы проведения возбуждения по нервному волокну. Физиологические основы проводниковой анестезии.
11. Синапсы: строение, классификация, общие свойства, физиологическая роль. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Возможности фармакологического влияния на синаптическую передачу.
12. Физиологические свойства скелетных мышц и их функции. Строение скелетных мышц. Миофибриллы.
13. Двигательные (нейромоторные) единицы и их особенности в разных мышцах. Типы мышечных волокон (двигательных единиц).
14. Сила мышц, факторы, влияющие на силу мышц.
15. Работа и мощность мышц. Закон средних нагрузок. Соотношение между силой и скоростью укорочения мышцы. Понятие о динамической (преодолевающей и уступающей) и статической работе.
16. Одиночное сокращение мышцы и его фазы. Виды и режимы сокращения. Тетаническое сокращение и его виды. Оптимум и пессимум сокращения. Механизмы реализации закона силы в мышечном сокращении.

17. Энергетика мышечного сокращения. КПД мышечного сокращения, теплообразование в мышце.

18. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом.

19. Методы оценки и основные показатели функционального состояния мышц человека. Динамометрия ручная и становая. Оценка работоспособности мышц: эргометрия.

20. Физиологические свойства и особенности гладких мышц в сравнении со скелетными. Тонус гладких мышц. Понятие о миоэпителиальных клетках.

21. Механизм сокращения гладких мышц.

22. Нервная система и ее роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Нервные центры: физиологическое понятие, функции, свойства.

23. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги (двух- и трехнейронной) соматических рефлексов. Обратная связь и ее значение.

24. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС. Возбуждающие синапсы и их медиаторные механизмы, ВПСП.

25. Торможение в нервной системе, его типы (первичное и вторичное) и роль. Современные представления о механизмах центрального торможения. Тормозные синапсы, ТПСП.

26. Суммация возбуждения: пространственная и временная. Понятие об интегративной деятельности нейрона.

27. Основные принципы координационной деятельности ЦНС: реципрокного торможения, общего конечного пути, доминанты, обратной афферентации. Возбуждающие и тормозные медиаторы, рецепторные механизмы их действия.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы настоящего практикума по занятиям 1–6, материалы электронного атласа 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. С. 32–34, 43–80.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 81–208.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 4. НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 15. РОЛЬ И ФУНКЦИИ СПИННОГО МОЗГА, СТВОЛА МОЗГА И МОЗЖЕЧКА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Функции спинного мозга. Спинальные рефлексы. Понятие о спинальном уровне регуляции мышечного тонуса. Последствия повреждения спинного мозга.
2. Функции ствола мозга (продолговатого мозга, моста и среднего мозга). Жизненно важные центры и их функции.
3. Функции мозжечка. Последствия повреждения мозжечка.

Вопросы для самоподготовки:

1. 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?
2. Каковы симптомы спинального шока?
3. У человека выявлено нарушение зрачковых рефлексов. Какие структуры зрительной системы могут быть повреждены?
4. Почему при аккомодации и конвергенции глаз происходит сужение зрачков?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, а также материалы настоящего практикума (работы 8.3–8.5, дополнительная информация), материалы электронного атласа 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. С. 141–172.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 331–420.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 15.1. Исследование некоторых миотатических рефлексов спинного мозга

Миотатические (сухожильные) рефлексы — рефлексы на растяжение мышцы (рис. 15.1). Быстрое растяжение мышцы всего на несколько миллиметров механическим ударом по ее 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.

Рефлекс на растяжение свойственен всем мышцам, но у мышц-разгибателей они хорошо выражены и легко вызываются. Исследование миотатических (сухожильных) рефлексов широко применяется для оценки функционального состояния ЦНС и топической диагностики поражения при травмах или заболеваниях ЦНС.

***Материалы и оборудование*:** неврологический молоточек.

Ход работы. У испытуемого ударом молоточка по сухожилиям мышцы (согласно рис. 15.1) вызовите следующие рефлексы: ахиллов, сгибательный рефлекс предплечья, разгибательный рефлекс предплечья. При вызывании миотатических рефлексов с верхних конечностей мышцы обследуемой руки должны быть максимально расслаблены и удерживаться экспериментатором, как показано на рис. 15.1.

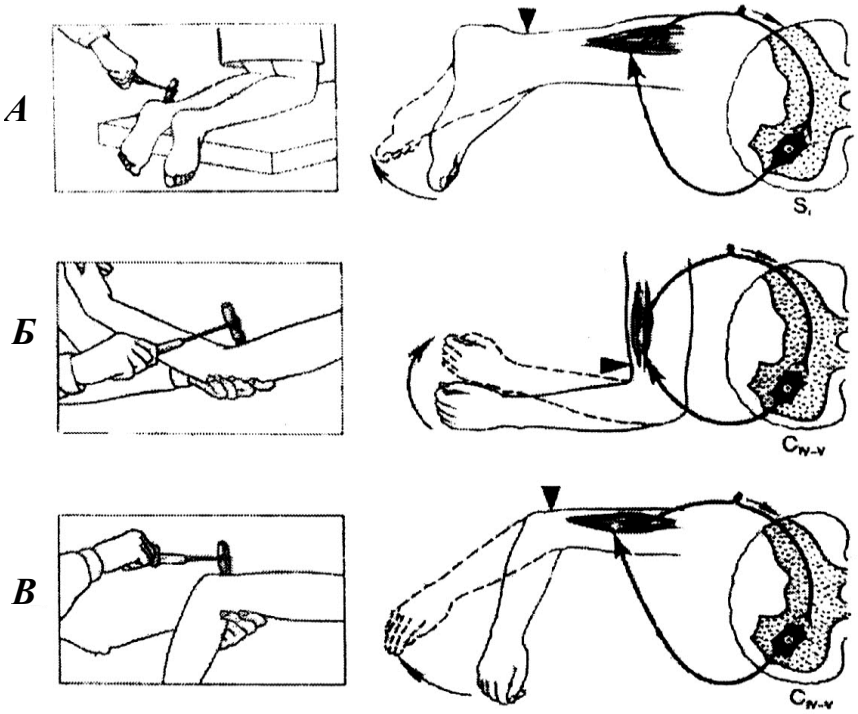


Рис. 15.1. Миотатические рефлексы спинного мозга:
А — ахиллов рефлекс; *Б* — сгибательный рефлекс предплечья; *В* — разгибательный рефлекс предплечья

Сравните рефлекторные реакции на обеих ногах, а затем на обеих руках.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Укажите наличие или отсутствие изученных трех рефлексов у испытуемого и их выраженность с обеих сторон (на ногах и руках).

2. Укажите, на уровне каких сегментов спинного мозга замыкаются изученные вами рефлексы.

3. Сделайте вывод о состоянии (сохранены или отсутствуют) рефлекторных реакций и рефлекторной функции спинного мозга.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого рефлекторные реакции _____ (выражены или отсутствуют) на _____ (одной или обеих) ногах и руках.
2. Изученные миотатические рефлексы замыкаются на уровне следующих сегментов спинного мозга:

   ахиллов рефлекс _____;

   сгибательный рефлекс предплечья _____;

   разгибательный рефлекс предплечья _____.
3. **Вывод.** У испытуемого рефлекторные реакции и рефлекторные функции спинного мозга _____ (сохранены, отсутствуют). Укажите причины, по которым у здорового человека бывает трудно выявить миотатические рефлексы: _____

Работа 15.2. Исследование двигательных функций некоторых черепных нервов

Двигательные функции выполняют девять пар ЧН (пять пар (IV, V, VI, XI и XII) — двигательные и четыре пары — III, VII, IX и X — смешанные). Двигательные ядра тройничных нервов (V пара ЧН) расположены в покрышке ствола мозга на уровне моста и иннервируют жевательную мускулатуру. Нейроны двигательных ядер лицевых нервов (VII пара ЧН), расположенных в мосту, иннервируют мимическую мускулатуру лица. Двигательное ядро языкоглоточного (IX пара ЧН) и блуждающего (X пара ЧН) нервов является общим и лежит в продолговатом мозге, а аксоны нейронов этого ядра иннервируют мышцы глотки, мягкого неба, гортани и надгортанника, а также голосовые связки. Наконец, мышцы языка иннервируются нейронами ядер подъязычного нерва (XII пара ЧН).

***Материалы и оборудование*:** спички, стакан с чистой водой.

Ход работы. Испытуемому предлагают проделать движения и упражнения, указанные в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Исследование двигательных функций V, VII, IX, X и XII пар ЧН

Исследуемые пары ЧН	Методика
V пара (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 (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 (подъязычный)	Испытуемому предлагают высунуть язык (в норме язык должен быть расположен по средней линии)

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Укажите, смог ли испытуемый выполнить все задания (при исследовании двигательных функций V, VII, IX, X и XII пар ЧН) и соответствовали ли полученные результаты норме.

2. Сделайте заключение о двигательных функциях изученных ЧН.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (выполнил, не выполнил) все задания, полученные результаты _____ (соответствовали или нет) норме.
2. **Вывод.** Двигательные функции изученных (V, VII, IX, X и XII пар) ЧН _____ (нарушены, не нарушены). В случае нарушения указать пару ЧН, функция которых была нарушена. Обнаружено нарушение двигательной функции в _____ паре ЧН.

Работа 15.3. Исследование тактильной чувствительности у человека

Испытуемый лежит с закрытыми глазами. Прикасайтесь ваткой или кисточкой к симметричным участкам головы, туловища и конечностей испытуемого. В норме он ощущает каждое прикосновение и подтверждает свое ощущение словами.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Опишите ощущения испытуемого.

2. Сделайте заключение о состоянии тактильной чувствительности у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (ощутил или не ощутил) прикосновение ваткой и _____ (правильно или с ошибкой) его локализовал.
2. **Вывод:** состояние тактильной чувствительности у испытуемого _____

Работа 15.4. Исследование мышечно-суставного чувства

***Ход работы*.** Испытуемый лежит с закрытыми глазами. Произведите нерезкие сгибательные и разгибательные движения пальцев кисти испытуемого, начиная с концевых фаланг. В норме испытуемый должен правильно распознавать все производимые действия, правильно отвечая, какой палец выполняет пассивное движение в данный момент, выполняется сгибание или разгибание.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Опишите, правильно ли испытуемый распознает производимые действия.

2. Сделайте заключение о состоянии мышечно-суставного чувства у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (правильно, не правильно) распознает пассивные движения в суставах.
2. **Вывод:** _____

Работа 15.5. Исследование зрачковых рефлексов

Мышцы радужной оболочки, сокращаясь, способны изменять величину зрачка и таким образом регулировать поток света к сетчатке глаза. В норме диаметр зрачка составляет 2–8 мм, зрачки равновелики, правильной округлой формы. При освещении зрачок суживается (*миоз*), а при затемнении — расширяется (*мидриаз*). Нарушение регуляции размеров зрачка приводит к анизокории (неравенству зрачков), их деформации, нарушению зрачковых реакций на свет. Исследование реакции зрачков на свет используется в диагностике заболеваний нервной системы.

***Ход работы*: Прямая реакция зрачка на свет**

Обследуемый должен сесть лицом к источнику света, закрыть один глаз рукой. Попеременно закрывайте второй глаз испытуемого экраном и открывайте его. Пронаблюдайте за изменением величины зрачка.

Содружественная реакция зрачка на свет

А) При сумеречном освещении (завешенных шторах) один глаз обследуемого дополнительно осветите и пронаблюдайте за диаметром зрачка другого (неосвещенного) глаза;

Б) Закройте один глаз обследуемого и пронаблюдайте за зрачком открытого глаза.

Реакция зрачков при аккомодации и конвергенции

Попросите обследуемого наблюдать за кончиком ручки, которая плавно приближается к переносице и удаляется от неё. Пронаблюдайте реакцию зрачков.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Оцените состояние зрачков и степень выраженности зрачковых рефлексов.

2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных зрачковых реакций.

Нарисуйте рефлекторный дуги прямого и содружественного зрачковых рефлексов (рис. 15.2).

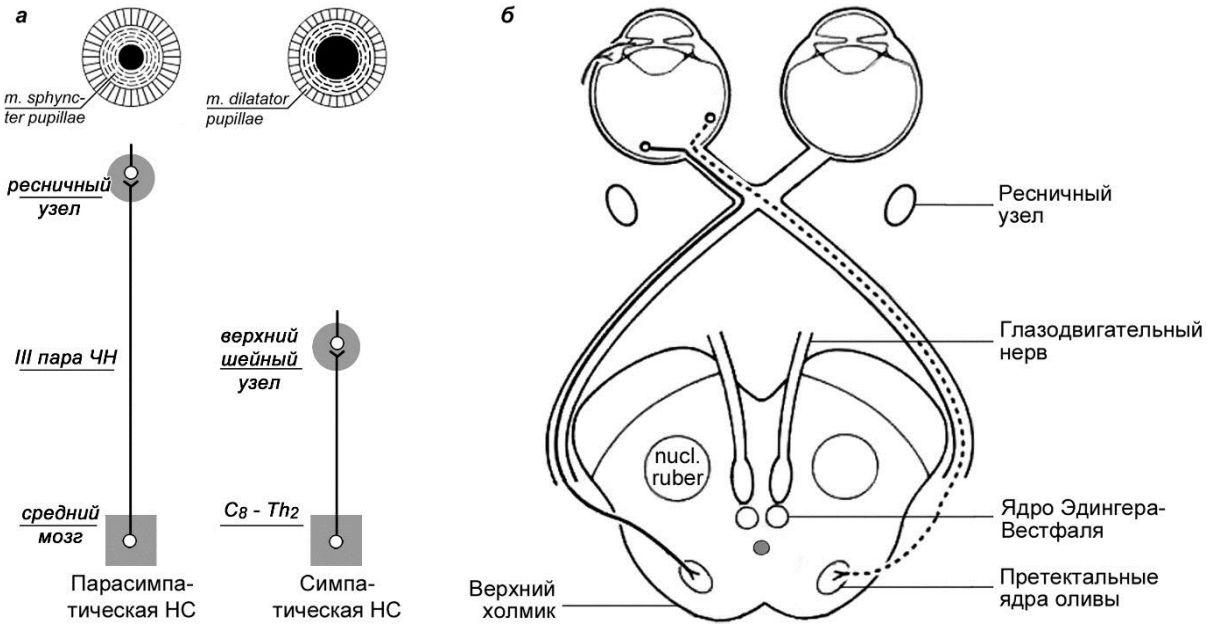


Рис. 15.2

ПРОТОКОЛ

1. Диаметр зрачков изменялся от ___ до ___ мм. Их форма _____ (округлая, неправильная), величина _____ (одинаковая, анизокория).

2. При конвергенции глаз зрачки _____, а при дивергенции _____. Вывод. Зрачковые рефлексы _____ (выражены, нарушены).

Работа 15.6. Исследование мозжечкового контроля двигательной активности

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 ЧН) и центральных (корковых) двигательных нейронов. Через указанные пути эфферентные сигналы из мозжечка регулируют силу мышечных сокращений, обеспечивают способность к длительному тоническому сокращению мышц, способность сохранять оптимальный тонус мышц в покое или при движениях, соразмерять произвольные движения с целью этого движения, быстро переходить от сгибания к разгибанию и наоборот. Мозжечок обеспечивает синергию сокращений разных мышц при сложных движениях. Если мозжечок не выполняет своей регуляторной функции, у человека наблюдаются расстройства двигательных функций, что проявляется: снижением силы сокращения мышц (**астения**); утратой способности к длительному сокращению мышц, что затрудняет стояние, сидение (**астазия**); непроизвольным изменением тонуса мышц (**дистония**); дрожанием пальцев рук в покое (**тремор**); расстройством равномерности движений в виде излишнего либо недостаточного движения (**дисметрия**); нарушением координации движения (**атаксия**), которая проявляется также **адиадохокинезем** (нарушение способности к совершению идентичных с обеих сторон, сменяющих друг друга противоположных движений**)**, «пьяной» (шаткой) походкой и т. д.; расстройством организации речевой моторики (**дизартрия**); крупно-размашистым ритмическим подергиванием глазных яблок (**нистагм**) и др.

***Материалы и оборудование*:** стакан (либо другой небольшой предмет).

Ход работы. Предложите испытуемому проделать движения и упражнения, указанные в табл. 15.2.

Таблица 15.2

Исследование мозжечкового контроля двигательной активности скелетных мышц

Вид исследования	Методика
Поза Ромберга (оценка координации движений или проба на статическую атаксию)	Предложите испытуемому постоять со сдвинутыми ногами и вытянутыми вперед руками сначала с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме человек сохраняет равновесие в позе Ромберга (т. е. проба на атаксию отрицательная)
Проба на динамическую атаксию (исследование походки)	Предложите испытуемому пройти по комнате вперед 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 на атаксию отрицательная)

Вид исследования	Методика
Проба на дисметрию	Предложите испытуемому 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)	Предложите испытуемому повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование или др.). Отмечайте, нет ли замедления, растянутости или толчкообразия в речи
Пальценосовая проба (на дисметрию и тремор)	Предложите испытуемому дотронуться указательным пальцем (сначала левой, а затем правой рукой) до кончика носа 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 (интенционный тремор) т. е. проба на дисметрию и тремор становится положительной.
Проба на адиадохокинез	Испытуемому предлагается вытянуть руки вперед и производить симметрично обеими руками пронацию и супинацию, постепенно увеличивая скорость движений. При положительной пробе рука на стороне пораженного полушария мозжечка отстает, ее движения замедленные, неловкие, с избыточной амплитудой.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Укажите, смог ли испытуемый правильно (без нарушений) выполнить предлагаемые виды исследования.

2. Сделайте вывод о качестве мозжечкового контроля двигательной активности.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого пробы на атаксию были _____ (отрицательными или положительными), так как в позе Ромберга он _____ (сохранял или нет) равновесие, а походка была _____ (обычная или «пьяная»); пробы на дисметрию и тремор были _____ (отрицательными или положительными); дизартрии _____ (не выявлено или выявлена).
2. **Вывод.** Мозжечковый контроль двигательной активности у испытуемого _____ (в норме или нарушен).

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 16. РОЛЬ И ФУНКЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ПЕРЕДНЕГО МОЗГА. СИСТЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА МЫШЦ И ДВИЖЕНИЙ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Функции промежуточного мозга (таламуса, гипоталамуса и эпиталамуса). Интеграция соматических, эндокринных и автономных функций.

2. Циркадианные и другие биологические ритмы у человека. Роль промежуточного мозга в регуляции циркадианных ритмов.

3. Современное представление о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга. Функциональная асимметрия коры. Понятие о созревании различных структур (блоков) головного мозга в онтогенезе по А. Р. Лурия.

Вопросы для самоподготовки:

1. Как изменится пищевое поведение животного при повреждении вентромедиальных ядер гипоталамуса? Латеральных ядер гипоталамуса?

2. Перечислите основные симптомы нарушения функций базальных ганглиев.

3. Образование какого медиатора ЦНС нарушено при паркинсонизме?

4. Какие функции лимбической системы не связаны прямо с формированием эмоций?

5. Что такое реакция десинхронизации на ЭЭГ?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа 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. С. 81–83, 173–192.

3. Материалы «Понятие о созревании различных структур (блоков) головного мозга в онтогенезе по А. Р. Лурия» в текущем занятии данного практикума.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 328–331, 421–453.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 16.1. Электроэнцефалография

135

Электроэнцефалография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга.

Ход работы. Для регистрации ЭЭГ обследуемого усаживают в кресло, четыре пары электродов (и один нейтральный) укрепляют на затылочных, теменных, височных и лобных областях симметрично с обеих сторон.

Во время регистрации ЭЭГ обследуемый должен сидеть спокойно, максимально расслабив мышцы и закрыв глаза. Начинают с записи калибровочного сигнала, после чего регистрируют фоновую электрическую активность различных участков коры больших полушарий. Затем обследуемого просят открыть глаза и наблюдают изменения электрической активности мозга.

Альфа-ритм сменяется бета-ритмом при открывании глаз, при внезапном действии звуковых и других раздражителей, а также при счете в уме, при обдумывании ответов на вопросы и т. д.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. На приведенных в протоколе рисунках подсчитайте частоту колебаний волн ЭЭГ в 1 с и их амплитуду, обозначьте ритмы ЭЭГ.

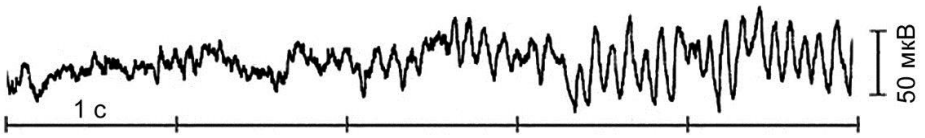
2. Заполните таблицу:

ПРОТОКОЛ

1. Фрагменты ЭЭГ.

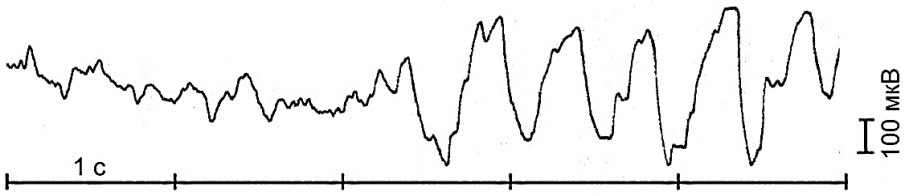
Частота = ____ Гц
Амплитуда = ____мкВ } => **____ ритм**

Частота = ____ Гц
Амплитуда = ____мкВ } => **____ ритм**



Частота = ____ Гц
Амплитуда = ____ мкВ } => **____ ритм**

Частота = ____ Гц
Амплитуда = ____ мкВ } => **____ ритм**



2. Характеристика ритмов ЭЭГ		
Ритм	**Диапазон нормы**	
	Частота, Гц	**Амплитуда, мкВ**
Альфа (α)		
Бета (β)		
Тета (θ)		
Дельта (δ)		

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ПОНЯТИЕ О СОЗРЕВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР (БЛОКОВ) ГОЛОВНОГО МОЗГА В ОНТОГЕНЕЗЕ ПО А. Р. ЛУРИЯ

Согласно модели А. Р. Лурия мозг может быть условно разделен на три блока.

1. **Блок регуляции активности мозга (энергетический)** регулирует текущий уровень активности нейронов головного мозга, за счет чего контролирует смену сна и бодрствования, ответственен за процессы внимания и сознания, определяет выраженность эмоциональных реакций. Структуры первого блока: ретикулярная формация ствола мозга и лимбическая система. При нарушении работы первого блока мозга становится неустойчивым внимание, появляется повышенная сонливость, истощаемость, безэмоциональность (либо напротив — патологическая тревожность), мышление теряет свой нормальный произвольный, избирательный характер.

2. В основе **второго блока (приема, переработки и хранения информации**) лежат первичные (и связанные с ними вторичные) сенсорные зоны коры. Второй блок отвечает за восприятие сенсорной информации, полученной органами чувств.

3. **Третий блок мозга (программирования, регуляции и контроля деятельности).** Основными структурами данного блока являются области передней (префронтальные, премоторные и первичные моторные зоны лобной коры) и задней (теменно-затылочной) ассоциативной коры. Задняя ассоциативная область обеспечивает синтез всей разномодальной сенсорной информации в целостную картину окружающей действительности. Передняя ассоциативная область участвует в планировании и осуществлении человеком сознательных действий с учетом их прогнозируемых результатов. При их повреждении целесообразное поведение заменяется стереотипным, либо же импульсивными реакциями на отдельные впечатления.

При развитии человека созревание различных отделов мозга происходит неравномерно. При рождении у ребенка наибольшего уровня достигают структуры блока регуляции активности мозга (первого, «энергетического» блока мозга). Во втором и третьем блоках наиболее зрелыми оказываются лишь те участки коры, которые относятся к первичным областям, осуществляющим

приём приходящей информации (второй блок) и формирующие исходящие двигательные импульсы (третий блок).

В возрасте от двух до пяти лет идет активное накопление информации (познание мира, стремительное увеличение словарного запаса ребенка), формирование многочисленных ассоциативных связей между различными зонами коры и отделами головного мозга, что соответствует созреванию вторичных, мономодальных ассоциативных областей мозга во втором и третьем блоке (вторичные гностические области сенсорной коры, премоторная область лобной коры). Эти структуры обеспечивают процессы перцепции и выполнение последовательности целенаправленных действий.

В период от 5 до 7 лет созревают третичные (гетеромодальные ассоциативные) поля мозга. Сначала развивается заднее ассоциативное поле — теменно-височно-затылочная область, затем переднее ассоциативное поле — префронтальная область.

Таким образом, каждый из трёх функциональных блоков мозга достигает зрелости в разные сроки и созревание идет в последовательности от первого к третьему блоку. Это путь снизу вверх — от нижележащих образований к вышележащим, от подкорковых структур к первичным областям коры, от первичных областей к ассоциативным. Повреждение при формировании какого-либо из этих уровней может приводить к отклонениям в созревании следующего в силу отсутствия стимулирующих воздействий от нижележащего поврежденного уровня.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 17. ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ (ВЕГЕТАТИВНОЙ) НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Сравнительная характеристика соматической и автономной нервной системы (сенсорные рецепторы, афферентные, вставочные и эфферентные отделы, эффекторные органы). Рефлекторная дуга вегетативного рефлекса. Отличия нейроэффекторных соединений гладких мышц от нейромышечных синапсов скелетных мышц.

2. Центры автономной нервной системы. Тонус центров АНС и его механизмы. Вегетативные рефлексы.

3. Сравнительная характеристика функций симпатического и парасимпатического отделов АНС. Синергизм и относительный антагонизм влияний симпатического и парасимпатического отделов АНС. Понятие о метасимпатической нервной системе.

4. Сравнительная характеристика нейрохимических механизмов функционирования симпатического и парасимпатического отделов АНС. Понятие о принципах коррекции вегетативных функций посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы.

5. Взаимодействие соматической и АНС в регуляции функций организма. Адаптационно-трофическая функция АНС. Вегетативный тонус, вегетативная реактивность и вегетативное обеспечение деятельности. Их изменение при адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и трудовой деятельности. Закон исходного уровня вегетативного тонуса.

Вопросы для самоподготовки:

1. Опишите особенности иннервации мозгового вещества надпочечников.

2. Опишите особенности иннервации нейронами АНС потовых желез.

3. Каким образом может осуществляться расширение сосуда при участии симпатического отдела АНС?

4. 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?

5. Какие изменения функций организма вызывает антагонист мускариновых рецепторов атропин?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего практикума, материалы электронного атласа 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. С. 192–202.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 209–245.

2. *Покровский, В. М.* Физиология человека / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003, 655 с. С. 171–198.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 17.1. Схема вегетативного (симпатического) и соматического (миотатического или кожного) рефлексов, замыкающихся на уровне спинного мозга

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 рефлекса (симпатического)**

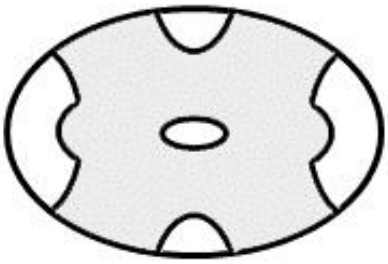


Рис. 17.1

Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса:	Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса:
1. Рецепторное звено представлено следующими рецепторами: _____ _____	1. Рецепторное звено представлено, главным образом, _____ рецепторами.

Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса:	Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса:
2. Афферентное звено представлено _____, которые находятся в _____	2. Афферентное звено представлено _____, которые находятся в _____
3. Вставочное звено (может отсутствовать _____	3. Вставочное звено. _____
5. Исполнительное звено (рабочие органы). Ими являются _____ и _____ мышечные волокна скелетных мышц	5. Исполнительное звено (рабочие органы). Ими являются _____ мышечные клетки; кардиомиоциты; железистые клетки и др.
6. Скорость передачи сигнала (потенциала действия — ПД) составляет от ___ м/с до ____ м/с в эфферентных волокнах, так как они имеют _____ оболочку и относятся к типу _____	6. Скорость передачи сигнала (ПД) составляет от ___ м/с до ___ м/с в эфферентных постганглионарных волокнах, ибо они не имеют _____ оболочки и относятся к типу _____
6. Нейромедиатором в нервно-мышечном синапсе является _____, который действует на _____ тип _____ рецепторов.	7. Главным нейромедиатором в нейроэффекторном образовании является _____, который действует на ___ и ___ типы _____ рецепторов

Работа 17.2. Сравнительная характеристика эфферентной части соматических и автономных рефлексов (самостоятельно)

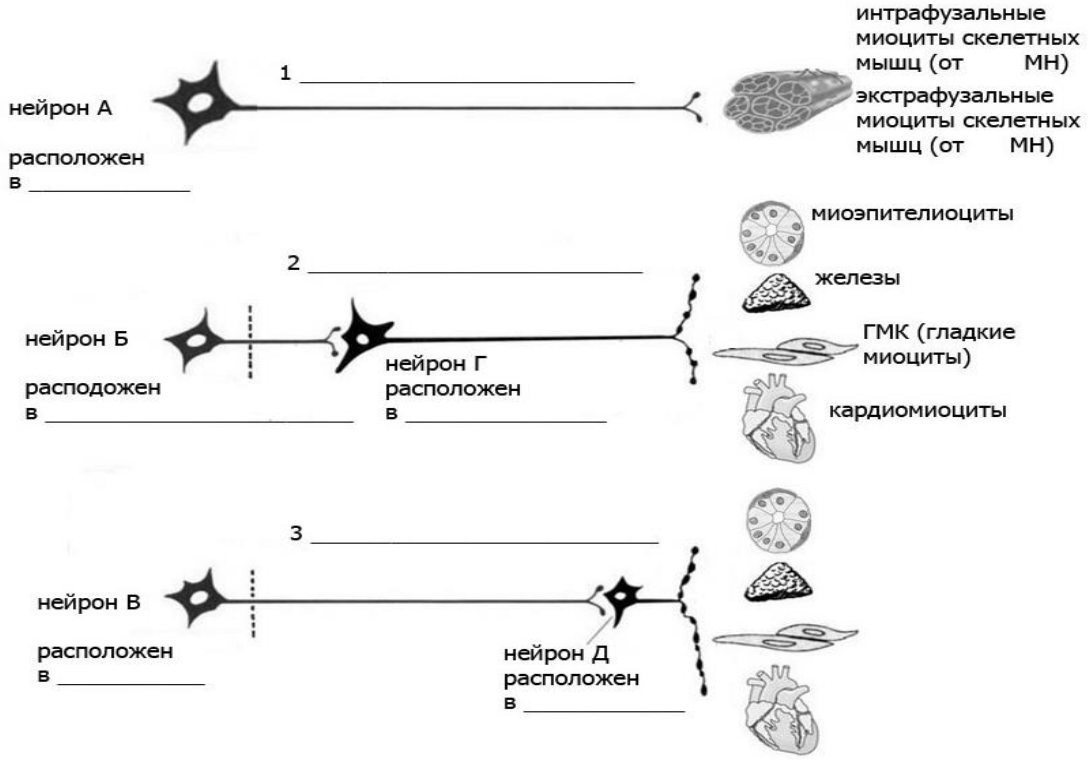


Рис. 17.2

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Укажите название рефлексов (под цифрами 1, 2, 3), к которым относится эфферентная часть, показанная на рис. 15.2.

2. Укажите место расположения нейронов А, Б, В, и нейронов Г, Д.

ПРОТОКОЛ

Сравнение эфферентных частей соматического и вегетативного рефлексов и их органов-мишеней

Показатель	Соматический рефлекс	Автономный рефлекс
Эфферентный нейрон находится		
Орган-мишень (мышцы)		
Число нейронов в эфферентном пути		
Нейромедиатор в нейроэффекторном синапсе (соединении)		
Рецепторы к данному нейромедиатору в клетке-мишени		
Ответ клетки-мишени (ПКП, возбуждение, ТПСП, ВПСП, торможение)		

Работа 17.3. 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 несколько раз определяют пульс. После стабилизации пульса 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, уд/мин		
в положении стоя	**в положении лёжа**	**разность пульса [ЧП лёжа–ЧП стоя]**

Вывод: _____

Работа 17.4. 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 и через 15–25 с считают пульс повторно.

***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 у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Частота пульса, уд/мин		
в положении лёжа	**в положении стоя**	**разность пульса [ЧП стоя–ЧП лёжа]**

Вывод: _____

Работа 17.5. Дыхательно-сердечный рефлекс Геринга

Позволяет определить функциональное состояние (тонус) парасимпатического центра, регулирующего работу сердца. При задержке дыхания после глубокого вдоха повышается тонус ядер вагуса и частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин. Замедление пульса на 8–10 уд/мин и более указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, менее 4 уд/мин — на понижение тонуса парасимпатического отдела АНС.

***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, уд/мин		
до задержки дыхания (ЗД)	**после задержки дыхания (ЗД)**	**разность пульса [ЧП после ЗД–ЧП до ЗД]**

Вывод: _____

Работа 17.6. АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ СИМПАТИЧЕСКОГО И ПАРАСИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ АНС НА РАБОТУ СЕРДЦА (демонстрационная компьютерная работа)

***Ход работы*.** Запустите программу «**Physiol2**». В разделе **Help → Preparation** показана схема проведения эксперимента на виртуальной крысе. Через команду **Drugs** выбирают вещества, которые вводятся виртуальной крысе (правая клавиша мыши → выбирают требуемую дозировку → **Inject Drug**). Для стимуляции симпатических/парасимпатических нервов нажимают **Stimulate,** далее из открывшегося меню выбирают требуемые нервы. Виртуальный эксперимент проводится согласно таблице в протоколе работы. Фиксацию результатов экспериментального воздействия (веществ/стимуляции нервов) следует производить при достижении его максимального эффекта — на пике изменений АД и ЧСС (по графикам) ставят программу на паузу (нажимают клавишу **Drug Used** в меню программы) и делают записи в протокол. Между независимыми воздействиями (то есть между строками таблицы в протоколе) каждый раз следует брать новую крысу (жмем **New rat** в основном меню программы) для возвращения всех показателей к исходным.

***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, в программе обозначена как HR) за 1 мин и артериальное давление (АД, в программе обозначено как BP) крови: систолическое $АД_с$ (BP_{sys}), диастолическое $АД_д$ (BP_{dia}) и среднее гемодинамическое $АД_{сгд}$ (BP_{mea}) — 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	$АД_с$	$АД_{сгд}$	$АД_д$	ЧСС
Исходные показатели				
Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1				
Введение noradrenaline, 5 μg/kg				
Phentolamine(α-адреноблокатор), 100 mg/kg				
Phentolamine(α-адреноблокатор),100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1				
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg				
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T_1				
Стимуляция Vagus Nerve to heart				
Введение acetylcholine, 5 μg/kg				
Atropine (М-холиноблокатор), 10.0 mg/kg				
Atropine (М-холиноблокатор), 10.0 mg/kg + стимуляция Vagus Nerve to heart				

Вывод. Стимуляция симпатического нервов сердца и введение норадреналина _____ (увеличивает или уменьшает) частоту и силу сердечных сокращений. Нейромедиатором симпатических нервов в сердце является _____. Его действие реализуется в сердце через активацию _____ типа _____ рецепторов.

Стимуляция парасимпатических нервов (волокон вагуса) сердца и/или введение ацетилхолина _____ (увеличивает или уменьшает) частоту и силу сокращения. Нейромедиатор вагуса в сердце: _____. Его действие на сердце реализуется через активацию _____ типа _____ рецепторов.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 18. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ» ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ СЕМЕСТРА. ЗАЧЕТ

Памятка при решении вопроса о выставлении зачета по дисциплине «Нормальная физиология»

К зачёту допускаются студенты, не имеющие пропусков практических занятий и лекций (или отработавшие пропущенные занятия и лекции), при обязательном наличии подписанных протоколов учебных занятий. В иных случаях студент к зачету не допускается, что расценивается деканом факультета как не сдача зачета без уважительной причины.

Зачет проводится в форме компьютерного тестирования, состоящего из 50 тестовых заданий, охватывающих все разделы дисциплины, изучаемые в семестре. На выполнение теста отводится 28 минут. Зачет выставляется студенту, усвоившему учебный материал по пройденным разделам и сдавшему зачетный (итоговый) тест на положительную отметку в соответствии с утвержденной на кафедре шкалой отметок за компьютерное тестирование. При наличии неудовлетворительной отметки по зачетному (итоговому) тесту студенту выставляется отметка «не зачтено». На сдачу зачетного компьютерного теста дается одна попытка, пересдача зачета осуществляется только с разрешения деканата (по индивидуальным зачетно-экзаменационным ведомостям текущей аттестации вне учебной группы) и принимается комиссионно.

Исправить задания на страницах:	Зачет за семестр выставлен:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 5. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 19 (1). ГЕМОДИНАМИКА. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Основные законы гемодинамики. Функциональная классификация сосудов. Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам.

2. Кровяное давление, его роль, факторы, определяющие его величину. Виды кровяного давления. Изменение АД при изменениях положения тела в пространстве.

3. Линейная и объемная скорости движения крови в различных отделах сосудистой системы, факторы, их обусловливающие. Давление крови в различных отделах сосудистой системы.

4. Артериальный пульс, его происхождение. Клинико-физиологические характеристики пульса. Анализ сфигмограммы.

5. Капиллярный кровоток и его особенности. Микроциркуляция и ее роль. Механизмы обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями. Образование лимфы, ее функции.

6. *Определение частоты и ритмичности сердечных сокращений по пульсу. Показатели нормо-, тахи- и брадикардии.*

7. *Определение артериального давления крови (АД) автоматизированными и ручными методами в покое. Оценка результатов.*

Вопросы для самоподготовки:

1. Во сколько раз изменится кровоток в миокарде при уменьшении диаметра коронарной артерии в 2 раза?

2. Как изменяется величина венозного возврата крови к сердцу при глубоком вдохе? А при венодилатации? Как это отразится на величине ударного объёма (УО)?

3. От каких факторов зависит наполнение и напряжение пульса?

4. Как рассчитываются пульсовое и среднее гемодинамическое АД? Назовите их нормальные величины в большом круге кровообращения.

5. Чем опасно повреждение вен шеи, синусов твёрдой мозговой оболочки?

6. В чем разница между понятиями «скорость пульса», «скорость распространения пульсовой волны» и «линейная скорость кровотока»? Почему скорость пульсовой волны не равняется линейной скорости кровотока?

7. Гидростатическое давление крови в капилляре — 30 мм рт. ст., гидростатическое давление интерстициальной жидкости — 2 мм рт. ст., онкотическое давление крови — 25 мм рт. ст., онкотическое давление интерстициальной жидкости — 2 мм рт. ст. Какова будет скорость фильтрации, если коэффициент фильтрации составляет 3 мл/мин/мм рт. ст.?

8. Перечислите факторы, способствующие развитию интерстициального отёка.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК, а также настоящего практикума.

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. С. 263–281.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 68–103.

ПОВТОРНЫЙ ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

- **ПРЕПОДАВАТЕЛЮ:** проконтролируйте проведение инструктажа по технике безопасности и проверьте наличие росписей студентов за второй семестр в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности» в компьютерном классе кафедры.
- **СТУДЕНТУ:** повторите правила по технике безопасности и правилам поведения на кафедре, которые Вы изучили в начале прошлого семестра (работа 1.1 практикума). Текст правил также имеется в ЭУМК, в самом начале раздела по нормальной физиологии для медико-профилактического факультета.

Указания к оформлению протокола:

После ознакомления с правилами распишитесь в протоколе, а также в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности».

*** С правилами по технике безопасности ознакомлен и проинструктирован**		
_____	_____	_____
Дата	Подпись	Ф.И.О. студента полностью и разборчиво

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 19.1. Определение артериального давления крови у человека методом Короткова

***Материалы и оборудование*:** тонометр, фонендоскоп, вата, спирт.

***Ход работы*.** Для получения достоверных и воспроизводимых результатов измерения АД крови необходимо строго соблюдать стандартизованные требования ВОЗ к этой процедуре:

– измерение проводится в тихом помещении при комфортной температуре окружающей среды после 5-минутного отдыха (15–30 минут, если предшествовала значительная нагрузка);

– по крайней мере за 1 ч до измерения давления следует избегать чрезмерной физической или эмоциональной нагрузки, приема пищи, питья (особенно кофе, крепкого чая, колы и т. п.), курения, приема сосудоактивных лекарственных средств;

– измерение обычно проводят в положении сидя на стуле, ноги не скрещены. Артерия, на которой проводят измерение, должна находиться на уровне сердца, предплечье лежит на столе ладонью вверх;

– руку необходимо освободить от одежды, наложить на плечо манжету тонометра таким образом, чтобы её нижний край был на 2–3 см выше локтевой ямки, середина раздуваемой части находилась над локтевым сгибом, а трубки — сбоку от локтевого сгиба. Между манжетой и плечом должен плотно проходить палец. Избегайте излишнего сдавливания тканей плеча, попадания одежды под манжету тонометра;

– манжета должна соответствовать размерам руки: её раздуваемая часть должна охватывать не менее 2/3 окружности плеча (обычно это манжета шириной 12–13 см и длиной 30–35 см). Для детей и людей с большой окружностью плеча необходимо использовать специальные манжеты;

– в локтевой ямке (несколько латерально) пальпируют пульсирующую плечевую артерию, на место её проекции помещают головку фонендоскопа;

– закрывают клапан груши и быстро нагнетают воздух до достижения давления примерно на 30 мм рт. ст. выше, чем ожидаемое давление в артерии, при этом пульс на лучевой артерии должен исчезнуть. Плавно снижают давление со скоростью примерно 2 мм рт. ст. в секунду и выслушивают сосудистые тоны в плечевой артерии, при этом обследуемый не должен видеть шкалу манометра;

– появление тонов соответствует моменту, когда давление в манжетке становится равным систолическому давлению крови в плечевой артерии. При дальнейшем снижении давления в манжете тоны нарастают, затем ослабевают и исчезают. Исчезновение тонов соответствует моменту,

когда давление в манжете становится равным диастолическому давлению крови в плечевой артерии;

– недопустимо повторное нагнетание воздуха в манжету до полного снижения давления. Перед повторным измерением для восстановления венозного кровотока должно пройти не менее 30 с или следует поднять руку вверх на 5–6 с;

– не снимая манжеты, через 2–3 мин повторяют измерение артериального давления, учитывают средний результат из двух измерений. После этого проводят измерение на второй руке. При разнице 5 мм рт. ст. и более проводят дополнительное измерение и учитывают среднее из двух последних измерений. В дальнейшем измерения проводят на руке, на которой получены более высокие цифры АД;

– время одного измерения АД не должно превышать 1 мин, во избежание нарушения кровообращения конечности.

Оценка результата. Нормальные величины артериального давления у взрослых составляют:

систолическое (максимальное) давление — **110–139 мм рт. ст.**;

диастолическое (минимальное) давление — **60–89 мм рт. ст.**

Увеличение показателей АД (АДсист ≥ 140 мм рт. ст. и АДдиа ≥ ≥ 90 мм рт. ст.) называется гипертензией, а понижение АД (АДсист < < 110 мм рт. ст. и АДдиа < 60 мм рт. ст.) — гипотензией.

Также при необходимости вычисляют пульсовое (разница между АДсист и АДдиа) и среднее гемодинамическое давление.

Среднее гемодинамическое давление — рассчитываемое среднее давление, создающее такой же гемодинамический эффект, как меняющиеся систолическое и диастолическое давление.

Таблица 19.1

Нормальные величины артериального давления у взрослого человека в покое

Норма	110–139	60–89
Категория	**АДсист, мм рт. ст.**	**АДдиа, мм рт. ст.**
Оптимальное	110–120	60–80
Нормальное	121–129	81–84
Высокое нормальное	130–139	85–89

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Запишите изменение показателя АД у испытуемого.

2. Рассчитайте пульсовое (АДпульс = АДсист – АДдиа) и среднее гемодинамическое давление $АД_{СГД}$ = АДдиа + (АДсист – АДдиа)/2.

3. Оцените полученный результат:

ПРОТОКОЛ

АД, мм рт. ст.	АДсист	АДдиа	АДпульс	АДсгд
Правая рука				
Левая рука				

Вывод: у испытуемого величина АД _____ (в норме (категория), гипотензия, гипертензия).
Различия в величине АД на двух руках: _____ (нет, в норме (5–10 мм рт. ст.), имеются)

Работа 19.2. Исследование свойств артериального пульса методом пальпации

Артериальный пульс — это периодические колебания стенок артерий в результате распространения по ним механической волны, вызванной выбросом крови из сердца в артериальную систему и отражающей изменения артериального давления в течение систолы и диастолы.

***Материалы и оборудование*:** секундомер.

***Ход работы*.** Чтобы пропальпировать пульс на лучевой артерии, большой палец кладут на тыл запястья, а все остальные — на внутреннюю его поверхность с лучевой стороны, в месте проекции артерии. Если артерия сразу не попадает под пальцы, нужно передвигать их вдоль лучевой кости и поперек предплечья, так как артерия может проходить более кнаружи или ближе к середине предплечья. Пропальпировав лучевую артерию, прижимайте ее тремя пальцами к подлежащей кости до появления ощущения под ними пульсовых толчков.

При исследовании пульса определяют его основные клинико-физиологические показатели (характеристики): ритм, частоту, напряжение, наполнение, форму пульсовой волны.

1. **Ритм пульса (ритмичный, аритмичный).** Определяется при сравнении длительности интервалов между пульсовыми ударами. У здорового человека пульсовые волны следуют друг за другом через практически равные промежутки времени. В норме может встречаться так называемая «дыхательная аритмия», при которой частота пульса возрастает на вдохе и уменьшается при выдохе. Дыхательная аритмия чаще встречается у молодых людей и лиц с лабильной вегетативной нервной системой. Точная диагностика других видов аритмий возможна только при помощи ЭКГ.

2. **Частота пульса (ЧП).** Для определения ЧП сосчитывают число пульсовых ударов за 15 или 30 с и умножают его соответственно на 4 или 2. При редком или аритмичном пульсе необходимо считать число пульсовых ударов не менее 1 минуты. У взрослых людей в состоянии физиологического покоя считается нормой ЧП 60–90 в минуту (у женщин пульс

несколько чаще, чем у мужчин; у высокого человека пульс обычно несколько реже, чем у низкого ростом; у людей пожилого возраста (старше 60 лет) и у детей пульс чаще, чем у взрослых лиц трудоспособного возраста). В физиологических условиях у взрослого здорового человека частый пульс (больше 90 в 1 минуту) бывает при физических и психологических нагрузках, а редкий пульс (меньше 60 в 1 минуту) — во время сна и у тренированных людей (спортсменов) в состоянии физиологического покоя.

3. **Наполнение (амплитуда) пульса** — субъективный показатель, оцениваемый пальпаторно по амплитуде колебания артериальной стенки. Наполнение пульса зависит от систолического объема крови, объема циркулирующей крови, эластичности стенок артерий. Различают пульс хорошего наполнения или полный, и плохого наполнения или пустой (слабый, нитевидный).

4. **Напряжение пульса.** Для определения напряжения пульса проксимально расположенным (ближайшим) по ходу сосуда пальцем надавливают на артерию до тех пор, пока соседний (дистальный) палец не перестанет ощущать пульсирующий ток крови. Величина напряжения пульса зависит как от состояния стенки сосуда (тонус, эластичность), так и от текущего артериального давления. По напряжению артериальной стенки (по силе ее сопротивления надавливанию) различают пульс хорошего (умеренного) напряжения, который наблюдается в покое у здоровых людей при нормальном среднем АД крови, напряженный (твердый) — при значительном повышении АД, не напряженный (мягкий) — при падении АД.

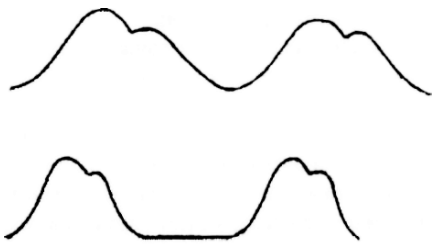


Рис. 19.1. Форма пульсовой волны при медленном (вверху) и быстром (внизу) пульсе

5. **Скорость пульса**[8] **(форма пульсовой волны)** — показатель, характеризующий скорость изменения артериального давления в сосудистой системе во время систолы, что отражается на сфигмограмме крутизной нарастания анакроты и, в некоторой степени — наклоном катакроты. (рис. 19.1). При пальпации это свойство проявляется как бóльшая или меньшая длительность одного пульсового колебания. По скорости различают нормальный, скорый (быстрый) и медленный пульс.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Заполните в таблице показатели испытуемого.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

[8] Обратите внимание, что скорость пульса и скорость распространения пульсовой волны (см. работу 20.4) — не одно и то же.

ПРОТОКОЛ

Свойство пульса	Норма	Варианты отклонения	Данные обследования
Ритм	Ритмичный	Аритмичный	
Частота	60–90	Редкий (брадикардия, < 60), частый (тахикардия, > 90)	
Наполнение	Хорошее	Слабое, нитевидный пульс	
Напряжение	Умеренное	Мягкий либо твердый пульс	
Скорость пульса	Нормальная	Быстрый /медленный пульс	

Вывод: у испытуемого пульс _____ (в норме, имеются нарушения ритмичности, частоты, напряжения, наполнения, скорости пульса).

Работа 19.3. Определение скорости распространения пульсовой волны

После своего возникновения в результате выброса крови в аорту пульсовая волна распространяется по стенке сосудов в периферическом направлении со скоростью, значительно превышающей линейную скорость кровотока. Скорость движения пульсовой волны в некоторой степени зависит от артериального давления крови, но в большей степени определяется свойствами типом сосуда и состоянием его стенки. **В норме** у взрослых людей скорость распространения пульсовой волны в сосудах эластического типа равна **5–7 м/с**, в сосудах мышечного типа — **6–10 м/с** (для сравнения: линейная скорость кровотока составляет от **0,03 м/с** (капилляры) до **0,5 м/с** (аорта)).

Скорость распространения пульсовой волны может **увеличиваться**:

– при уменьшении растяжимости сосудов (например, при атеросклерозе);

– повышении тонуса гладкомышечных клеток сосудов;

– повышении среднего гемодинамического давления крови.

Уменьшение скорости распространения пульсовой волны возможно:

– при снижении среднего гемодинамического давления крови;

– понижении тонуса гладкомышечных клеток сосудов.

Увеличение скорости распространения пульсовой волны в последние годы рассматривается в качестве значимого фактора риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, выявляющегося на ранних доклинических стадиях их развития.

В ходе регистрации скорости пульсовой волны на верхней конечности испытуемого укрепляется два датчика: на внутренней поверхности верхней трети плеча испытуемого (вблизи подмышечной впадины, в месте наилучшей пальпации плечевой артерии), а также на предплечье у лучезапястного сустава (в месте наилучшей пальпации лучевой артерии).

Каждый из датчиков независимо записывает сфигмограммы (соответственно, плечевой и лучевой артерии), из сопоставления которых далее и высчитывается скорость распространения пульсовой волны.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Рассчитайте время, затрачиваемое на протяжку 1 мм ленты при скорости протяжки ленты 50 мм/с.

2. По временно́й разнице между началом анакроты на сфигмограммах с плечевой и лучевой артерий определите время прохождения пульсовой волны между датчиками.

3. Рассчитайте скорость распространения пульсовой волны, сравните её с нормой.

ПРОТОКОЛ

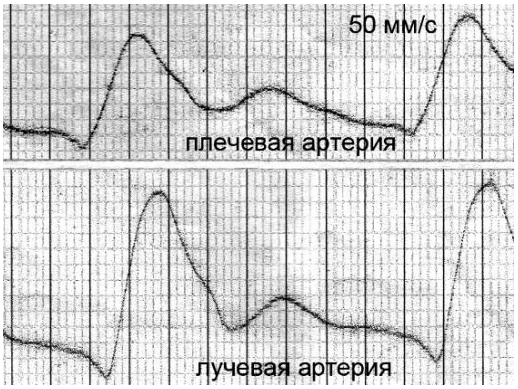


Рис. 19.2

1. С учетом скорости записи сфигмограммы (50 мм/с) определяем длительность 1 мм (в секундах) по пропорции:
   50 мм — 1 с
   1 мм — X с
   X = _____ = _____ с
2. Разница во времени прохождения пульсовой волны: t = ____ мм = ____ с.
3. Поскольку расстояние между датчиками L = 0, 54 м, скорость распространения пульсовой волны составила:
   $v_{ПВ}$ = L / t = _____ = _____ м/с

Вывод (сравните с нормой): _____

Работа 19.4. Наблюдение за кровотоком в капиллярах ногтевого ложа человека (капилляроскопия)

Капилляроскопия — метод прижизненного изучения осмотром (под увеличением) капилляров эпителиальных покровов животных и человека (кожа, слизистые оболочки и др.). У человека, как правило, исследуют капилляры кожной складки ногтевого ложа и капилляры бульбарной конъюнктивы глаз, где они наиболее доступны наблюдению. Кроме того, по состоянию сосудов микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы глаз можно судить о сосудах головного мозга, т. к. эти сосуды являются конечными веточками магистральных сосудов (внутренних сонных и позвоночных артерий), которые питают головной мозг.

При капилляроскопии ногтевого ложа наблюдается группа капиллярных петель, состоящих из артериол, венул малого диаметра и собственно капилляров.

Ход работы. Работа выполняется в учебной лаборатории или демонстрируется в виде учебного фильма «Капилляроскопия» (6:06), который можно просмотреть и с использованием ЭУМК.

Положите руку на стол ладонью вниз. Осветительную лампу с тепловым фильтром расположите так, чтобы пятно света было сфокусировано на коже, покрывающей основание одного из ногтей. Проследите, чтобы отражение света от поверхности кожи не мешало наблюдению.

На околоногтевой валик нанесите каплю иммерсионного масла. Подождите несколько минут для просветления кожи. Сфокусируйте бинокулярную лупу (×20) на петлях капилляров. Выберите петлю для наблюдения. Определите, постоянен ли диаметр петли, происходит ли иногда полное закрытие капилляров? Можно ли различить отдельные эритроциты? Если да, проследите, как происходит их перемещение (обычно эритроциты проходят в один ряд равномерно, без разрывов, как бы «протискиваясь» сквозь капилляр). Наденьте на руку манжету сфигмоманометра и повысьте в ней давление до 50 мм рт. ст., чтобы сдавить вены. Отметьте изменения, происходящие на уровне капилляров. Ненадолго понизьте давление (чтобы восстановить нормальное кровообращение), а затем установите его уровень примерно на 100 мм рт. ст. Отметьте, как ведут себя капилляры. Опустите на несколько минут давление до нуля, а затем быстро доведите его до 150 мм рт. ст., полностью пережав артерии. Опишите, что произошло, и заметьте, через какое время прекратится ток крови. Ослабьте давление и снимите манжету.

***Указания к оформлению протокола*:**

1. Опишите кровоток и состояние сосудов капиллярной петли при нормальном давлении (без пережатия сосудов предплечья).
2. Опишите отмеченные изменения после полного перекрытия оттока и разной степени перекрытия притока крови к исследуемой капиллярной сети.
3. Внесите результаты исследования в протокол.
4. Сделайте вывод о различиях в характере изменения кровотока в сосудах МЦР при нарушении венозного оттока и артериального притока крови.

ПРОТОКОЛ

Изменения кровотока в капиллярной сети при разных уровнях её кровенаполнения:

Состояние капиллярной сети		**Исходно**	**Давление в манжете сфигмоманометра, мм рт. ст.**		
			50	**100**	**150**
Диаметр капиллярной петли	арт[9]	арт < вен	не изменён	↓	
	вен		↑↑↑	↑↑↑	
Извитость сосудов	арт	нет	↑	нет	
	вен	нет	↑↑↑	↑↑↑	
Характер движения эритроцитов		равномерный	с разрывами, замедлен	пульсирующий, с остановками	
Диапедез эритроцитов		нет	есть	возможен	
Кровенополнение		нормальное	вен – ↑↑↑	арт – ↓, вен – ↑↑	

Вывод: Капилляроскопия позволяет оценить _____ сосудов микроциркуляторного русла. На нарушение венозного оттока указывают _____, на нарушение артериального притока — _____.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

[9] арт — артериальное колено петли; вен — венозное колено петли.

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 20 (2). ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИОКАРДА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Проводящая система сердца. Строение, физиологические свойства и функции. Современные представления о субстрате, природе и градиенте автоматии.
2. Сократительный миокард. Строение, физиологические свойства и функции. Законы сокращения сердца.
3. Потенциалы действия клеток пейсмекера и типичных кардиомиоцитов. Соотношение возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие вещества использует сердечная мышца в качестве субстратов для окисления в покое? При физической нагрузке?
2. В чем смысл, и каковы границы применимости закона «все или ничего» к сократительной функции сердца?
3. Почему возбуждение от предсердий к желудочкам проводится только через атриовентрикулярный узел?
4. Какая фаза потенциала действия клеток водителя ритма лежит в основе автоматии сердца?
5. В чем состоит физиологический смысл основного закона сердца?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 235–243.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 6–25.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

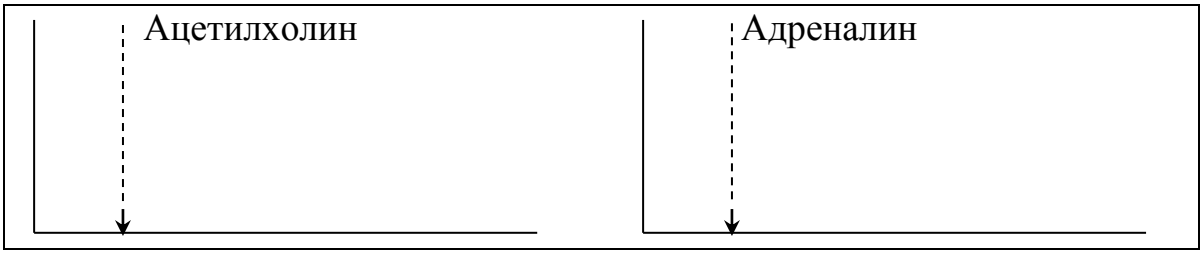
Работа 20.1. Демонстрация учебных видеофильмов

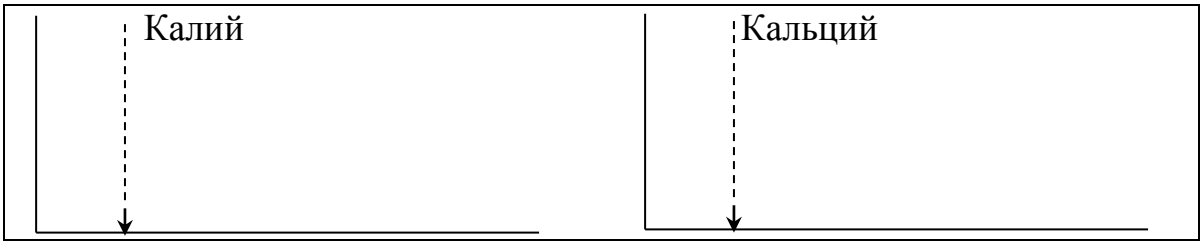
1. Физиология сердца. Приготовление препарата изолированного сердца лягушки (8 мин).
2. Автоматия сердца лягушки (10 мин).

3. Влияние некоторых веществ на работу изолированного сердца лягушки (9:19 мин).

Указания к оформлению протокола. На основании материалов последнего фильма нарисуйте механокардиограммы сердца лягушки, перфузируемого раствором Рингера, отражающие влияние на работу сердца ацетилхолина (1), адреналина (2), избытка ионов калия (3), кальция (4). Ответьте на вопросы протокола работы.

Механокардиограммы





Ответьте на следующие вопросы:

1. Как изменяется работа сердца под влиянием: умеренного повышения уровня кальция во внеклеточной среде _____; значительного избытка ионов кальция _____?

2. Подобно какому веществу влияет на сердце значительный избыток ионов калия _____, кальция _____?

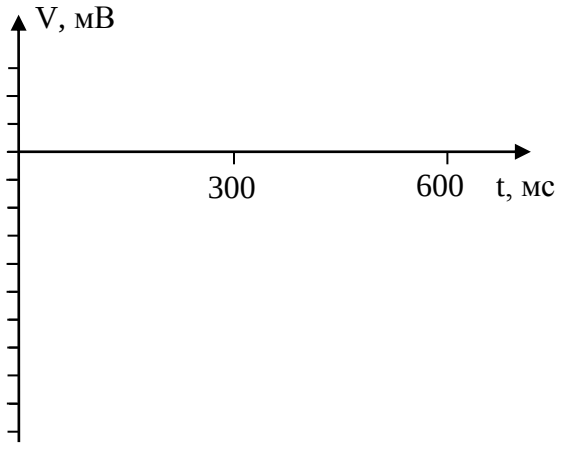
3. Как влияет блокатор медленных кальциевых каналов на проницаемость медленных кальциевых каналов клеток синусового узла _____; автоматию синусового узла _____; проводимость миокарда _____; длительность интервалов PQ _____, RR _____, ЧСС _____?

4. Как изменяются при усилении симпатических влияний на сердце: активность аденилатциклазы кардиомиоцитов _____, проницаемость медленных кальциевых каналов _____, вход Ca^{2+} в клетку _____, возбудимость кардиомиоцитов _____, ЧСС _____, длительность интервалов PQ _____, RR _____, величина КСО _____, сократимость миокарда _____, МОК, АД крови _____, энергозатраты миокарда _____, потребность миокарда в кислороде _____?

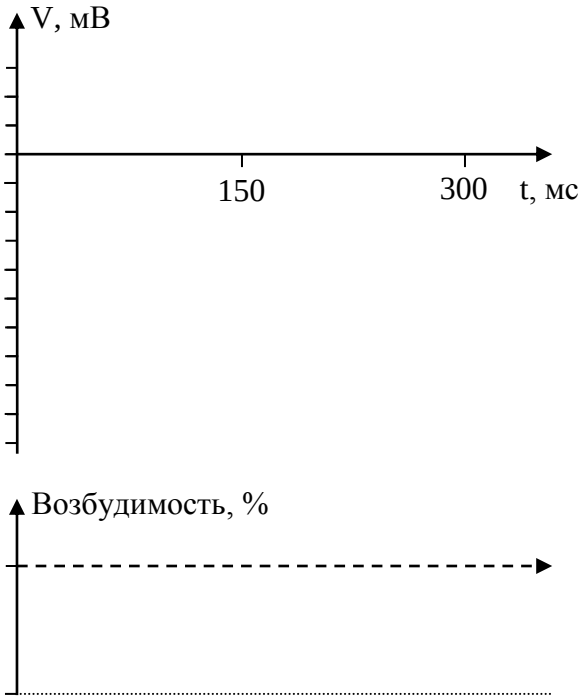
Работа 20.2. МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (ПД) КЛЕТОК СИНОАТРИАЛЬНОГО УЗЛА И КЛЕТОК СОКРАТИТЕЛЬНОГО МИОКАРДА ЖЕЛУДОЧКОВ (выполняется дома самостоятельно)

Ход работы. Работа выполняется дома самостоятельно на основании материалов лекции, фильма и программы «12 Leads» (в компьютерном классе: «**Кафедра нормальной физиологии**» → «**12 Отведений**» (Дополнение А: Деполяризация).

Указания к оформлению протокола. Нарисуйте потенциал клеток проводящей системы (синусового узла) слева, потенциал действия клеток сократительного миокарда и синхронное изменение возбудимости кардиомиоцитов в ходе возбуждения — справа. Обозначьте фазы ПД и фазы возбудимости.



ПД пейсмекерной клетки



ПД и состояние возбудимости сократительного кардиомиоцита

Ионные механизмы генерации ПД пейсмекерной клетки		Основные ионные механизмы генерации ПД сократительного кардиомиоцита	
фаза 4 (МДД)	постепенное _____ (↑↓) проницаемости мембраны для ионов _____ и повышение — для ионов _____ (I_f -ток)	фаза 0	преимущественно, входящий через _____ потенциалзависимые каналы ток ионов _____

Ионные механизмы генерации ПД пейсмекерной клетки		Основные ионные механизмы генерации ПД сократительного кардиомиоцита	
фаза 0	входящий через _____ потенциалзависимые каналы ____-типа ток _____ и _____	фаза 1	прекращается входящий ток _____, преобладает выходящий ток _____, медленно нарастает входящий ток _____
фаза 3	закрытие _____ потенциалзависимых _____/_____-каналов и ____ (↑↓) проницаемости мембраны для ионов _____, выходящих из атипичного кардиомиоцита	фаза 2	уравновешены выходящий ток ионов _____ и входящий ток ионов _____
		фаза 3	инактивируются _____-каналы, преобладает выходящий ток ионов _____

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 21 (3). СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Сердечный цикл. Последовательность фаз и периодов сердечного цикла, их характеристика. Изменение соотношения фаз сердечного цикла при физической нагрузке.

2. Электрические проявления сердечной деятельности. ЭКГ. Общий план анализа и критерии нормы ЭКГ во II стандартном отведении. Понятие об экстрасистолах.

3. Тоны сердца, их происхождение. Поликардиография, соотношение элементов ЭКГ и ФКГ.

4. *Общий план анализа электрокардиограммы (ЭКГ), знание ее элементов. Оценка калибровочного сигнала. Определение частоты (рассчитать) и ритма сердечных сокращений. Определение амплитуды и продолжительности элементов ЭКГ при разной скорости протяжки ленты.*

Вопросы для самоподготовки:

1. При каком давлении в левом желудочке начинается период изгнания крови, если артериальное давление составляет 115/70 мм рт. ст.?

2. Каковы электрокардиографические признаки синусового ритма?

3. Как рассчитать частоту сердечных сокращений, если скорость записи 50 мм/с, а среднее расстояние между соседними зубцами составляет 42 мм?

ВАЖНЕЙШИЕ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СЕРДЦА В ПОКОЕ

КДО — 90–150 мл	УО — 55–90 мл
КСО — 50–60 мл	ФВ — 55–75 %
КДД ЛЖ — 4–12 мм рт. ст.	КДД ПЖ — 4–8 мм рт. ст.
КСД ЛЖ — 90–140 мм рт. ст.	КСД ПЖ — 15–28 мм рт. ст.

Средние пределы изменения давления крови в предсердиях, мм рт. ст.:

ЛП — +4 – +12 мм рт. ст.	ПП — –1 – +8 мм рт. ст.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 243–255.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 25–53, 89–103.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 21.1. Определение длительности сердечного цикла у человека по пульсу

Сердечный цикл — одна полная последовательность сокращения и расслабления сердца, или период времени, охватывающий одно сокращение (систолу) и одно расслабление (диастолу) предсердий и желудочков. Длительность сердечного цикла (ДСЦ) обратно пропорциональна частоте сердечных сокращений (ЧСС) и рассчитывается по формуле:

ДСЦ = 60 / ЧСС.

В норме у здорового взрослого человека при бодрствовании в состоянии физиологического покоя ДСЦ составляет 0,67–1,00 с. Увеличение ДСЦ наблюдается при брадикардии (ЧСС < 60 уд/мин), а уменьшение ДСЦ — при тахикардии (ЧСС > 90 уд/мин).

***Материалы и оборудование*:** секундомер.

***Ход работы*.** Пропальпируйте пульс лучевой артерии на запястье у себя или у испытуемого. Через 5 мин отдыха в положении сидя подсчитайте число пульсовых ударов за 60 с (частоту сердечных сокращений — ЧСС). После этого сделайте 15 приседаний и измерьте частоту пульса повторно. Рассчитайте среднюю длительность одного сердечного цикла (ДСЦ) в покое и после физической нагрузки по вышеприведенной формуле.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите частоту сердечных сокращений в покое и после физической нагрузки.
2. Рассчитайте длительности сердечного цикла.
3. Сделайте вывод о соответствии длительности сердечного цикла норме.

ПРОТОКОЛ

	Покой	**Физическая нагрузка**
ЧСС, уд/мин.		
ДСЦ, сек.		

Вывод. Длительность сердечного цикла **покоя** _____.
(в норме, укорочена, удлинена)

Работа 21.2. Поликардиография и сердечный цикл

Поликардиография — это метод синхронной регистрации внешних проявлений деятельности сердца: электрических (ЭКГ), звуковых (ФКГ), механических (сфигмограмма) и др. проявлений. Исходя из временного соотношения элементов, поликардиограммы описывают последовательность фаз сердечного цикла, а также основные происходящие при этом в сердце процессы.

Ход работы. Для выполнения работы используется компьютерная программа **«Heart Sounds»**. Раздел **«General Tutorials» → «Hemodynamics» → «Normal Left Heart Pressures and the Carotid Pulse»**.

Слева появляется динамическое изображение движения левых отделов сердца, справа — поликардиограмма, на которой представлена синхронная запись следующих кривых: вэлектрокардиограмма, сфигмограмма сонных артерий, фонокардиограмма, изменения давления в полости левого желудочка, изменения центрального венозного давления (ЦВД) в полости левого предсердия.

Нажмите **«Carotid»**, ответьте на вопросы 1 и 2 протокола.

Нажимая кнопки **◀I**, **Play All**, **I▶** проанализируйте временные соотношения основных элементов фонокардиограммы, сфигмограммы, ЭКГ и кривых изменения давления в предсердиях и желудочках. Соотнесите их с изображением движения крови в левом желудочке и аорте, смыкания и открытия клапанов сердца, сделайте выводы о соответствии различных элементов поликардиограммы периодам и фазам сердечного цикла.

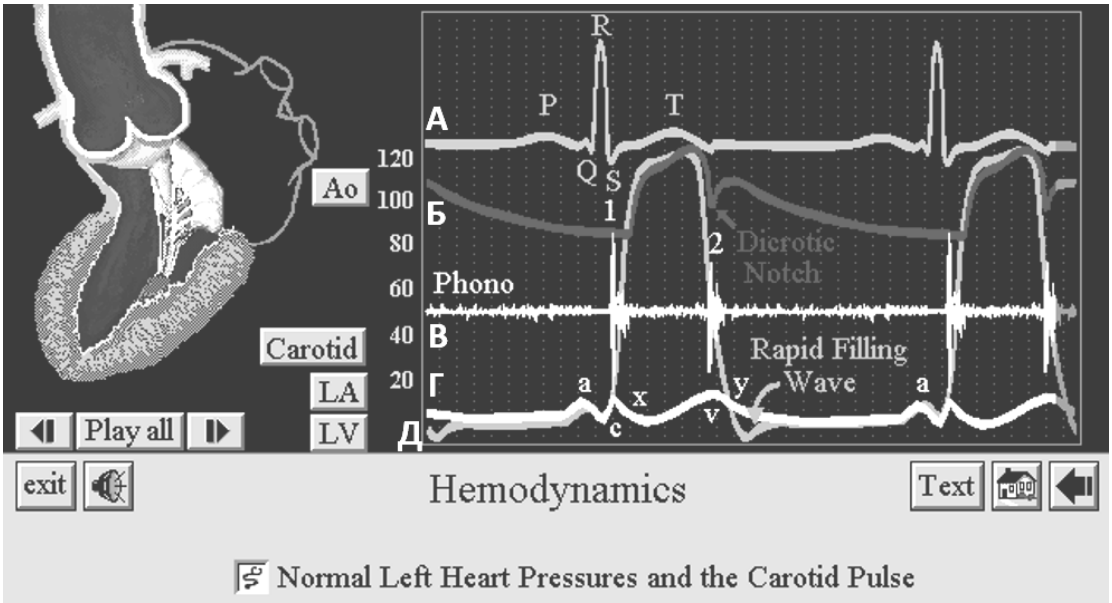


Рис. 21.1. Интерфейс раздела «Hemodynamics» программы «Heart Sounds»:
А — электрокардиограмма (зеленая линия); **Б** — сфигмограмма сонных артерий (красная линия); **В** — фонокардиограмма (желтая линия); **Г** — изменения центрального венозного давления (ЦВД) в полости левого предсердия (лимонно-желтая линия); **Д** — изменения давления в полости левого желудочка (оранжевая линия)

На основании наблюдений заполните следующие пункты:

1. **Систола предсердий** соответствует волне **а** на кривой изменения центрального венозного давления, или окончанию зубца ____ на ЭКГ, что соответствует ___ тону на фонокардиограмме (на данной схеме не виден).

2. **Начало систолы желудочков** (начало подъема давления в желудочках — от точки **с**) соответствует зубцу _____ на ЭКГ.

3. **Начало прироста давления крови в аорте** (на сфигмограмме это начало _____) совпадает с началом периода _____ сердечного цикла. Этот период начинается с открытия _____ клапанов.

4. Промежуток между началом систолы желудочков (начало подъема давления в желудочках — точка **с**) и началом выброса крови из аорты (см. предыдущий пункт) соответствует **периоду** _____ **сердечного цикла**.

5. Закрытие атриовентрикулярных клапанов является причиной _____ тона на фонокардиограмме, что соответствует зубцу _____ ЭКГ.

6. Таким образом, промежуток времени от закрытия АВ клапанов (начала I тона на фонокардиограмме) до открытия полулунных клапанов (пункт 3 — начало анакроты) соответствует **фазе** _____. Соотнеся это с пунктом 4, попробуйте самостоятельно найти, чему будет соответствовать **фаза асинхронного сокращения** желудочков.

7. Появление на сфигмограмме дикротического зубца совпадает по времени с возникновением _____ тона сердца. Причиной дикротического зубца является _____, а указанного тона — _____клапанов.

8. **Период изгнания** на сфигмограмме соответствует промежутку от начала анакроты до _____. Таким образом, анакрота соответствует **фазе** _____, а нисходящая часть графика на этом отрезке — **фазе** _____.

9. **Конец электрической систолы** (и начало диастолы) на ЭКГ соответствует _____.

10. **Падение** давления в желудочках до минимального уровня происходит во время _____ фазы сердечного цикла (обозначено как Rapid Filling Wave). На фонокардиограмме в это время может регистрироваться _____ тон (на схеме не виден).

Напишите, каким элементам ЭКГ соответствуют во времени тоны сердца:

Фонокардиограмма и электрокардиограмма

– I тон на ЭКГ соответствует _____

– II тон на ЭКГ соответствует _____

– III тон на ЭКГ соответствует _____

– IV тон на ЭКГ соответствует _____

Работа 21.3. Регистрация и анализ ЭКГ

135

Метод электрокардиографии основан на записи суммарной электрической активности сердца, следовательно, при его помощи можно оценить такие свойства сердца, как автоматия, возбудимость и проводимость (но не сократимость). Соответственно, этот метод имеет первостепенное значение в диагностике нарушений ритма и проводимости, а учитывая, что при ишемии (нарушении кровотока) миокарда нарушается ход реполяризации, — также для диагностики ишемии сердечной мышцы.

Стандартная ЭКГ включает 12 стандартных отведений, каждое из которых подразумевает запись разности потенциалов между парой электродов: в стандартных отведениях (I, II, III) — между парой электродов на конечностях, в усиленных отведениях от конечностей (а также в грудных) некоторые электроды объединяют, например, в aVR за положительный берется электрод на правой руке, за отрицательный — два других; в грудных отведениях за положительный принимается грудной электрод, за отрицательный — объединенные электроды на конечностях.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, спирт, вата, токопроводящий гель или 3–5 % раствор NaCl, марля.

Ход работы. При регистрации ЭКГ пациент находится в положении лежа. Электроды на конечности накладывают в соответствии с принятой цветовой маркировкой проводов: правая рука — красный цвет; левая рука — желтый цвет; левая нога — зеленый цвет; правая нога — черный цвет (нейтральный электрод). Для фиксации грудных электродов используются специальные резиновые груши.

Для улучшения качества записи ЭКГ следует обеспечить хороший контакт электродов с кожей, сведя к минимуму электрическое сопротивление между ними. Для этого необходимо:

1) предварительно обезжирить кожу спиртом в местах наложения электродов;

2) смочить места наложения электродов токопроводящим гелем или положить под электроды марлевые прокладки, смоченные 3–5 % раствором NaCl.

Анализ ЭКГ № _____ (указывает преподаватель)

Анализ ЭКГ начинают с оценки правильности ее регистрации:

а) наличие помех (если они значительны, необходимо заново записать ЭКГ);

б) проверяют амплитуду калибровочного сигнала (прямоугольный зубец в начале записи, в норме должен составлять = 10 мм, что соответствует току в 1 мВ; допустимое отклонение ± 1 мм);

в) скорости (V) движения бумаги во время регистрации ЭКГ**.** Стандартная скорость протяжки ленты составляет 50 мм/с (иногда 25 мм/с).

Запишите характеристики анализируемой ЭКГ:

калибровочный сигнал — 1 мВ = _____ мм;

скорость записи ЭКГ_____ мм/с;

перевод мм в секунды: 1 мм = 1 / скорость записи = 1 /____ = ____ с.

Дальнейший анализ ЭКГ проводят по следующим показателям:

1. Определение источника сердечного ритма (синусовый или несинусовый ритм). Признаки синусового ритма:

– Зубцы P во II стандартном отведении положительные;

– Все зубцы P в пределах одного отведения имеют одинаковую форму;

– P предшествуют комплексу QRS;

– Длительность интервала PQ (от начала P до начала Q) нормальна и составляет 0,12–0,20 с.

Проанализируйте источник ритма на представленной ЭКГ: зубцы P _____ (имеются, отсутствуют), их форма _____ (округлые, острые); направление _____ (положительные, отрицательные); расположение относительно комплексов QRS _____ (предшествуют, следуют за); длительность PQ _____ (в секундах, рассчитайте); одинакова ли длительность PQ _____ (да, нет).

Заключение: источник ритма _____.

2. Определение характера ритма (правильный, неправильный).

Анализ характера ритма обычно проводится по II стандартному отведению. Измеряют длительность 5–6 последовательно зарегистрированных интервалов RR. Если длительности этих интервалов равны или отличаются

друг от друга не более чем на ±10 % от средней величины (или < 0,16 с), ритм считается правильным.

У здоровых молодых людей встречается синусовая дыхательная аритмия, при которой наблюдается периодическое постепенное укорочение интервалов RR (увеличение ЧСС) на вдохе и удлинение интервала RR (уменьшение ЧСС) на выдохе.

Измерьте длительность пяти интервалов и среднее RR на анализируемой ЭКГ:

RR_1	RR_2	RR_3	RR_4	RR_5	$RR_{среднее}$

Наибольшее отклонение от среднего значения _____ %.

Заключение: характер ритма _____ (правильный, неправильный).

3. Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Определение ЧСС[10] проводится по средней длительности интервала RR, которая соответствует длительности одного сердечного цикла. Чтобы подсчитать при правильном ритме сердца ЧСС в 1 мин, необходимо 60 с (1 мин) разделить на длительность интервала RR в секундах:

ЧСС = 60 : RR (в секундах)

У здорового человека в покое ЧСС составляет от 60 до 90 уд/мин. Увеличение ЧСС более 90 уд/мин при сохранении правильного синусового ритма называется синусовой тахикардией (в норме при физических нагрузках или эмоциональном напряжении). Уменьшение ЧСС ниже 59 уд/мин при сохранении синусового ритма называется синусовой брадикардией (во время сна, нередко у спортсменов).

Рассчитайте ЧСС по средней длительности интервала RR, сделайте заключение (нормокардия, брадикардия или тахикардия).

ЧСС = 60 /____ = ____в 1 мин.

Заключение: _____.

4. **Оценка зубцов и интервалов** производится по II стандартному отведению. Зубцы P, R, T — в норме во II отведении положительные (выше изолинии). Зубцы Q и S — отрицательные или могут отсутствовать. По определению не может быть отрицательного R либо положительных Q либо S.

5. **Оценка направления зубцов ЭКГ во II отведении:**

6. зубцы _____ направлены вверх (положительны), зубцы _____ направлены вниз (отрицательны),

[10] ЭКГ характеризует автоматию, возбудимость и проводимость миокарда, но не его сократимость. Использование термина «ЧСС» является традиционным, но не совсем точным, поскольку ЭКГ не отражает сокращение сердечной мышцы. Поэтому некоторые авторы предлагают вместо «ЧСС» использовать термин «частота возбуждений сердца» (ЧВС).

7. зубцы _____ отсутствуют.

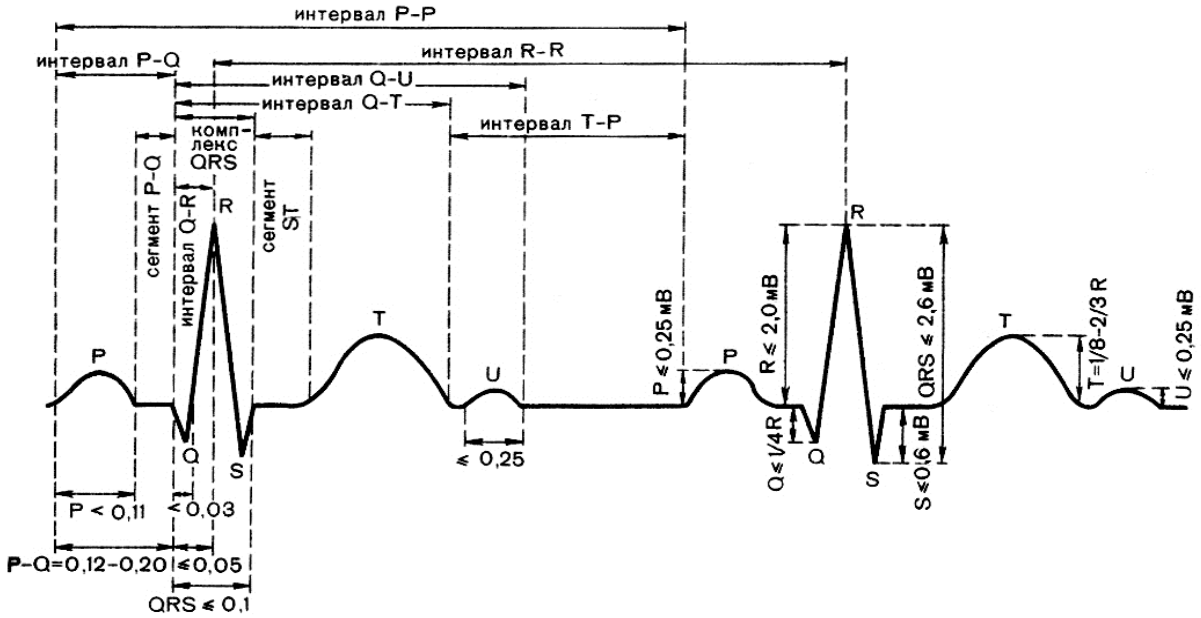


Рис. 21.2. Нормальные значения зубцов и интервалов ЭКГ во втором отведении

Таблица 21.1

Оценка амплитуды и длительности элементов ЭКГ

Зубцы ЭКГ	Амплитуда зубцов, мм				Зубцы и интервалы	Длительность зубцов и интервалов, с			
	Норма		На ЭКГ	Оценка (норма, ↑, ↓)		Норма		На ЭКГ	Оценка (норма, ↑, ↓)
	мин.	макс.				мин.	макс.		
P	0,5	2,5			**P**	0,08	0,1		
					Q	0	0,03		
Q	0	3			**R**	0,03	0,09		
					S	0	0,03		
R	10	20			**T**	0,05	0,25		
					PQ	0,12	0,20		
S	0	6			**QRS**	0,06	0,10		
					QT	0,27	0,40		
T	2	10			**RR**	0,67	1,00		

Оценка формы зубцов ЭКГ во II отведении:

зубцы _____ острые,

зубцы _____ уплощённые,

наличие других форм зубцов _____ (двухфазные и др.).

5. Оценка проводимости. Для оценки проводимости сравнивают длительность элементов ЭКГ с нормой:

– длительность зубца P характеризует время проведения возбуждения **по предсердиям** (в норме 0,08–0,1 с);

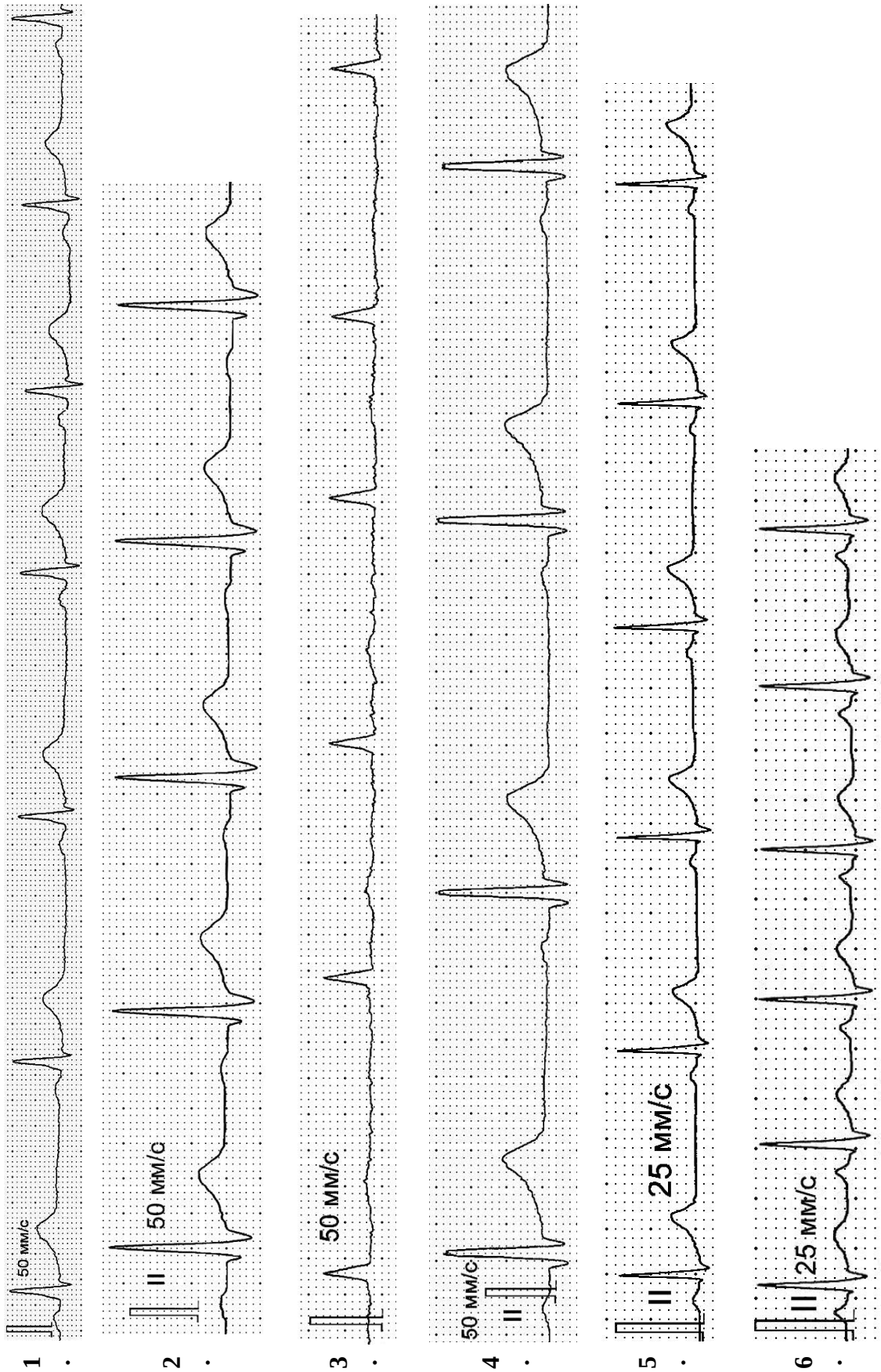


Рис. 21.3. Электрокардиограммы (II стандартное отведение, 1 квадрат = 1 мм)

– длительность интервала PQ или PR отражает время проведения по предсердиям, атриовентрикулярному соединению и пучку Гиса, т. е. время проведения возбуждения **от предсердий к желудочкам**) (в норме 0,12–0,2 с);

– длительность желудочкового комплекса QRS характеризует проведение возбуждения **по желудочкам** (в норме 0,06–0,1 с).

Если время проведения превышает верхнюю границу нормы, считают, что проводимость снижена.

Заключение: проводимость_____ (не нарушена; снижена в предсердиях / желудочках).

6. Анализ сегмента ST:

Отклонение сегмента ST от изоэлектрической линии является одним из основных признаков ишемии (недостаточного кровоснабжения) миокарда. В норме смещение сегмента ST от изоэлектрической линии вверх или вниз во II отведении не превышает 1 мм.

Измеренное отклонение сегмента ST от изолинии составляет (обозначая направление отклонения вверх либо вниз как «+» или «–»): ___ мм.

Заключение: признаки ишемии миокарда _____ (имеются, нет).

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ по ЭКГ: ритм _____, _____, ЧСС ____ в 1 мин, проводимость _____ _____, признаки ишемии миокарда _____.

Работа 21.4. ЗНАКОМСТВО С ЭХОКАРДИОГРАФИЕЙ (демонстрация в компьютерном классе кафедры)

Эхокардиография — метод исследования морфологических структур сердца и сосудов, изменения их линейных размеров в динамике, позволяющий рассчитать скорость этих изменений, в том числе оценить объемы полостей сердца в различные фазы сердечного цикла, а также параметры кровотока в полостях сердца и сосудах. Эхокардиография является наиболее распространенным методом, позволяющим достоверно оценить сократимость сердца.

Эхокардиографическое исследование осуществляется посредством посылаемых датчиком прибора коротких серий УЗ волн, часть которых, отражаясь от структур человеческого тела на разной глубине, возвращается в обратном направлении, улавливаются приемником датчика и в виде электрических сигналов обрабатываются, формируя изображение структур сердца (а также потоков крови в нем — при допплеровских режимах исследования) на дисплее прибора.

Знакомство с эхокардиографических показателей работы сердца можно проводить с помощью компьютерной программы **«Heart Sounds and Murmurs»**.

1. Откройте компьютерную программу **«Heart Sounds»** и активируйте значок **«General Tutorials»**, затем **«Introduction to Cardiac Imaging Modalities»** и **«Transthoracic Echocardiogram»**. На появившемся видеоизображении (слева) видны структуры сердца в парастернальном сечении. Пронаблюдайте динамику (слева и справа) изменений толщины межжелудочковой перегородки, полостей желудочков, положения створок митрального клапана. Активируйте попеременно значки «Labels» и «Play» и по появляющимся надписям найдите перечисленные структуры сердца. На изображении справа сопоставьте с элементами ЭКГ изменения толщины межжелудочковой перегородки во время систолы и диастолы сердца. Обратите внимание на характер движений передней и задней створок митрального клапана:

– в точке **d** начинается открытие клапана — расхождение его створок (**начинается период наполнения** желудочков);

– на участке **d–e** передняя створка митрального клапана перемещается к межжелудочковой перегородке, клапан максимально открывается (**фаза быстрого наполнения** желудочка);

– на участке **e–f** створки клапанов приближаются друг к другу, но клапан пока остается открытым (**фаза медленного наполнения** желудочка);

– на участке **f–a** створки клапанов вновь расходятся на некоторое расстояние (систола предсердий), по окончании которой приближаются друг к другу (участок **a–c**). В точке **c** створки клапана смыкаются. В желудочке это соответствует **окончание фазы асинхронного сокращения**;

– на участке **c–d** створки митрального клапана сомкнуты, и остаются в таком положении до окончания фазы изометрического расслабления желудочка, то есть до начала следующей фазы быстрого наполнения.

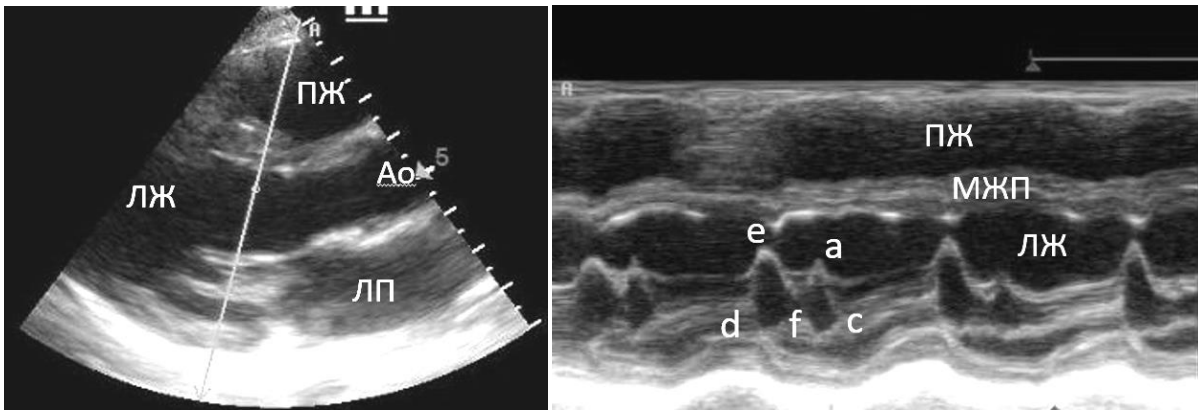


Рис. 21.4. Эхокардиография. В-режим (слева) и М-режим (справа). М-режим отображает смещение во времени структур, расположенных вдоль выбранной на В-режиме линии. В данном случае она проходит через створки митрального (левого атриовентрикулярного) клапана

Сопоставьте эти элементы УЗ динамики движения створок митрального клапана с элементами ЭКГ.

Активируйте другой значок в виде кружка серого цвета под УЗ изображением слева. Заметьте изменение оси распространения УЗ волн. На появившемся изображении пронаблюдайте динамику изменений размеров левого и правого желудочков, левого предсердия, положения створок аортального клапана. Для их идентификации активируйте попеременно значки «Labels» и «Play».

2. Активируйте значок «Transesophageal Echocardiogram» и, наблюдая УЗ картину сердца из чреспищеводного доступа, изучите динамику изменения положения створок аортального клапана и размеров правого желудочка во время сердечного цикла.

Закончив работу с программой, активируйте последовательно значки «Exit», «Yes», «Exit» и закройте программу.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 22 (4). РЕГУЛЯЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Саморегуляция деятельности сердца. Ударный и минутный объем крови, их зависимость от величины венозного возврата (закон Старлинга) и сосудистого сопротивления (феномен Анрепа).
2. Гуморальная регуляция деятельности сердца.
3. Рефлекторная регуляция деятельности сердца. Характеристика влияния парасимпатического и симпатического отделов нервной системы и их медиаторов на деятельность сердца. Рефлекторные изменения работы сердца.
4. Тонус сосудов. Рефлекторная регуляция тонуса сосудов. Сосудодвигательный центр, его афферентные и эфферентные связи.
5. Гуморальная регуляция тонуса сосудов.
6. Понятие о нормальных величинах АД. Функциональная система, обеспечивающая регуляцию системного артериального давления.
7. *Оценка изменения АД при изменениях положения тела в пространстве. Клиностатическая и ортостатическая пробы.*

Вопросы для самоподготовки:

1. Опишите последовательность артериального барорецепторного рефлекса, возникающего в ответ на быстрое снижение АД крови.
2. Как изменится АД, ЧСС и тонус сосудов при увеличении давления в лёгочной артерии?
3. Каковы стимулы для секреции предсердного натрийуретического фактора, какое действие он оказывает на тонус сосудов и на функцию почек?
4. Как изменяется тонус артериальных сосудов скелетных мышц, кожи, миокарда, органов пищеварения при физической нагрузке?
5. В чем заключается миогенный механизм ауторегуляции органного кровотока? Каково физиологическое значение этого механизма?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 255–263, 281–296.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 55–68, 103–134.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 22.1. Влияние парасимпатического и симпатического отделов автономной нервной системы на работу сердца

Ход работы. Работа выполняется студентом дома самостоятельно при подготовке к лабораторному занятию путём заполнения пропусков в таблице.

Парасимпатическая иннервация	Симпатическая иннервация сердца
1. Локализация преганглионарного нейрона: _____	1. Локализация постганглионарного нейрона: _____
2. Медиатор преганглионарных волокон: _____	2. Медиатор преганглионарных волокон: _____
3. Тип рецепторов на мембране ганглионарного нейрона: _____ _____	3. Тип рецепторов на мембране ганглионарного нейрона: _____ _____
4. Медиатор постганглионарных волокон: _____	4. Медиатор постганглионарных волокон: _____
5. Преимущественно иннервируемые структуры сердца: _____ _____	5. Преимущественно иннервируемые структуры сердца: _____ _____
6. Тип клеточных рецепторов в миокарде: _____	6. Тип клеточных рецепторов в миокарде: _____
7. Внутриклеточные механизмы передачи сигнала: _____ _____	7. Внутриклеточный посредник передачи сигнала: _____ _____
8. Основные изменения в клетке при стимуляции рецепторов: _____ _____ _____	8. Основные изменения в клетке при стимуляции рецепторов: _____ _____ _____
9. Влияние на основные показатели работы сердца: ЧСС _____; УО _____; МОК _____; сократимость _____; возбудимость _____; проводимость _____	9. Влияние на основные показатели работы сердца: ЧСС _____; УО _____; МОК _____; сократимость _____; возбудимость _____; проводимость _____

Работа 22.2. Анализ изменений артериального давления крови под действием адреналина и норадреналина

Ход работы. Для выполнения работы используется компьютерная программа **«Prat»**. Работа с программой аналогична программе Physiol2 (занятие 10 первого семестра, работа 10.6). Необходимые вещества выбираются через команду **Drugs**, правой клавишей мыши выбирают требуемую дозировку**,** затем вводят через команду **Inject Drug**. При достижении максимального эффекта ставим программу на паузу, нажав любую команду основного меню программы (напр. **Drugs used**), и фиксируем в протокол показатели. Перед новым воздействием не забываем удалять эффекты от предыдущего командой **New rat**.

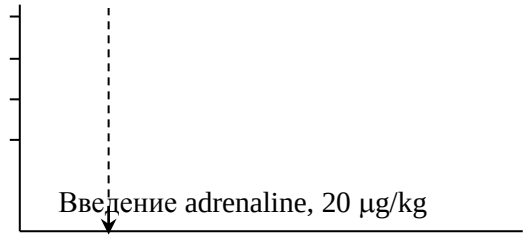
***Указания к оформлению протокола*:**

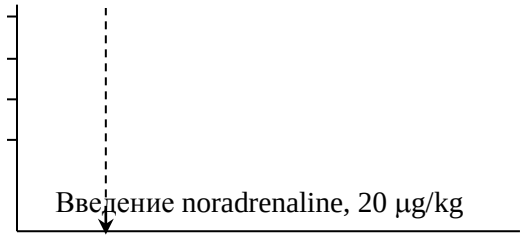
1. Заполните таблицу. Нарисуйте графики изменения артериального давления (АД) при действии адреналина и норадреналина.

2. Определите, в чем заключаются различия влияния адреналина и норадреналина на основные показатели системной гемодинамики и местного кровотока.

ПРОТОКОЛ

Показатель	Исходное значение	Адреналин 20 мкг/кг	Норадреналин 20 мкг/кг
АДсис., мм рт. ст. (BPsys)			
АДсгд., мм рт. ст. (BPmea)			
АДдиа., мм рт. ст. (BPdia)			
ЧСС, уд/мин (H. R.)			
Пульсовое давление[11], мм рт. ст.			





Вывод. Как адреналин, так и норадреналин ____ (↑ или ↓) АДсис. При этом при действии адреналина в физиологических концентрациях наблюдается ___ (↑ или ↓) АДдиа, ___ (↑ или ↓) АДсгд и ___ (↑ или ↑↑↑) АДпульс. Указанные изменения гемодинамики указывают на ___ (↑ или ↓) тонуса резистивных сосудов и ОПСС, и _____ (улучшение или ухудшение) условий для местного кровотока.

Действие норадреналина проявляется ___ (↑ или ↓) АДдиа, ___ (↑ или ↓) АДсгд и ____ (↑ или ↑↑↑) АДпульс, что отражает ____ (↑ или ↓) тонуса резистивных сосудов и ОПС, и _____ (облегчение или затруднение) кровотока в сосудах МЦР.

[11] Рассчитать самостоятельно.

Работа 22.3. Постуральный (ортостатический) барорефлекс

Для оценки состояния АНС применяются *пробы с переменой положения тела в пространстве.*

При переходе в положение стоя происходит депонирование значительного объёма крови в нижней половине тела, что ведет к уменьшению венозного возврата крови к сердцу, последующему временному уменьшению сердечного выброса на 20–30 %. Для поддержания нормального уровня метаболизма тканей развиваются физиологические реакции, направленные на поддержание достаточного минутного объёма крови (МОК): повышается ЧСС; $АД_{сис}$ не изменяется или снижается на 2–6 мм рт. ст. с постепенным приближением к исходному; $АД_{диа}$ повышается на 6–10 мм рт. ст. или на 10–15 % по отношению к исходному; $АД_{пульс}$ снижается, а затем, постепенно повышаясь за счет повышения систолического, все же остается ниже исходного. Ортостатическая проба характеризует тонус преимущественно симпатического отдела АНС (СНС).

Существует два варианта ортостатической пробы: пассивная (с использованием поворотного стола) либо активная по методике Шеллонга.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп, секундомер, кушетка.

Ход работы. У исследуемого в положении лежа после **4–6 мин** отдыха несколько раз с минутными промежутками подсчитывают ЧСС и измеряют АД (до получения стабильных результатов). Затем он поднимается и стоит 10 минут в свободной позе, за последние 15 секунд 1-й, 5-й и 10-й минут положения стоя определяется ЧСС (с пересчетом за минуту) и измеряется АД. Полученные данные вносятся в протокол работы.

Оценка результатов:

а) по изменению пульса и давления на **первой минуте** судят о возбудимости СНС. В норме учащение пульса на **первой минуте** должно находиться в пределах 6–24 удара в пересчете за 1 мин. Учащение пульса менее 6 ударов в минуту свидетельствует о недостаточном нарастании тонуса СНС и преобладании тонуса парасимпатической нервной системы; учащение пульса выше 24 ударов в минуту — об избыточном тонусе СНС;

б) показатели **2–10 минут** характеризуют процесс восстановления тонуса АНС, изменившегося при перемене положения тела.

При оценке результатов **за 10 минут** по отклонению от исходных показателей определяют тип реакции на ортостатическое воздействие: физиологический, первичный гиперсимпатикотонический, вторичный гиперсимпатикотонический, гипо- или асимпатикотонический, симпатико-астенический (см. табл. 22.1).

При **физиологическом типе** наблюдается умеренное увеличение ЧСС, умеренное снижение $\mathbf{АД_{сис}}$ и повышение $\mathbf{АД_{диа}}$.

При **первичной гиперсимпатикотонии** имеет место выраженное увеличение ЧСС, повышение не только **АД$_{диа}$**, но и **АД$_{сис}$** с возможным повышением МОК и УО. Это связывают с возможным наличием очага возбуждения в центрах регуляции СНС или с повышенным выбросом катехоламинов.

Вторичная гиперсимпатикотония встречается чаще и характеризуется более выраженным, чем при физиологическом типе, снижением УО, следовательно, и **АД$_{сис}$**, резким возрастанием пульса (более 24 в мин), общего периферического сопротивления и **АД$_{диа}$**. Это наблюдается при уменьшении ОЦК, варикозном расширении вен, снижении тонуса вен после длительной гиподинамии, атрофии мышц конечностей, у реконвалесцентов после вирусных заболеваний, при действии высоких температур (пребывание на солнце, горячая ванна), у лиц астенического телосложения.

Для **гипосимпатикотонии** характерно резкое снижение или отсутствие компенсаторных реакций на перемену положения тела: ЧСС учащается незначительно или не изменяется, резко снижено **АД$_{сис}$** и диастолическое давление (до обморока). Такой тип реакции может быть следствием эндокринных и нейрогенных заболеваний, приема препаратов, снижающих симпатическую активность или индивидуальных особенностях человека («идиопатическая» постуральная гипотония).

Симпатико-астеническому типу реакции свойственно выраженное снижение частоты пульса, **АД$_{сис}$** и **АД$_{диа}$** до уровня покоя и ниже через 5–10 минут после вставания, хотя в первые минуты реакция была физиологической или гиперсимпатикотонической. Такая реакция свидетельствует об истощении адаптационно-компенсаторных механизмов симпатического отдела АНС и повышении тонуса блуждающего нерва.

Таблица 22.1

Тип реакции	ЧСС	АД$_{сист}$	АД$_{диа}$
Физиологический	↑	↓	↑
Первичный гиперсимпатикотонический	↑↑	↑↑	↑↑
Вторичный гиперсимпатикотонический	↑↑	↓↓	↑↑
Гипосимпатикотонический	↑	↓↓	↓↓
Симпатико-астенический	↓↓	↓↓	↓↓

Указания к оформлению протокола.

С учетом графических данных табл. 22.1 и полученных результатов сделайте заключение о тонусе СНС и типе гемодинамических реакций на ортостатическую пробу у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Время	ЧСС, уд./мин	$АД_{сист}$, мм рт. ст.	$АД_{диа}$, мм рт. ст.
В положении лежа (среднее):			
В вертикальном положении: 1-я мин			
5-я мин			
10-я мин			

Тонус СНС: _____

Тип реакции: _____

Работа 22.4. Применение информационной пробы для выявления скрытой гипертензии

Информационная проба позволяет выявить скрытую гипертензию у человека при предъявлении ему стандартной психоэмоциональной нагрузки — необходимости переработки достаточно большого объема информации в условиях дефицита времени. В качестве нагрузки выступает компьютерная игра на скорость реакции, задействующая одну руку игрока, наподобие Canabalt либо встроенной по умолчанию в браузер Google Chrome игры (запускается нажатием пробела в режиме извещения «нет подключения к интернету»).

Материалы и оборудование: ПК с проектором (желательно), анероидный сфигмоманометр (тонометр), стетоскоп.

Ход работы. Перед выполнением пробы у обследуемого в положении сидя дважды измерьте артериальное давление (АД) методом Короткова, возьмите средний результат двух измерений. Оставьте манжетку на плече обследуемого и ознакомьте его с задачей.

На экране монитора (проектора) воспроизводится игровое поле, по которому слева направо с постепенно возрастающей скоростью бежит игровой персонаж; перед ним с непредсказуемой частотой возникают препятствия, которые он должен (нажатием клавиши «пробел») перепрыгнуть. Одновременно ведется подсчет пройденного за попытку расстояния, в случае «гибели» персонажа из-за падения либо столкновения с препятствием счетчик обнуляется. Задача игрока состоит в том, чтобы продержаться, избегая препятствий, как можно дольше.

Дайте обследуемому 1 предварительную попытку для тренировки. Начиная со 2 попытки, следует запоминать и стремиться улучшить максимальный результат показаний внутригрового счетчика среди предыдущих попыток. Измерение АД проводите на 1-й, 3-й и 5-й минутах игры, а также спустя 1 минуту после ее окончания. Общее время игры — 5 минут.

Таблица 22.2

Диагностические критерии информационной пробы

Группы обследования	Прирост АД, мм рт. ст.		Максимальный подъем АД	Уровень АД спустя 1 мин после пробы
	АДсист	АДдиа		
Здоровые	< 15	< 10	1-я минута	Равен исходному
Нейроциркуляторная дистония по гипертензивному типу	15–20	10–15	1-я минута	Равен или ниже исходного
Артериальная гипертензия, I ст.	21–25	10–15	На протяжении всей нагрузки	Выше исходного
Артериальная гипертензия, II ст.	> 25	> 15	На протяжении всей нагрузки	Выше исходного

Указания к оформлению протокола:

1. Полученные величины измерения АД крови у испытуемого до, во время и после выполнения информационной пробы занесите в соответствующие графы таблицы «Результаты информационной пробы».

2. Проведите расчет величины изменения АД во время выполнения пробы и через 1 минуту отдыха.

3. Оцените полученный результат, воспользовавшись данными табл. 22.2, и сделайте заключение о реакции сердечно-сосудистой системы испытуемого на информационную нагрузку.

4. У людей с нейроциркуляторной дистонией по гипотензивному типу может наблюдаться снижение как систолического, так и диастолического давления во время проведения пробы.

ПРОТОКОЛ

Виды АД	Величины (В) артериального давления (АД) крови, мм рт. ст.								
	Исходные В	Во время проведения пробы, минуты						Через 1 мин после завершения	
		1		3		5			
		$В_1$	$В_1$ – В	$В_2$	$В_2$ – В	$В_3$	$В_3$ – В	$В_4$	$В_4$ – В
АДсист									
АДдиа									

Вывод: Реакция сердечно-сосудистой системы испытуемого на информационную нагрузку _____

(нормальная, по гипотензивному типу, по гипертензивному типу)

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 6. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 23 (5). ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ. ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Дыхание. Роль системы дыхания в организме. Основные этапы дыхания. Биомеханика вдоха и выдоха.

2. Давление в плевральной полости, его происхождение и роль в механизме вентиляции легких. Показатели вентиляции легких.

3. Газообмен в легких. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Факторы, влияющие на диффузию газов через альвеолокапиллярную мембрану. Парциальное давление O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и напряжение газов в артериальной и венозной крови, в тканях и в клетках.

4. *Определение ЖЕЛ методом спирометрии, спирографии. Оценка полученного результата. Анализ спирограммы.*

Вопросы для самоподготовки:

1. Рассчитайте альвеолярную вентиляцию при ДО = 450 мл и ЧД = 10/мин.

2. Рассчитайте остаточный объём и функциональную остаточную ёмкость лёгких, если их общая ёмкость равна 7 л, РОВд = 3,5 л, ДО = 0,5 л, РОВыд = 1,5 л.

3. Как изменится поверхностное натяжение жидкости в альвеолах, эластическая тяга лёгких и плевральное давление при недостатке сурфактанта?

4. Объём форсированного выдоха за 1-ю секунду ($ОФВ_1$) составляет 1,2 л, ФЖЕЛ — 3,1 л. Рассчитайте индекс Тиффно и сделайте заключение.

5. Почему выдыхаемый воздух содержит больше кислорода, чем альвеолярный?

6. Чему равно парциальное давление кислорода (pO_2) в альвеолярном воздухе у человека, которому делают искусственное дыхание изо рта в рот. Содержание кислорода в альвеолярном воздухе у него составляет 12 %. Атмосферное давление равно 747 мм рт. ст.

Нормативы

ЖЕЛ (жизненная ёмкость лёгких)	мужчины — 4–7 л, женщины — 3–5 л
ДО (дыхательный объём) в покое	300–800 мл
ЧД (частота дыхания) в покое	9–20 /мин

ПОС (пиковая объёмная скорость выдоха)	мужчины — 5–10 л/с, женщины — 4–8 л/с; должная величина ПОС = 1,25 × ЖЕЛ
Тест Тиффно	70–85 %

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 300–318, 323–325.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 146–176, 186–190.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 23.1. Просмотр учебных видеофильмов

Ознакомьтесь с учебными видеофильмами в компьютерном классе кафедры, использовав их для выполнения лабораторных работ:

1. Спирография» (04:16).
2. Пневмотахометрия (02:26).
3. Пикфлоуметрия (01:30).

Работа 23.2. Анализ спирограммы (на основании учебного видеофильма)

Спирография — метод графической регистрации объемов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Ход работы. В демонстрируемой работе испытуемого подсоединяют к системе спирографа через загубник или маску. Записывают спокойное дыхание в течение 40–60 с, затем предлагают испытуемому сделать максимально глубокий вдох, 2–3 спокойных дыхательных цикла, максимально глубокий выдох, опять несколько спокойных дыхательных циклов, максимально глубокий вдох и сразу же максимальный выдох (для определения ЖЕЛ). Затем максимальную гипервентиляцию в течение 10 или 15 секунд. В табл. 23.1 представлены полученные результаты.

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте спирограмму и обозначьте на нем: ДО, РОвд, РОвыд, ЖЕЛ, МВЛ.

2. Рассчитайте величину МОД (МОД = ДО·ЧД) и АВЛ (АВЛ = = (ДО – 150)·ЧД) и внесите полученные данные в табл. 23.1 и протокол.

Таблица 23.1

Спирографические показатели вентиляции легких

Название показателя	Результат измерения	Оценка (N, ↑, ↓)	Норма показателя
Частота дыхания (ЧД)	12 в мин		9–20 в мин
Глубина (дыхательный объем)	650 мл		300–800 мл
Резервный объем вдоха (РОвд)	2,5 л		50–66 % от ЖЕЛ
Резервный объем выдоха (РОвыд)	1,2 л		20–33 % от ЖЕЛ
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	4,35 л		3–7 л
Минутный объем дыхания (МОД) в покое			4–8 л/мин
Минутный объем альвеолярной вентиляции легких (АВЛ) в покое			55–85 % от МОД
Максимальная вентиляция легких	93		40–200 л/мин

3. Оцените полученные результаты, сделав соответствующие отметки в табл. 23.1 и вывод в протоколе.

ПРОТОКОЛ

1. Спирограмма (рисунок). Обозначьте основные объемы и емкости

2. У испытуемого в покое величины МОД и АВЛ составляют _____ и _____ соответственно.

3. Вывод: величины ЖЕЛ, легочных объемов и вентиляции легких у испытуемого _____(в норме/ ниже нормы)

Работа 23.3. Спирометрия

При выполнении данной работы вы должны овладеть методикой измерения легочных объемов и емкостей, расчетом нормальных величин этих показателей и проведением оценки результатов выполненного исследования.

Материалы и оборудование: спирометр, разовые или повторно стерилизуемые мундштуки (загубники) или маски, соединительные шланги, носовые зажимы, раствор антисептика, вата.

В лабораторной практике используются разные типы спирометров. В нашем практикуме используются водные и суховоздушные спирометры.

Ход работы. Перед проведением измерений мундштук или загубник обрабатывают дезинфицирующим раствором, устанавливают указатель прибора в нулевое положение путем вращения цилиндра спирометра против часовой стрелки. Перед измерением показателей нужно с помощью специального носового зажима перекрыть носовые ходы.

А. Определение и оценка жизненной емкости легких (ЖЕЛ).

ЖЕЛ — максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть при максимально глубоком медленном выдохе, сделанном после максимального вдоха. По величине ЖЕЛ можно судить о резервных возможностях вентиляции легких за счет возрастания глубины дыхания. Этот показатель имеет важное значение в выявлении и дифференцировке преимущественно рестриктивных нарушений вентиляции легких, отражая в определенной мере растяжимость легких, эластические свойства грудной клетки, силу дыхательных мышц и т. д.).

При определении ЖЕЛ испытуемый находится в положении сидя с выпрямленной спиной, его нос перед выполнением измерения перекрывается зажимом. Затем испытуемый делает максимальный вдох с умеренной скоростью и, захватив губами мундштук или загубник, производит медленный максимально глубокий выдох в трубку спирометра. Исследование повторяют трижды. После каждого исследования дают испытуемому период отдыха не менее 30 секунд. Учитывают наибольший результат.

Чтобы сделать вывод о том, нормальная ли величина ЖЕЛ у испытуемого, сравните ее с должной ЖЕЛ (ДЖЕЛ).

Среди многих способов расчета ДЖЕЛ весьма надежным и удобным является ее определение по Антони. Для этого надо взять таблицы Гаррис–Бенедикта (приложение 3). На основании данных роста, массы тела и возраста определить величину должного основного обмена (путем сложения чисел А и Б) и умножить ее на коэффициент пересчета **2,6** (для мужчин) или **2,2** (для женщин). Величина ДЖЕЛ в этом случае получится в мл. Различие между измеренной ЖЕЛ и ДЖЕЛ не должно превышать 20 %. Более точно о величине ЖЕЛ можно судить после приведения измеренной ЖЕЛ к стандартным условиям см. «дополнительную информацию».

Б. Влияние положения тела на величину ЖЕЛ. Определите величину ЖЕЛ при разных положениях тела испытуемого: стоя, сидя, лежа. Полученные результаты внесите в протокол.

В. Влияние форсирования выдоха на величину ЖЕЛ (проба Вотчала). В норме разность между величинами ЖЕЛ (измеряется при медленной скорости максимально глубокого выдоха) и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ — измеряется при форсированном максимальном выдохе, сделанном после максимального вдоха) не превы-

шает 300 мл. Увеличение этой разности свидетельствует об уменьшении проходимости бронхов для воздуха. Определите величину ФЖЕЛ и внесите полученные данные в протокол.

Г. Определение легочных объемов. Для определения дыхательного объема (ДО) сделайте 5 спокойных выдохов в спирометр, при этом после каждого выдоха перекрывайте трубку спирометра, чтобы из него не выходил воздух. Общий объем выдохнутого воздуха делите на 5. Для определения резервного объема выдоха (РОвыд) сделайте спокойный выдох через нос, затем через рот выдыхайте оставшийся воздух в спирометр. Чтобы узнать резервный объем вдоха (РОвд), от ЖЕЛ отнимайте ДО и РОвыд.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.
2. Оцените полученные результаты, сравнив их с должными величинами.

ПРОТОКОЛ

1. Антропометрические данные испытуемого: рост _____ м, масса _____ кг, возраст _____ лет, пол _____ (м/ж).

А, Б) ЖЕЛ стоя = _____ л; ЖЕЛ сидя = _____ л; ЖЕЛ лежа = _____ л

% от ЖЕЛ стоя = _____ %; ДЖЕЛ = _____ л;

ЖЕЛ : ДЖЕЛ·100 % = _____ % (норма 80–120 %).

В) ФЖЕЛ = _____ л; ЖЕЛ – ФЖЕЛ = _____ л (норма до 300 мл)

Г) ДО = _____ мл (норма 300–800 мл, 10–20 % от ЖЕЛ);

РОвыд = _____ мл (норма 800–2000 мл, 20–35 % от ЖЕЛ);

РОвд = _____ мл (норма 1500–3500 мл, 50–66 % от ЖЕЛ);

ЖЕЛ = ДО + РОвыд + РОвд.

2. **Выводы.** Величины ЖЕЛ и легочных объемов (ДО, РОвыд и РОвд) испытуемого _____ (в норме / изменены). Признаки уменьшения проходимости дыхательных путей _____ (выявлены / не выявлены)

Работа 23.4. Пневмотахометрия (пикфлоуметрия)

Пневмотахометрией или пикфлоуметрией называют методику измерения объёмной скорости потока воздуха на вдохе или выдохе. Наиболее распространены приборы — пикфлоуметры, измеряющие максимальную (пиковую) объёмную скорость (ПОС) выдоха.

Принцип метода основан на измерении градиента давлений воздуха по разные стороны сужения в трубке пикфлоуметра. Данный градиент пропорционален величине объёмной скорости движения воздуха.

Ход работы. Переключатель прибора должен быть установлен в положение «выдох». Испытуемый, плотно обхватив загубник трубки пикфлоуметра губами, делает максимальный форсированный (быстрый и сильный) выдох через рот. Результат определяют по максимальному от-

клонению стрелки в пневмотахометре (или смещению ползунка — в портативных пикфлоуметрах).

Для определения объёмной скорости вдоха устанавливают переключатель прибора в положение «вдох» и делают максимальный форсированный вдох через трубку.

Пиковая (максимальная) объёмная скорость выдоха у взрослых составляет **4–10 л/сек**. Для нахождения должной пиковой объёмной скорости выдоха (**ДПОС**) фактическую жизненную ёмкость лёгких умножают на 1,25:

ДПОС = 1,25 × ЖЕЛ = 1,25 × _____ = _____.

Допустимое снижение ПОС от ДПОС не должно превышать 20 %.

Величина ПОС вдоха обычно несколько меньше, чем ПОС выдоха, но должна быть не менее 3 л/сек.

Пневмотахометрия имеет большое значение в диагностике нарушений, вызванных снижением проходимости бронхов — обструктивных нарушений дыхания. При выраженном нарушении проходимости бронхов ПОС выдоха резко снижается.

Полученные результаты:

Пиковая объёмная скорость выдоха, л/с		
должная	**измеренная**	**% отклонения ПОС$_{выд}$ от ДПОС$_{выд}$**

Пиковая объёмная скорость вдоха = _____

Заключение (выявлены ли признаки обструктивных нарушений):

_____

Работа 23.5. Исследование показателей внешнего дыхания с помощью автоматического спирометра МАС-1

Таблица 23.2

135 **Названия основных показателей внешнего дыхания и их сокращения, применяемые в исследованиях внешнего дыхания**

Обозначения		**Ед. изм.**	**Полное название показателя**
международные	**русскоязычные**		
VC	ЖЕЛ	л	Жизненная ёмкость лёгких
FVC	ФЖЕЛ	л	Форсированная жизненная ёмкость лёгких
TV	ДО	л	Дыхательный объём
FEV_1	$ОФВ_1$	л	Объём форсированного выдоха за 1-ю секунду
FEV_1/FVC	$ОФВ_1/ФЖЕЛ$	%	Тест Тиффно = индекс Тиффно
PEF	ПОС	л/с	Пиковая объёмная скорость выдоха
MEF_{25}	$МОС_{25}$	л/с	**М**гновенная **О**бъёмная **С**корость в момент выдоха 25 % ФЖЕЛ
MEF_{50}	$МОС_{50}$	л/с	МОС в момент выдоха 50 % ФЖЕЛ
MEF_{75}	$МОС_{75}$	л/с	МОС в момент выдоха 75 % ФЖЕЛ
MV	МОД	л/мин	Минутный объём дыхания
MVV	МВЛ	л/мин	Максимальная вентиляция лёгких

Материалы и оборудование. Спирометр МАС-1, загубники.

Ход работы.

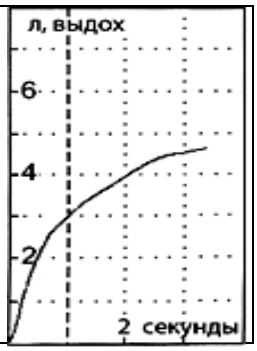
***А.* Определение лёгочных объёмов и ёмкостей.** После появления звукового сигнала готовности испытуемый в течение 30–40 с спокойно дышит в трубку прибора, после чего делает максимально глубокий спокойный вдох, а затем максимально глубокий (не форсированный!) выдох до звукового сигнала, после чего записывается несколько спокойных дыхательных движений.

***Б.* Определение потоковых показателей внешнего дыхания.** Испытуемый после звукового сигнала делает через трубку прибора спокойный вдох, выдох и после нового звукового сигнала производит форсированный максимально глубокий вдох, затем форсированный максимально глубокий выдох (как будто задувает свечи). При этом прибор отслеживает величину объёмной скорости потока воздуха в каждое мгновение дыхательного цикла и выдаёт графики объёмной скорости вдоха и выдоха, ряд расчетных показателей и предварительное заключение о состоянии внешнего дыхания испытуемого.

***В.* Исследование максимальной вентиляции лёгких.** Данный тест позволяет оценить резервы внешнего дыхания по доставке воздуха в лёгкие. После звукового сигнала производите в течение 15 с максимально глубокие и быстрые дыхательные движения, как после быстрого бега. При выполнении исследования необходимо следить за состоянием испытуемого для предотвращения потери сознания. Для анализа состояния функции внешнего дыхания приводятся результаты определения потоковых показателей внешнего дыхания у одного из обследованных.

Таблица 23.3

Показатели	Величина показателя		
	Измеренная	Должная	% от должной
ФЖЕЛ	_____ л[12]	5,25 л	_____
$ОФВ_1$	_____ л	4,16 л	_____
$ОФВ_1$/ФЖЕЛ	_____ %	70–85 %	–
ПОС	7,21 л/с	9,47 л/с	76
$МОС_{25}$	4,74 л/с	8,21 л/с	58
$МОС_{50}$	1,96 л/с	5,27 л/с	37
$МОС_{75}$	0,53 л/с	2,03 л/с	26

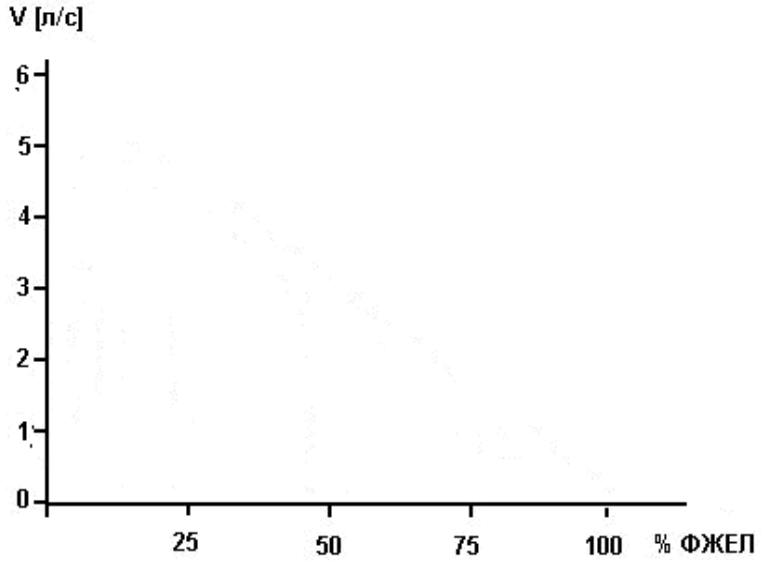


На основании приведенных результатов (ПОС, $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$) постройте кривые «поток – объём» — одну кривую для измеренных величин объёмной скорости потока воздуха, и другую — для должных (нормальных) значений объёмной скорости. Учтите, что в начале и к концу выдоха (100 % ФЖЕЛ) объёмная скорость выдоха равна 0.

[12] Определить по графику справа ФЖЕЛ, $ОФВ_1$ и рассчитать индекс Тиффно.

ПРОТОКОЛ

1. Нарисуйте графики кривых «поток – объем» для измеренных и должных значений (из табл. 23.3)).



2. Вывод: у испытуемого признаки нарушений вентиляции легких _____ _____ (выявлены/не выявлены). В случае выявления нарушения укажите его вид: обструктивный, рестриктивный, смешанный, — путем подчеркивания.

Работа 23.6. Определение состава альвеолярного и выдыхаемого воздуха. Расчет объёма функционального мертвого пространства (демонстрация учебного видеофильма)

Физиологическое (функциональное) мертвое пространство (ФМП) — часть вентилируемого объема легких, (включая дыхательные пути — анатомическое мертвое пространство, и слабо перфузируемые альвеолы) не участвующая в газообмене.

Метод расчета объёма физиологического (функционального) мертвого пространства основан на определении разности содержания CO_2 в выдыхаемом и альвеолярном воздухе. Так как это различие обусловлено наличием мертвого пространства, его величина должна быть прямо пропорциональна разности содержания CO_2. Если принять содержание CO_2 в атмосферном воздухе равным нулю, то предложенная Бором формула для расчета мертвого пространства принимает вид:

$$\textbf{ФМП} = \frac{\textbf{ДО} \times (\%\ CO_{2\ альв} - \%CO_{2\ выд})}{\%\ CO_{2\ альв}},$$

где ДО — дыхательный объём, % $CO_{2\ альв}$ и % $CO_{2\ выд}$ — процентное содержание углекислого газа в альвеолярном и выдыхаемом воздухе, соответственно.

Материалы и оборудование. Анализатор углекислого газа, спирометр, камера (герметичный мешок) для сбора альвеолярного воздуха.

Ход работы. Для получения выдыхаемого воздуха обследуемый должен сделать 5 спокойных выдохов в спирометр, полученный объем разделить на 5. Для расчета частоты дыхания измеряют время выполнения этих 5 дыхательных циклов, затем, исходя из пропорции, рассчитывают: (5 × 60) / время 5 дыхательных циклов.

При помощи газоанализатора измеряется содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Испытуемый выдыхает в камеру (мешок) для сбора воздуха, затем полученный воздух пропускают через газоанализатор и фиксируют результат.

Для определения содержания углекислого газа в альвеолярном воздухе (% $CO_{2\ альв}$) обследуемый должен выдохнуть в камеру для сбора воздуха только последнюю порцию (300–400 мл) резервного объёма выдоха, затем измеряют % CO_2.

В норме величина ФМП составляет 20–35 % от величины ДО, а альвеолярная вентиляция 65–80 % от МОД. Увеличение ФМП свидетельствует о снижении эффективности внешнего дыхания и нарушении нормального соотношения между вентиляцией и перфузией.

ПРОТОКОЛ

ДО = _____ мл; ЧД = _____/мин; МОД = ДО × ЧД = _____ мл/мин.

% CO_2 выд = _____, % CO_2 альв = _____, ФМП = _____ мл.

Отношение ФМП / ДО = _____ % (в норме — 20–35 % от ДО).

Показатель эффективной альвеолярной вентиляции (АВ) обследуемого:

АВ = МОД – (ЧД × ФМП) = _____л/мин.

Заключение. Физиологическое мертвое пространство у испытуемого: _____ (в норме; выше/ниже нормы).

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 24 (6). ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ. ДЫХАНИЕ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗМА.

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Транспорт газов кровью. Транспортные формы O_2 и CO_2. Факторы, влияющие на сродство гемоглобина к O_2 и CO_2. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Кислородная емкость крови и коэффициент утилизации O_2.

2. Дыхание при физической нагрузке, чистым кислородом, при повышенном и пониженном атмосферном давлении. Вентиляционная акклиматизация. Растворимость газов в крови. Понятие о декомпрессионной (кессонной) болезни.

3. Дыхательный центр: представление о его структуре и локализации, его афферентные и эфферентные связи.

4. Рефлекторная регуляция и саморегуляция дыхания. Механизм смены дыхательных фаз. Регуляторное влияние на дыхательный центр со стороны высших отделов головного мозга. Защитные функции дыхательной системы.

5. Гуморальная регуляция дыхания. Периферические и центральные рецепторы. Роль углекислоты в регуляции дыхания. Механизм первого вдоха новорожденного ребенка.

6. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства газовых констант крови (pCO_2, pO_2, pH).

Вопросы для самоподготовки:

1. Чему в среднем равно pO_2 и каково насыщение Hb кислородом в венозной крови?

2. У испытуемого потребление кислорода составляет 250 мл/мин, объём крови — 5 л, содержание Hb — 150 г/л. Рассчитайте количество O_2, которое может содержаться в крови этого человека. На какое время ему хватило бы этого количества кислорода при указанном уровне его потребления?

3. Какие последствия для дыхания будет иметь разрыв спинного мозга на уровне C_1–C_2? C_8–Th_1?

4. Почему в реанимации применяется не чистый кислород, а карбоген — смесь 93–95 % O_2 и 5–7 % CO_2?

5. Рассчитайте объём крови, протекающей через малый круг кровообращения, если содержание кислорода в артериальной крови 20 об%, в смешанной венозной — 15 об%, а потребление O_2 = 300 мл/мин.

6. Как изменится pH крови при гипервентиляции? Как изменится дыхание при алкалозе?

7. Какое действие на дыхательные пути оказывают ацетилхолин, гистамин, адреналин?

8. Чем вызывается увеличение вентиляции лёгких при физической нагрузке?

Нормативы

Диффузионная способность лёгких по кислороду (в покое)	15–30 мл/мин/мм рт. ст.
Напряжение кислорода в артериальной крови, pO_2	85–100 мм рт. ст.
Напряжение CO_2 в артериальной крови, pCO_2	35–45 мм рт. ст.
Оксигенация гемоглобина в артериальной крови	95–98 %
Коэффициент утилизации кислорода (КУК) в покое при физической нагрузке	30–40 % 50–60 %
Объём кислорода, связываемый 1 г гемоглобина	1,34 мл

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 318–338.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 176–186, 190–209.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 24.1. Просмотр учебных видеофильмов

Просмотрите учебные видеофильмы и используйте полученную информацию при выполнении лабораторных работ:

1. Определение объёма физиологического мёртвого пространства (04:28 мин).
2. Картина кислородного статуса крови (10 мин).
3. Пульсоксиметрия (13:32 мин).
4. Тестирование силы дыхательных мышц (07:47 мин).
5. Внешнее дыхание (09:54 мин).

Работа 24.2. Влияние задержки дыхания на насыщение крови кислородом

Такие методы, как пульсоксиметрия и оксигемография, основаны на измерении поглощения света волн определенной длины гемоглобином крови при просвечивании тканей (уха, пальцев и т. д.). Это позволяет непрерывно наблюдать за изменением насыщения гемоглобина кислородом (HbO_2 %), что широко используются в клинической практике, особенно в отделениях интенсивной терапии и реанимации. Чувствительность методов позволяет определить даже снижение HbO_2 на 1–2 %, в то время, как невооруженным глазом цианоз можно увидеть в 50 % случаев при HbO_2 = 90 % (PaO_2 = 57 мм рт. ст.).

Особенно наглядно развитие гипоксемии с помощью пульсоксиметра можно наблюдать при произвольном апноэ (задержке дыхания). При этом заметное снижение сатурации гемоглобина в легких произойдет через 20–30 секунд. Чтобы кровь, оттекающая от легких, достигла датчика, требуется 5–10 секунд, а при нарушении кровообращения — 40 секунд и более. Сюда следует прибавить время (2–15 с) на обновление цифр на мониторе. Таким образом, необходимо время 40–60 секунд (а при плохом кровотоке — до 2 минут) для обнаружения пульсоксиметром гиповентиляции или апноэ, вызванных внезапным событием (перекрытие дыхательных путей, прекращение работы прибора искусственной вентиляции легких и т. д.).

Работа проводится по результатам данных, представленных в учебном фильме «Пульсоксиметрия» (13:32 мин.), результаты приведены в таблице, либо с реальным использованием пульсоксиметра (в этом случае следует внести данные в таблицу и график изменения % HbO_2 строить по ним).

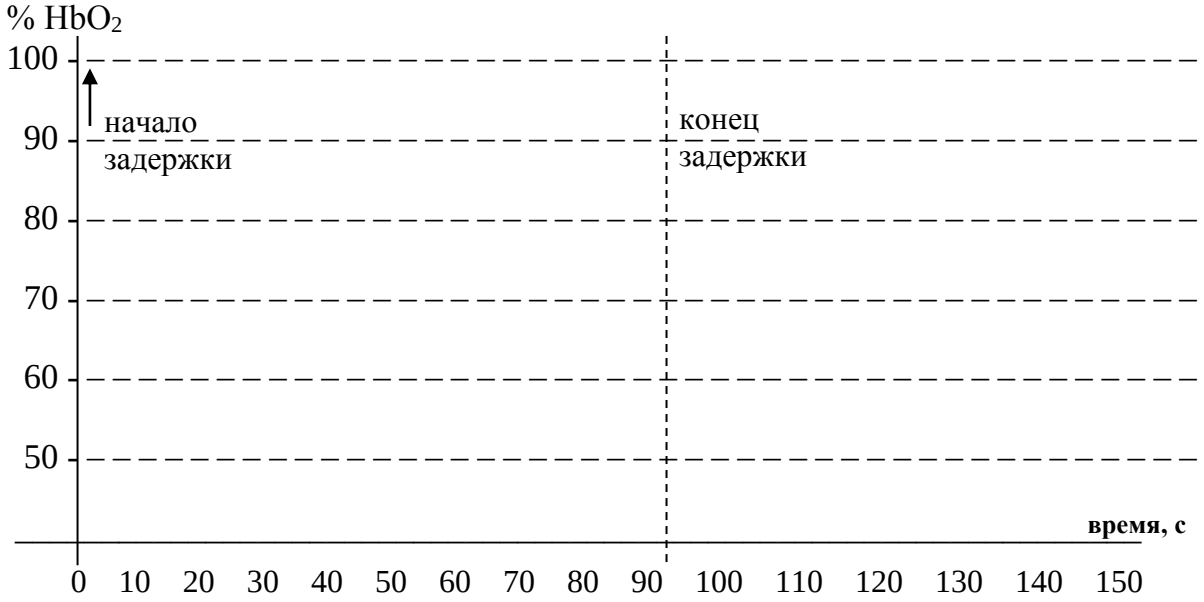
Материалы и оборудование: пульсоксиметр.

Ход работы. Исследование проводят на здоровых людях. При задержке дыхания желательно также зажать нос, для избежания непреднамеренного вдоха. При проведении пробы необходим тщательный контроль за состоянием испытуемого. При резком учащении или ослаблении пульса, появлении аритмии, побледнении или изменении цвета кожных покровов и губ пробу прекращают. Задержка дыхания длится 90 с (1,5 мин). Оксигенация крови регистрируется во время проведения пробы и на протяжении минуты после окончания задержки дыхания.

Результаты (пример данных и результаты ваших собственных измерений):

	Задержка дыхания								**Прекращение задержки**			
Время, с	0	10	20	50	60	70	80	90	100	110	120	150
% HbO_2	96	96	95	92	88	82	76	68	60	85	92	94
% HbO_2												

Полученные результаты представьте в виде графика:



Выводы: По ходу задержки дыхания уровень % HbO_2 начинает изменяться через _____ сек и достигает _____ %.

Насыщение крови кислородом после возобновления дыхания восстанавливается через _____ сек.

Работа 24.3. Моделирование рассогласования вентиляции и кровотока в лёгких, его влияние на показатели газообмена и внешнего дыхания

Работа выполняется с помощью программы «**PhysioLogy»**, которая позволяет моделировать влияние различных факторов на функции гемокардиореспираторной системы и рассчитывать изменения показателей внешнего дыхания, кровотока, транспорта газов кровью и газообмена в организме в зависимости от условий внешней и внутренней среды.

В центре экрана представлена схема вентиляции и кровотока в легких. В ней выделены три зоны по Весту. Видно, что в верхних долях легких вентиляция (40 %) превышает кровоток (25 %), в нижних долях это соотношение обратное. По сторонам схемы распечатаны данные о величине параметров, характеризующих дыхание, газообмен и кровоток.

Показатели, используемые в настоящей работе:

PAO_2 — pO_2 альвеолярного воздуха, 105–110 mmHg.

PaO_2 — pO_2 артериальной крови, 90–100 mmHg.

SaO_2 — насыщение гемоглобина кислородом, 95–99 %.

$PACO_2$ — pCO_2 альвеолярного воздуха, 36–40 mmHg.

$PaCO_2$ — pO_2 артериальной крови, 35–45 mmHg.

$PaCO_2$–$PACO_2$ — разность артериального и альвеол. pCO_2 до 4 mmHg.

VD/VT — отношение ФМП к ДО, до 35 %.
RR — частота дыхания = 9–20 /min.
TV — дыхательный объём, 0,3–0,9 л.
MV — (в данной программе) — альвеолярная вентиляция.
V:Q — отношение вентиляция / кровоток.

А. Возрастание отношения вентиляция/кровоток (↑V/Q) в лёгких может происходить как вследствие увеличения вентиляции (↑V), так и в результате снижения кровотока (↓Q).

Б. Моделирование гипервентиляция лёгких (↑V). В разделе **Respiratory** щелчком левой кнопки мыши замените слово **Variable** на **Fixed.** Затем левой клавишей мыши измените нормальную величину альвеолярной вентиляции (MV), равную 5–5,0 L/min, на большую — 12 L/min. Через 30 с прекратите гипервентиляцию (**File, Pause)**. Внесите в таблицу показатели газового состава альвеолярного воздуха и крови, изменившиеся при гипервентиляции.

В. Моделирование снижения лёгочного кровотока (↓Q) в верхних долях лёгких. Восстановите исходные показатели (**File, Reset**). С помощью правой кнопки мыши постепенно уменьшите кровоток в верхней доле лёгких от значения 25 до 0, что соответствует прекращению кровотока в верхней доле лёгких. Такая ситуация может возникать при резко выраженной гиповолемии, при кровопотере, тромбоэмболии лёгочной артерии и т. д. Остановите процесс через 2 минуты (**File**, **Pause**). (Необходимые показатели уже внесены в таблицу.)

Таблица 24.1

Показатель	**В норме**	**При гипервентиляции через 30 с**	**При остановке кровотока в лёгочной артерии через 2 мин**
PAO_2	107,9 mmHg		123,6 mmHg
PaO_2	100,7 mmHg		106,1 mmHg
SaO_2	96,3 %		96,7 %
$PACO_2$	36,5 mmHg		22,8 mmHg
$PaCO_2$	37,0 mmHg		37,6 mmHg
$PaCO_2 – PACO_2$	0,5 mmHg		14,6 mmHg
VD/VT	25,2 %		50,8 %
pH	7,4		7,37
RR = Част. дых.	10 /min		12/min
TV = ДО	0,62 L		0,80 L
MV = Альв. вент.	4,7 L/min		7,66 L/min
V:Q	0,92		1,42

ПРОТОКОЛ

1. Заполните пропуски, используя стрелки (↑ или ↓) и символы (= или ≈).

При гипервентиляции:

PAO_2 _____, PaO_2 _____, $PACO_2$ _____, $PaCO_2$ _____, $PaCO_2 – PACO_2$ _____,
VD/VT _____, pH _____. SaO_2 _____. V:Q _____.

Снижение лёгочного кровотока приводит к:

PAO_2 _____, PaO_2 _____, $PACO_2$ _____, $PaCO_2$ _____, $PaCO_2 – PACO_2$ _____,
VD/VT _____, pH _____. SaO_2 _____. V:Q _____ .

2. **Ответьте на вопросы:**

1. Как влияет гипервентиляция на состав альвеолярного воздуха и содержание газов в крови? _____

2. Какие неблагоприятные изменения могут происходить в организме в результате избыточной вентиляции лёгких? _____

3. Какие из вышеприведенных показателей наиболее информативны для выявления рассогласования вентиляции и лёгочного кровотока? _____
_____

4. Какие показатели могут использоваться для определения того, что снижение pCO_2 альвеолярного воздуха ($PACO_2$) вызвано гипервентиляцией, а не уменьшением легочного кровотока? _____

Работа 24.4. Тестирование силы дыхательных мышц

Определение силы дыхательных мышц важно для дифференциальной диагностики нарушений внешнего дыхания, вызванных патологией дыхательной системы или связанных со слабостью дыхательных мышц.

Слабость дыхательных мышц может возникать при повреждениях дыхательного центра, при нарушениях проведения возбуждения в нисходящих нервных путях и нервно-мышечных синапсах, а также при заболеваниях самих мышц.

Причинами слабости дыхательных мышц могут быть наследственные и приобретенные заболевания нервной системы, отравления дыхательного центра наркотиками и токсинами, судорожные состояния, дисбаланс уровня электролитов, особенно калия, кальция, магния; нарушения нервно-мышечной передачи при ботулизме, отравлении ФОС, передозировка миорелаксантов; поражение мышц при коллагенозах, миопатии различной природы и т. д.

О силе дыхательных мышц судят по максимальному давлению вдоха (МДВд) и максимальному давлению выдоха (МДВыд). Исходным положением грудной клетки для определения силы мышц вдоха является максимальный выдох, для определения силы мышц выдоха — максимальный вдох.

Нормальные показатели силы дыхательных мышц приведены в табл. 24.2.

Таблица 24.2

Давление	МДВд	МДВыд
Мужчины	40–130 см вод. ст. (4–13 кПа, 30–95 мм рт. ст.)	120–230 см вод. ст. (12–23 кПа, 85–170 мм рт. ст.)
Женщины	30–90 см вод. ст. (3–9 кПа, 20–65 мм рт. ст.)	80–150 см вод. ст. (8–15 кПа, 55–110 мм рт. ст.)

Результаты измерения:

МДВд = _____, МДВыд = _____.

Вывод: Сила мышц вдоха _____, мышц выдоха _____.

Ответьте на вопрос: У юноши величина ЖЕЛ составляет 70 % от нормы, МДВд = 20 см вод. ст., МДВыд = 40 см вод. ст., индекс Тиффно = 70 %. Можно ли на основании этих показателей сделать вывод о наличии у него рестриктивных нарушений? Почему? _____
_____

Работа 24.5. Влияние увеличения напряжения CO_2 в альвеолярном воздухе на внешнее дыхание

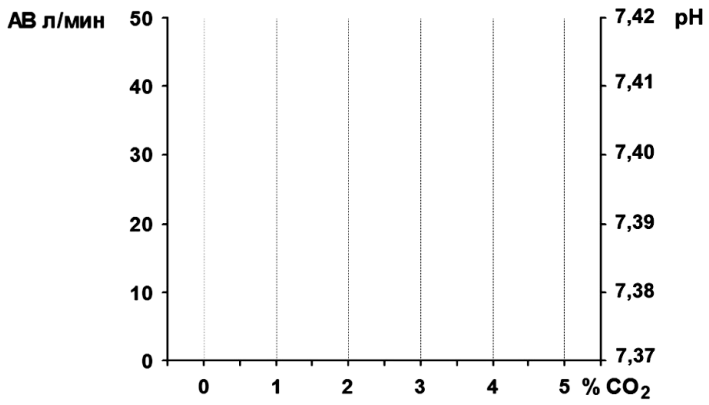
Для работы используется компьютерная программа **PhysioLogy**. Описание программы приведено в работе предыдущего занятия.

Ход работы. Моделирование увеличения pCO_2 альвеолярного воздуха: установите показатель $FiCO_2$ % в разделе **Inspired gas** на 30–40 с на 3 %, затем на 4 % и 5 %. (Исходные значения показателей и их изменения при повышении pCO_2 уже внесены в таблицу.) Постройте графики зависимости величины альвеолярной вентиляции (строка выделена жирным шрифтом) и pH от содержания CO_2 во вдыхаемом воздухе.

Таблица 24.3

Показатель	Содержание CO_2 во вдыхаемом воздухе			
	0 %	**3 %**	**4 %**	**5 %**
$PACO_2$	36,5 мм Hg	37,2	38,8	39,4
$PaCO_2$	37 мм Hg	37,8	39,3	39,7
MV = AB	**4,71 л/мин**	**13,1**	**18,5**	**51,1**
RR-частота	10 /мин	15	18	29
TV = ДО	0,62 л	1,02	1,20	1,93
pH	7,41	7,40	7,39	7,38

Вывод (как влияет повышение содержания CO_2 в альвеолярном воздухе на вентиляцию лёгких и pH крови): _____
_____



Работа 24.6. Модель нервных связей дыхательного центра

Работа проводится с использованием компьютерной программы **«Дыхательный цикл покоя»**.

Запустите программу, щёлкнув один раз левой кнопкой мышки по изображению инспираторного центра. Дождитесь запуска дыхательного цикла и проследите за последовательностью возникновения и передачи возбуждения.

Для повторного просмотра трижды щёлкните левой кнопкой мыши. Выход из программы **Alt** + **F4**.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте схему нервных связей дыхательного центра
2. Укажите стрелками направление передач возбуждения в каждой структуре схемы.

ПРОТОКОЛ **Схема нервных связей дыхательного центра**

ВНИМАНИЕ! К следующему занятию сделайте самостоятельно работу 25.1, внесите данные в протокол.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 25 (7). ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ГЕМОКАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Резервы гемо-кардио-респираторной системы в осуществлении доставки кислорода и питательных веществ, удалении продуктов метаболизма и поддержании изотермии при выполнении различных видов трудовой деятельности.

Вопросы для самоконтроля:

1. В каком физиологическом состоянии (покой, легкая, средняя, тяжелая нагрузка) находится человек, величина МОК которого составляет 26 л/мин?
2. Чему равна кислородная ёмкость крови при Hb 100 г/л? 140 г/л?
3. Содержание Hb 150 г/л, МОК 25 л/мин, КУК 60 %. Рассчитайте МПК.
4. Рассчитайте потребление кислорода миокардом, если коронарный кровоток составляет 500 мл/мин, Hb — 150 г/л, КУК миокарда — 75 %.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 338–344.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. 542 с. С. 133–139.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 25.1. Тест 6 минут ходьбы

Ход работы. В процессе работы измеряется пройденное расстояние за 6 минут интенсивной ходьбы. Расстояние измеряется при помощи одного из известных мобильных приложений для расчета шагов в реальном времени, например, «Шагомер. Счетчик шагов», либо «StepsApp шагомер», либо на стадионе университета, ориентируясь по разметке из расчета 1 полный круг = 400 м. Работа выполняется студентами индивидуально

в течение предшествующей занятию недели. Результаты измерения оцениваются согласно табл. 25.1, устанавливается функциональный класс кровообращения.

Таблица 25.1

Расстояние (в метрах), пройденное за 6 мин	**Функциональный класс кровообращения**
426–550	ФК 1
300–425	ФК 2
150–300	ФК 3
Менее 150	ФК 4

Заключение: Расстояние, пройденное за 6 минут, составило _____ м, что соответствует функциональному классу кровообращения _____.

Работа 25.2. Тест PWC_{170} (велоэргометрия)

Тест PWC_{170} (**P**hysical **W**orking **C**apacity) был предложен Шестрандом (Швеция) для определения физической работоспособности спортсменов.

Физическая работоспособность обследуемого выражается в величине той мощности физической нагрузки, при которой частота сердечных сокращений (ЧСС) достигает 170 уд/мин, так что чем больше мощность нагрузки при данной величине ЧСС, тем больше резервы сердечно-сосудистой системы. Выбор 170 уд/мин обусловлен тем, что между мощностью нагрузки и ЧСС имеется линейная зависимость до достижения ЧСС 170 уд/мин; при более высокой частоте она утрачивается (дальнейшее увеличение ЧСС не приводит к существенному увеличению сердечного выброса из-за снижения наполнения кровью желудочков в укоротившуюся диастолу).

В действительности, благодаря линейному характеру упомянутой зависимости не требуется давать испытуемому нагрузку, приводящую к возрастанию пульса до 170. Достаточно определить ЧСС при двух меньших нагрузках, после чего величину нагрузки, при которой пульс достигнет 170 уд/мин, находят по графику или рассчитывают по формуле.

Ход работы. Тест проводится на велоэргометре у здоровых испытуемых. Тестирование лучше не проводить у лиц с избыточной массой тела. Помещение перед исследованием желательно проветрить.

1. Исходя из массы тела испытуемого определяют первую нагрузку ($\mathbf{N_1}$) по табл. 25.2; для перевода кгм/мин в Ватты величину в кгм/мин делят на 6.

2. Первая нагрузка ($\mathbf{N_1}$) выполняется испытуемым на велоэргометре в течение 5 мин; частота вращения педалей при этом сохраняется постоянной, равной 60 об/мин. В последние 30 с выполняемой нагрузки подсчитывают ЧСС в уд/мин ($\mathbf{F_1}$).

3. Затем следует 3-минутный отдых испытуемого. Исходя из $\mathbf{N_1}$ и ЧСС в конце первой нагрузки рассчитывают величину второй нагрузки ($\mathbf{N_2}$) по таблице табл. 25.3. Вторая нагрузка, как правило, в два раза превышает первую.

4. Испытуемый выполняет вторую нагрузку, частота вращения педалей — 60 об/мин. В последние 30 с выполнения пробы у обследуемого определяют ЧСС в уд/мин — $\mathbf{F_2}$. В норме при 1-й и 2-й нагрузке пульс у испытуемого не достигает 170 уд/мин.

5. Определяют по формуле величину нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин (PWC_{170}):

$$\mathbf{PWC_{170} = N_1 + [(N_2 - N_1) \times (170 - F_1)] / (F_2 - F_1),}$$

где PWC_{170} — мощность физической нагрузки на велоэргометре (кгм/мин); $\mathbf{N_1}$ и $\mathbf{N_2}$ — мощность первой и второй нагрузок (кгм/мин); $\mathbf{F_1}$ и $\mathbf{F_2}$ — ЧСС в конце первой и второй нагрузки (уд/мин).

У здоровых нетренированных мужчин величина PWC_{170} составляет **700–1100 кгм/мин**, у женщин — **450–750 кгм/мин**.

Относительная величина PWC_{170} на 1 кг массы тела у нетренированных людей составляет в среднем: **15,5 кгм/мин×кг** — у мужчин и **10,5 кгм/мин×кг** — у женщин. У спортсменов величина PWC_{170} может достигать 1500–1700 кгм/мин.

Таблица 25.2

Мощность первой нагрузки N_1 для определения PWC_{170} в зависимости от массы испытуемого

Масса тела (кг)	Мощность (кгм/мин) [Вт]*	Масса тела (кг)	Мощность (кгм/мин) [Вт]
59 и меньше	300 [50]	70–74	600 [100]
60–64	400 [67]	75–79	700 [117]
65–69	500 [83]	80 и больше	800 [133]

Таблица 25.3

Мощность второй нагрузки N_2 для определения PWC_{170} в зависимости от ЧСС при первой нагрузке

Мощность работы при первой нагрузке	Мощность работы при второй нагрузке, кгм/мин [Вт]				
	ЧСС при первой нагрузке, уд/мин				
	80–89	90–99	100–109	110–119	120–129
300 [50]	1000 [167]	900 [150]	800 [133]	700 [117]	600 [100]
400 [67]	1100 [183]	1000 [167]	900 [150]	800 [133]	700 [117]
500 [83]	1200 [200]	1100 [183]	1000 [167]	900 [150]	800 [133]
600 [100]	1300 [217]	1200 [200]	1100 [183]	1000 [167]	900 [150]
700 [117]	1400 [233]	1300 [217]	1200 [200]	1100 [183]	1000 [167]
800 [133]	1500 [250]	1400 [233]	1300 [217]	1200 [200]	1100 [183]

ПРОТОКОЛ

Масса тела испытуемого (m): _____ кг. Пол испытуемого _____.

N_1 — _____ кгм/мин, F_1 — _____ уд/мин,

N_2 — _____ кгм/мин, F_2 — _____ уд/мин,

PWC_{170} = $N_1 + [(N_2 - N_1) \times (170 - F_1)] / (F_2 - F_1)$ = _____

_____ = _____ кгм/мин.

Относительная величина PWC_{170} на 1 кг массы тела = PWC_{170}/m =

= _____ = _____ кгм/мин×кг

Вывод: (сравните результаты с нормой, сделайте заключение о физической работоспособности испытуемого) _____

_____

Работа 25.3. Выявление иерархии гомеостатических показателей дыхания и кровообращения (демонстрация видеофильма)

Для выполнения работы использовался комплекс приборов, позволяющий следить за параметрами кровообращения и дыхания испытуемого (велоэргометр, Cardiovit CS-100, «Спиролит», пульсоксиметр, оксигемограф, пневмотахограф, электрокардиограф, тонометр, фонендоскоп, анализатор электрокардиограммы и др.) во время дозированной физической нагрузки.

Нагрузка проводилась в 3 ступени, каждая продолжительностью 4 мин. Мощность 1-й ступени нагрузки 50 Вт, 2-й — 100 Вт и 3-й — 150 Вт. Исследование продолжалось в течение 3 минут после окончания нагрузки. В табл. 25.4 приведены данные, полученные при велоэргометрии.

Таблица 25.4

Показатели дыхания и кровообращения испытуемого при физической нагрузке (возраст — 19 лет, масса тела — 60 кг)

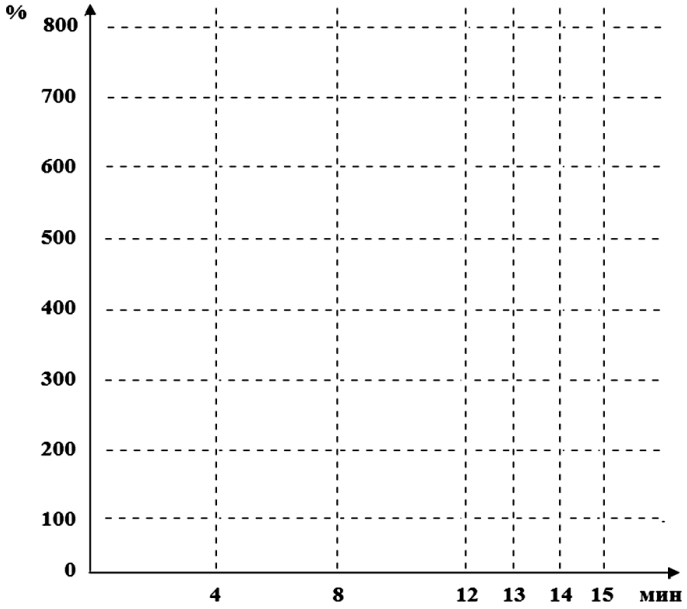
Регистрируемый показатель	Величина регистрируемого показателя						
	исходная	нагрузка, Вт			время после нагрузки, мин		
		50	100	150	первая	вторая	третья
Время, мин	**0**	**4**	**8**	**12**	**13**	**14**	**15**
ЧД	11 **100 %**	17 **155 %**	19 **173 %**	25 **227 %**	22 **200 %**	20 **182 %**	10 **91 %**
ДО	0,6 **100 %**	0,7 **117 %**	1,1 **183 %**	1,2 **200 %**	0,9 **150 %**	0,8 **133 %**	0,7 **117 %**
ЧСС (уд/мин)	82 **100 %**	96 **117 %**	139 **169 %**	166 **202 %**	158 **193 %**	124 **151 %**	95 **116 %**
АД сис/диа (мм рт. ст.)	130/80 **100 %**	140/80 **108 %**	150/80 **115 %**	170/80 **131 %**	165/80 **127 %**	150/80 **115 %**	135/80 **104 %**
VO_2 (мл/мин)	300 **100 %**	1100 **367 %**	2000 **667 %**	2500 **833 %**	900 **300 %**	600 **200 %**	300 **100 %**

Окончание табл. 25.4

Регистрируемый показатель	Величина регистрируемого показателя						
	исход-ная	нагрузка, Вт			время после нагрузки, мин		
		50	100	150	первая	вторая	третья
HbO_2 (%)	96 **100 %**	94 **98 %**	95 **99 %**	95 **99 %**	96 **100 %**	96 **100 %**	96 **100 %**
pO_2 (мм рт. ст.)	95 **100 %**	90 **95 %**	93 **98 %**	93 **98 %**	95 **100 %**	95 **100 %**	95 **100 %**

Сокращения: **ЧД** — частота дыхания; **ДО** — дыхательный объём; **VO_2** — потребление кислорода; **HbO_2 %** — содержание оксигемоглобина в крови; **pO_2** — напряжение кислорода в артериальной крови (определяется по HbO_2 % и кривой диссоциации оксигемоглобина); **ЧСС** — частота сердечных сокращений; **АД** — артериальное давление.

Задание. По данным таблицы постройте графики, отражающие динамику изменения исследуемых показателей (в % к исходным значениям) под влиянием нагрузки. Исходная величина всех показателей принимается за 100 %.



Не забудьте указывать, какой график какому показателю соответствует!

ПРОТОКОЛ

На основе анализа полученных данных ответьте на вопросы:

1. Какие из исследованных физиологических показателей в наибольшей степени изменяются при физической нагрузке? _____

2. Какие из исследованных показателей наименее изменчивы на фоне выполнения физической работы? _____

3. Какие из исследованных показателей являются важнейшими для организма при выполнении интенсивной нагрузки (поддерживается на постоянном уровне)? _____

Работа 25.4. Расчет максимального кислородного пульса и МПК

Имеются два пути исследования резервов кардиореспираторной системы. Первый из них — это проведение тестов с выполнением предельных физических нагрузок и определение максимального потребления кислорода, минутного объёма кровотока и т. д. Такой метод дает достоверные данные о резервах исследуемых систем. Однако даже для здоровых людей такие нагрузки небезопасны, для больных же они недопустимы. Поэтому в клинической практике преимущественно применяются тесты, использующие второй, расчетный путь, который при минимальных физических нагрузках позволяет с достаточной точностью вычислять резервы дыхания и кровообращения.

При велоэргометрическом тестировании, выполненном в предыдущей работе, применена умеренная, щадящая физическая нагрузка. По полученным в этой работе данным рассчитаем ряд показателей, характеризующих функциональные возможности кардиореспираторной системы испытуемого.

***А*. Определение максимального кислородного пульса**

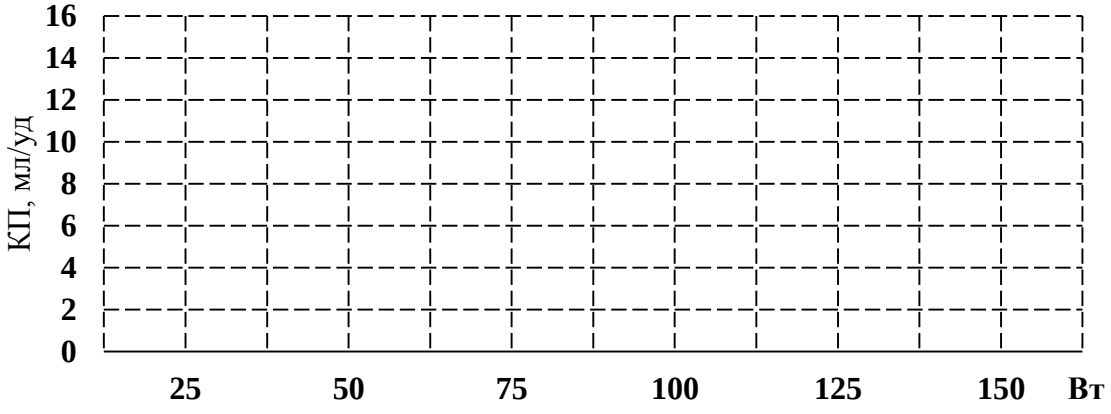
Показатель кислородного пульса (КП) характеризует объём кислорода, потребляемый из систолического (ударного) объёма крови.

$$\textbf{КП}\ (\text{мл/удар}) = \mathbf{V_{O2}\ /\ ЧСС},$$

где V_{O2} — объём кислорода, потребляемого организмом в минуту (мл/мин); ЧСС — частота сердечных сокращений (уд/мин).

Рассчитайте кислородный пульс при нагрузке и постройте график:

Показатель	До нагрузки 0 Вт	1-я ступень 50 Вт	2-я ступень 100 Вт	3-я ступень 150 Вт
VO_2, мл/мин	300	1100	2000	2500
ЧСС, уд/мин	82	96	139	166
КП, мл/уд				



Аппроксимируя кривую нарастания кислородного пульса (до перехода в горизонталь), определите величину ***максимального*** кислородного пульса.

$КП_{max}$ = _____ мл/удар.

Таблица 25.5

Нормальные величины максимального кислородного пульса в зависимости от возраста человека

Возраст (лет)	КП, мл/удар
18–19	17,1
20–40	**16,8**
41–50	15,6
51–60	13
Старше 60	11
У спортсменов	До 26
У больных ИБС	Менее 10

Заключение: (оцените величину максимального КП у 25-летнего испытуемого): _____.

***Б*. Расчет максимального потребления кислорода (МПК)**

Для расчета МПК используют формулу:

$$\textbf{МПК} \text{ (мл)} = \textbf{КП}_{max} \times \textbf{ЧСС}_{max},$$

где $КП_{max}$ — максимальный кислородный пульс (определен выше); $ЧСС_{max}$ — частота сокращения сердца, при которой достигается предел насосной функции сердца. Расчет $\textbf{ЧСС}_{max}$ проводят по формуле: **220 – возраст (полных лет)**.

$\textbf{ЧСС}_{max}$ **испытуемого** = 220 – возраст (полных лет) =
= 220 – ___ = ___ /мин.

МПК испытуемого = $КП_{max} \times ЧСС_{max}$ = ___ × ___ = _____ мл/мин.

Определите удельное МПК на килограмм массы тела испытуемого:

МПК, мл/кг/мин = МПК / 70 (кг) = _____ = _____ мл/кг/мин.

МПК оценивают с помощью таблиц, разработанных для спортсменов, здоровых нетренированных и больных людей (табл. 25.6).

Для оценки степени снижения резервов сердечно-сосудистой системы в клинике используется понятие четырёх функциональных классов (табл. 25.7).

По величине МПК рассчитывают допустимые уровни интенсивности нагрузок (трудовых, тренировочных и т. д.). Считается, что в течение рабочего дня энергозатраты на физическую активность не должны превышать 25–35 % от уровня максимальной аэробной мощности, т. е. МПК.

Таблица 25.6

МПК и его оценка у нетренированных здоровых людей (по В. Л. Карпману и соавт., 1988)

Оценка МПК	Величина МПК (мл/кг/мин)	
	мужчины до 25 лет	**женщины 20–29 лет**
Очень высокое	55	44
Высокое	49–54	38–44
Среднее	**39–48**	**31–37**
Низкое	33–38	24–30
Очень низкое	33	24

Таблица 25.7

Функциональный класс сердечно-сосудистой системы по тесту МПК

Функциональный класс	Потребление O_2 мл/кг/мин	Потребление O_2 (МЕТ[13])	Работоспособность
1	Больше 21	7–16	Практически без ограничений
2	Больше 14–21	5–7	Умеренные ограничения
3	Больше 7–14	2–5	Значительно ограничена
4	Меньше 7	1–2	Полная нетрудоспособность

Заключение: МПК испытуемого _____.

Функциональный класс сердечно-сосудистой системы: ФК _____.

Работоспособность испытуемого _____.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

[13] МЕТ — это условная единица, принятая на основе определения среднего поглощения человеком кислорода в состоянии покоя на 1 кг массы тела в минуту. 1 МЕТ = 3,5 млO_2/кг/мин (около 250 мл O_2/мин или 1 ккал/кг/ч). Использование МЕТ позволяет оценить отношение уровня метаболизма человека во время физической активности к уровню его метаболизма в состоянии покоя. Установлено, что по сравнению с человеком в состоянии покоя умеренно активный человек расходует в 3–6 раз больше энергии (3–6 МЕТ), а высоко активный человек — более чем в 6 раз (> 6 МЕТ).

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 26 (8). ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ» И «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»

Основные вопросы:

1. Проводящая система сердца. Строение, физиологические свойства и функции. Современное представление о субстрате, природе и градиенте автоматии.
2. Сократительный миокард. Строение, физиологические свойства и функции. Законы сокращения сердца.
3. Потенциалы действия клеток пейсмекера и типичных кардиомиоцитов. Соотношение возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда.
4. Сердечный цикл. Последовательность фаз и периодов сердечного цикла, их характеристика.
5. Электрические проявления сердечной деятельности. Общий план анализа и критерии нормы ЭКГ. Понятие об экстрасистолах.
6. Тоны сердца, их происхождение. Поликардиография, соотношение ЭКГ и ФКГ.
7. Саморегуляция деятельности сердца. Ударный и минутный объем крови, их зависимость от величины венозного возврата (закон Старлинга) и сосудистого сопротивления (феномен Анрепа).
8. Гуморальная регуляция деятельности сердца.
9. Рефлекторная регуляция деятельности сердца. Характеристика влияния парасимпатических и симпатических нервных волокон и их медиаторов на деятельность сердца. Рефлекторные изменения работы сердца, в том числе при врачебных манипуляциях в полости рта.
10. Основные законы гемодинамики. Функциональная классификация различных отделов сосудистого русла. Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам.
11. Кровяное давление, его роль, факторы, определяющие его величину. Виды кровяного давления. Изменение АД при врачебных манипуляциях в полости рта, при изменениях положения тела в пространстве.
12. Линейная и объемная скорости движения крови в различных отделах сосудистой системы, факторы, их обусловливающие. Давление крови в различных отделах сосудистой системы.
13. Артериальный пульс, его происхождение. Клинико-физиологические характеристики пульса. Анализ сфигмограммы.

14. Капиллярный кровоток и его особенности. Микроциркуляция и ее роль. Механизмы обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями. Микроциркуляция в тканях полости рта. Образование лимфы, ее функции.

15. Тонус сосудов. Рефлекторная регуляция тонуса сосудов. Сосудодвигательный центр, его афферентные и эфферентные связи.

16. Гуморальная регуляция тонуса сосудов.

17. Понятие о нормальных величинах АД. Функциональная система, обеспечивающая регуляцию системного артериального давления.

18. Дыхание. Роль системы дыхания в организме. Основные этапы дыхания. Биомеханика вдоха и выдоха.

19. Давление в плевральной полости, его происхождение и роль в механизме вентиляции легких. Показатели вентиляции легких.

20. Газообмен в легких. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Газообмен между альвеолами и кровью, кровью и тканями. Парциальное давление O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и напряжение газов в артериальной и венозной крови, в тканях и в клетках.

21. Транспорт газов кровью. Транспортные формы O_2 и CO_2. Факторы, влияющие на сродство гемоглобина к O_2 и CO_2. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Кислородная емкость крови и коэффициент утилизации O_2.

22. Дыхательный центр: представление о его структуре и локализации, его афферентные и эфферентные связи.

23. Рефлекторная саморегуляция дыхания. Механизм смены дыхательных фаз. Регуляторное влияние на дыхательный центр со стороны высших отделов головного мозга.

24. Гуморальная регуляция дыхания. Роль углекислоты. Механизм первого вдоха новорожденного ребенка.

25. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства газовых констант крови (P_{CO_2}, P_{O_2}, pH).

26. После изучения разделов «Физиология кровообращения» и «Физиология дыхания» студент должен знать:

– общий план анализа электрокардиограммы (ЭКГ);

– показатели нормо-, тахи- и брадикардии;

– показатели давления крови в различных отделах сосудистой системы;

– изменение показателей АД при врачебных манипуляциях в полости рта, при изменениях положения тела в пространстве;

– показатели внешнего дыхания взрослого человека;

должен уметь:

– определять по ЭКГ следующие показатели: ЧСС, ритмичность, амплитуды зубцов и продолжительности интервалов, источник возбуждения, функцию проведения возбуждения;

– определять частоту и ритмичность сердечных сокращений по пульсу;

– измерять артериальное давление крови (АД) автоматизированными и ручными методами и оценивать полученный результат;

– определять ЖЕЛ методом спирометрии и оценивать полученный результат;

– проводить анализ спирограммы, кривой поток-объем.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 235–344.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 6–209.

Примечания:	**Тема раздела зачтена:**

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 7. ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 27 (9). ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ. РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Пищеварение и его значение. Функции желудочно-кишечного тракта. Общие закономерности строения и характерные особенности регуляции в различных отделах пищеварительной трубки. Суточные объёмы секреции и всасывания жидкости в различных отделах ЖКТ. Типы пищеварения.
2. Физиологические механизмы формирования чувства голода и насыщения. Пищевые мотивации. Нейрогуморальные механизмы регуляции пищевого поведения. Условнорефлекторная регуляция пищевого поведения, пищевые привычки.
3. Пищеварение в полости рта. Глотание, его фазы. Рефлекторная регуляция глотания. Функциональная связь процессов дыхания, жевания, глотания и речи.
4. Пищеварение в желудке. Состав и свойства желудочного сока. Роль HCl. Фазы и механизмы регуляции желудочной секреции. Влияние пищевых режимов на желудочную секрецию.
5. Пищеварение в 12-перстной кишке. Внешнесекреторная деятельность поджелудочной железы. Состав и свойства сока поджелудочной железы. Регуляция панкреатической секреции. Влияние пищевых режимов на секрецию поджелудочной железы.
6. Функции печени, роль печени в пищеварении. Состав, свойства и функции желчи. Регуляция образования желчи, выделения ее в 12-перстную кишку.
7. Полостной и мембранный гидролиз пищевых веществ в тонком кишечнике. Моторная деятельность тонкой кишки и ее регуляция.
8. Всасывание веществ в различных отделах пищеварительного тракта. Виды и механизмы всасывания.
9. Пищеварение в толстом кишечнике. Значение микробиоты толстого кишечника для организма. Моторная деятельность толстого кишечника и ее регуляция. Формирование каловых масс. Дефекация и ее регуляция.
10. Пищеварительные функции и двигательная активность человека (влияние гипо- и гиперкинезии). Защитные функции системы пищеварения. Рвота.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему при сильном волнении, испуге ощущается сухость во рту, а при ощущении тошноты, головокружения слюноотделение усиливается?
2. К каким последствиям приведет длительная гипосаливация?
3. Назовите факторы, усиливающие выделение гастрина в желудке.
4. От каких факторов зависит скорость эвакуации желудочного содержимого в двенадцатиперстную кишку?
5. Почему при поступлении кислого химуса из желудка в двенадцатиперстную кишку его эвакуация из желудка тормозится?
6. Какие факторы (гуморальные, пищевые и др.) стимулируют образование и выделение желчи?
7. К каким последствиям приводит прекращение поступления желчи в кишечник?
8. В каком отделе ЖКТ происходит всасывание витамина B_{12}?
9. Какой общий механизм транспорта используется для всасывания в тонком кишечнике аминокислот, глюкозы, галактозы, желчных кислот?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 345–371.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 209–278.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 27.1. Сиалометрия

Сиалометрия — это количественное определение объема выделенной слюны. Слюну следует собирать через 1,5–2 часа после еды или натощак (после ночного перерыва в приеме пищи); кроме того, перед следует воздержаться от жевания жевательной резинки, курения, чистки зубов, полоскания полости рта, питье и т. п. Сам тест следует проводить в спокойном месте.

Для измерения количества выделяемой слюны применяют сиалометр или хорошо калиброванный мерный цилиндр. Сиалометр — это специально сконструированный и повторно используемый инструмент, с помощью которого собирают как стимулированную слюну, так и слюну в покое в один сосуд. В противном случае используют 2 мерных цилиндра (пробирки) емкостью примерно на 12 мл, калиброванные с точностью 0,1 мл и 2 воронки.

Материалы и оборудование: 4 градуированные пробирки, 2 воронки, секундомер, жевательная резинка (студенты берут с собой).

Ход работы.

Сбор смешанной слюны в состоянии покоя (нестимулированной). Пациента усаживают, просят опустить голову и сидеть в таком положении, не глотать слюну или двигать языком и губами во время всего периода сбора слюны. Слюна аккумулируется в полости рта в течение 2 мин, затем пациента просят сплюнуть все содержимое полости рта в приемный сосуд. Процедуру сбора проводят еще 2 раза так, чтобы общее время сбора составляло 6 минут. Скорость слюноотделения, выраженная в мл/мин, составляет общий объем собранной слюны, деленный на шесть.

Сбор стимулированной смешанной слюны. Испытуемого просят жевать резинку, а затем через 30 секунд проглотить всю слюну, накопившуюся в полости рта. После этого следует продолжать жевать резинку в течение 2 мин, точно засекая время; аккумулированную слюну сплевывают в приемный сосуд. Процедуру проводят еще 2 раза. Объем слюны определяют по делениям сосуда и вычисляют скорость в мл/мин. Оценка результата производится по нормативам, приведенным в табл. 27.1.

Таблица 27.1

	Нестимулированное выделение слюна	**Стимулированное выделение слюны**
Нормосаливация	0,1–2,0 мл/мин	0,5–6,0 мл/мин
Гипосаливация	Менее 0,1 мл/мин	Менее 0,5 мл/мин
Гиперсаливация	Более 2,0 мл/мин	Более 6,0 мл/мин

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте скорость саливации и занесите в протокол полученные результаты.
2. Сделайте заключение о скорости выделения слюны у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Скорость выделения слюны: нестимулированной _____ мл/мин,
стимулированной _____ мл/мин.

Вывод. У испытуемого _____ (нормо-, гипо- или гиперсаливация)

Работа 27.2. Действие α-амилазы (птиалина) слюны на крахмал

Под воздействием α-амилазы (птиалина) разрушаются α-1,4-гликозидные связи в молекуле крахмала пищи и в качестве продуктов гидролиза образуются мальтоза, мальтотриоза и α-декстрины. Ферментативная активность α-амилазы проявляется в широком диапазоне pH (от 3,8 до 9,4), но оптимальная активность достигается при нейтральных значениях pH.

***Материалы и оборудование*:** 4 пробирки, воронка, пипетки, штатив для пробирок, водяная баня (термостат на 37°), лед, крахмальный клейстер (1%-ный раствор вареного крахмала), 5%-ный раствор йода или раствор Люголя, 2%-ный раствор HCl, дистиллированная вода, лакмусовая бумага.

Ход работы. Соберите слюну (см. предыдущую работу). Разбавьте ее водой в соотношении 2 : 1 (две части слюны). В каждую пробирку налейте по 2 мл разбавленной слюны.

Пробирку № 1 поставте в штатив (контроль), пробирку № 2 нагрейте на спиртовке до кипения и охладите; в пробирку № 3 добавьте 1–2 капли 2 % HCl. С помощью лакмусовой бумаги определите pH. Затем во все пробирки (№ 1–4) добавьте по 1 мл крахмального клейстера. После многократного встряхивания пробирки 1, 2, 3 поместите в водяную баню (37°) на 15 минут, а пробирку № 4 — в стакан со льдом. По истечении необходимого времени во все пробирки внесите 1–2 капли раствора йода (йод окрашивает крахмал в синий цвет). Обратите внимание на цвет раствора.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу.

2. В выводе сделайте заключение об условиях, в которых осуществляется гидролиз крахмала под воздействием α-амилазы слюны.

ПРОТОКОЛ

№ пробирки	Содержимое пробирки	t °C	Цвет содержимого пробирки после добавления раствора Люголя	Гидролиз крахмала + или –
1	1 мл слюны +1 мл раствора крахмала	37		
2	1 мл прокипяченной слюны + 1 мл раствора крахмала	100		
3	1 мл слюны + 0,5%-ный раствор HCl + 1 мл раствора крахмала	37		
4	1 мл слюны + 1 мл раствора крахмала	0		

Вывод. Ферментативная активность α-амилазы слюны проявляется при t° _____ и pH раствора _____.

Работа 27.3. Амилазная активность плазмы крови

В физиологических условиях в плазме крови имеется некоторое количество активной α-амилазы, которая представлена на 40 % панкреатической α-амилазой и на 60 % α-амилазой слюнных желез. Активность α-амилазы в сыворотке (плазме) крови изменяется под влиянием приема

пищи (днем она выше, чем ночью). Уровень α-амилазы в плазме крови может повышаться при наличии воспалительного процесса в поджелудочной железе (острый панкреатит или обострение хронического панкреатита), либо слюнных железах (паротит).

Материалы и оборудование: пробирка с 2 мл плазмы крови, 1%-ный раствор крахмала, раствор Люголя, пипетки, водяная баня.

Ход работы. В пробирку с плазмой крови добавьте 1 мл раствора крахмала и инкубируйте полученную смесь в водяной бане 20 минут при температуре 38 °С. По окончании инкубации добавьте в пробирку 1 каплю раствора Люголя и следите за изменением цвета содержимого пробирки. При оценке результата помните, что йод, содержащийся в растворе Люголя, окрашивает растворы крахмала в синий цвет.

Указания к оформлению протокола:

1. В протоколе укажите, произошло или нет окрашивание раствором Люголя содержимого пробирки после инкубации.

2. Сделайте заключение о наличии или отсутствии в плазме крови фермента α-амилазы. Укажите источники ее поступления в кровь.

ПРОТОКОЛ

1. При добавлении 1 капли раствора Люголя в пробирку (после 20-минутной инкубации ее содержимого на водяной бане) окрашивание раствора в синий цвет _____ (произошло/не произошло).
2. В плазме крови _____ (имеется/не имеется) фермент α-амилаза, гидролизующий крахмал.
3. Источники поступления α-амилазы в кровь:
а) _____; б) _____

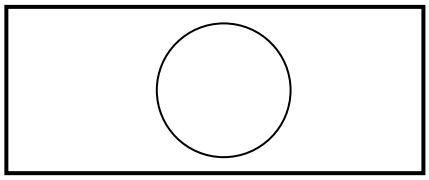
Работа 27.4. Влияние желчи на жиры

Материалы и оборудование: предметные часовые стекла, лупа, стеклянные палочки, желчь, растительное масло, дистиллированная вода, ёмкость для сбора отработанного материала.

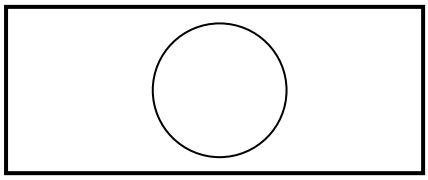
Ход работы. Возьмите два предметных стекла, на каждое нанесите по 2 капли воды и растительного масла. К капле воды с маслом на одном из стёкол добавьте каплю желчи. Стеклянной палочкой тщательно перемешайте сначала каплю без желчи, потом с желчью, не допуская попадания желчи во вторую каплю. Рассмотрите содержимое обеих капель под лупой.

Указания к оформлению протокола: нарисуйте, как распределяется жир в каплях воды без добавления и с добавлением желчи, сделайте выводы.

ПРОТОКОЛ



1 А (масло + вода)



1 Б (масло + вода + желчь)

Вывод (опишите, как влияет желчь на состояние жира и механизм этого явления): _____
_____

Работа 27.5. Пристеночное пищеварение

Материалы и оборудование: участок тонкой кишки крысы, пробирки, штатив, стеклограф (восковой мелок), стеклянная и пластиковая палочки, нитки, ножницы, водяная баня, раствор Рингера, раствор Люголя, раствор варёного крахмала, пипетки, ёмкость для сбора отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. В две пробирки налейте по 1 мл раствора Рингера и раствора крахмала. При помощи пинцета оденьте участок тонкой кишки на палочку. В нижней части привяжите кишку ниткой к палочке и при помощи пинцета выверните кишку, потянув её за свободный край. В одну из пробирок погрузите привязанный лигатурой к палочке вывернутый участок тонкого кишечника крысы. Обе пробирки поставьте в водяную баню на 30 мин при температуре 38 °С, по окончании инкубации извлеките кишку из пробирки, а затем в обе пробирки внесите по 1–2 капле раствора Люголя.

ПРОТОКОЛ

1. Отметьте, как изменился цвет раствора в пробирках _____
2. **Вывод:** (укажите, где произошёл гидролиз крахмала и объясните механизм): _____
_____

Работа 27.6. Влияние нейромедиаторов симпатической нервной системы на перистальтику тонкого кишечника и анализ нейромедиаторных механизмов проведения возбуждения на гладкие мышцы кишечника (демонстрационная компьютерная работа)

Ход работы. Запустите программу **Fink**, с помощью клавиш **Enter** и **Esc** войдите в программу, далее выберите **Introduction → Enter → Page**

Down (страница 2) и познакомьтесь с иннервацией участка тонкой кишки и локализацией электродов для электрической стимуляции на постганглионарном симпатическом нерве. Затем через команды **Esc → Method → Enter → Page Down** (страница 2) познакомьтесь с условиями проведения опыта на изолированном участке тонкой кишки. Далее моделируйте проведение эксперимента командами: **Esc → Experiments.**

2. Nerve Stimulation

1. Frequency Response

F_5-25.0 Hz (stimulation) (зарисовать результат в протокол, рис. 1 Б);

Esc → Atropine, 2 μg/ml (зарисовать результат в протокол, рис. 2 А);

Esc → Propranolol, 20 μg/ml (зарисовать результат в протокол, рис. 2 Б);

Esc → Phentolamine, 200 μg/ml (зарисовать результат в протокол, рис. 2 В);

Esc → 1. Adrenergic Drugs

Noradrenaline

Dose response

F_5 (54 μg/ml) (зарисовать результат в протокол, рис. 1 В);

Закончить моделировать эксперимент и выйти из программы с помощью клавиш **Quit → Q → Enter**.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте:

– исходную перистальтику участка тонкой кишки (рис. 1 А),

– изменения перистальтики участка тонкой кишки после электрической стимуляции симпатического нерва, ее иннервирующего (рис. 1 Б);

– изменения перистальтики после введения в раствор для перфузии норадреналина (рис. 1 В);

– изменения перистальтики после введения атропина (блокатор М-холинорецепторов) и последующей стимуляции симпатического нерва;

– изменения перистальтики после введения пропранолола (блокатор β-адренорецепторов) и последующей стимуляции симпатического нерва

– изменения после введения фентоламина (блокатор α-адренорецепторов) и последующей стимуляции симпатического нерва.

2. В выводе сделайте заключение о влиянии симпатических нервов на перистальтику тонкого кишечника и укажите, какой нейромедиатор выделяется из постганглионарных симпатических волокон, и каким типом рецепторов опосредуется действие нейромедиатора на гладкие мышцы тонкого кишечника.

ПРОТОКОЛ

1 А (исходная)	1 Б (симп. стимуляция)	1 В (норадреналин)

2 А (атропин)	2 Б (пропранолол)	2 В (фентоламин)

Вывод: симпатические нервы _____ перистальтику тонкой кишки посредством воздействия медиатора _____ на ___ тип _____ рецепторов.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ПИТАНИЕ. ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 28 (10). ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ. РЕГУЛЯЦИЯ МАССЫ ТЕЛА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Понятие об обмене веществ в организме. Характеристика процессов анаболизма и катаболизма, их взаимосвязь. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни. Незаменимые для организма вещества.

2. Пластическая и энергетическая роль белков, жиров и углеводов. Понятие нормальной потребности в питательных веществах.

3. Основной обмен, величина и факторы, его определяющие. Методы определения энергозатрат организма (прямая и непрямая калориметрия, расчет по таблицам и формулам).

4. Энергетический баланс организма. Рабочий обмен. Специфическое динамическое действие пищи. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности. Методы расчета (определения) общего обмена.

5. Нормы питания в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Принципы здорового питания. Принципы расчета суточной потребности в питательных веществах и их группах на основе величины общего обмена организма.

6. Масса тела как объективный показатель баланса прихода и расхода энергии. Понятие о норме массы тела и ее регуляции. Физиологические основы повышения двигательной активности для снижения избыточной массы тела.

7. *Расчет должных величин основного обмена по таблицам и формулам.*

8. *Расчет величины общего обмена.*

9. *Составление пищевого рациона на основе расчета величин общего обмена и с учетом принципов здорового питания.*

10. *Расчет индекса массы тела и величины должной массы тела. Понятие нормы массы тела, гипотрофии, избыточной массы тела, ожирения.*

Вопросы для самоконтроля:

1. Рассчитайте калорийность продукта, содержащего 3 г белка, 3 г жира и 6 г углеводов на 100 г массы.

2. В чем различия белкового минимума, белкового оптимума и коэффициента изнашивания?

3. Определите, какое количество белков, жиров и углеводов необходимо употреблять в пищу в течение суток женщине в возрасте 26 лет (рост 166 см, вес 68 кг, занята умственным трудом). Правильно ли составлен её пищевой рацион, если в течение суток она потребляет 52 г белка (12 г — животного происхождения) и 230 г углеводов (10 г — легкоусвояемых), из них на завтрак и обед приходится 165 г углеводов?

4. Рассчитайте индекс массы тела человека 24 лет (рост 172 см, вес 82 кг) и оцените массу его тела. Дайте (при необходимости) рекомендации по коррекции массы тела.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа 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. С. 372–394.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 278–321.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 28.1. Оценка массы тела (МТ)

МТ — важный показатель физического развития человека во все возрастные периоды. Для поддержания стабильной МТ у взрослого человека поступление энергии в организм должно равняться ее затратам. Повышение МТ является одним из важнейших факторов риска потери здоровья и развития сердечно-сосудистых, эндокринных и онкологических заболеваний. Ее понижение также является фактором риска снижения уровня соматического и генетического здоровья, однако, чаще встречается как симптом уже начавшегося заболевания. МТ следует измерять еженедельно. В случае увеличения или снижения ее при отсутствии отеков необходимо внести соответствующую поправку в количество поступающих с пищей калорий. Незначительные колебания массы тела отражают в основном изменения водного баланса.

***Материалы и оборудование*:** рычажные или электронные весы, ростомер (стадиометр).

Ход работы. Измерьте рост испытуемого с помощью ростомера (методику измерения смотрите в практикуме прошлого семестра «Общая физиология» в работе № 11.1). С помощью рычажных или электронных весов (с точностью до 100 г) произведите измерение величины массы тела испытуемого. Взвешивание лучше производить натощак, в легкой одежде, без обуви (и без носков на электронных весах). Из полученной величины вычтите вес одежды (0,5 кг).

Оценка результатов измерения проводится путем сравнения измеренной величины МТ с рассчитанной должной МТ (ДМТ) для данного человека, а также с помощью весоростового индекса. ДМТ зависит от роста, пола, возраста, типа конституции и некоторых других факторов. Для определения ДМТ существует множество методов: формулы, номограммы, таблицы и т. п. Наиболее простой способ определения ДМТ связан с ее расчетом по формуле Брока–Бругша:

ДМТ = Рост (см) – 100 (при росте до 165 см);

ДМТ = Рост (см) – 105 (при росте от 166 до 175 см);

ДМТ = Рост (см) – 110 (при росте свыше 175 см).

Формулы для расчета ДМТ в зависимости от роста и пола человека:

ДМТ (мужчин) = 48 + (Рост (см) – 152)·1,1 кг/см;

ДМТ (женщин) = 48 + (Рост (см) – 152)·0,9 кг/см.

При астеническом типе сложения ДМТ может быть уменьшена на 10 %, при гиперстеническом телосложении — может быть увеличена на 10 %. Обязательным является также учет возраста человека. После 30 и до 50 лет ДМТ может быть увеличена на 3–13 % к ДМТ в 20 лет.

Опасность для здоровья представляет как повышенная, так и пониженная МТ. **Повышение МТ** человека по сравнению с ДМТ:

– на 15–29 % свидетельствует об ожирении I степени;
– на 30–49 % свидетельствует об ожирении II степени;
– на 50–100 % свидетельствует об ожирении III степени;
– свыше 100 % свидетельствует об ожирении IV степени.

Пониженная МТ человека по сравнению с ДМТ

– на 10–20 % означает слабую степень белково-энергетической недостаточности (БЭН) рациона;
– на 21–30 % означает умеренную степень (БЭН) рациона;
– на 31–40 % означает тяжелую степень (БЭН) рациона;
– свыше 40 % означает кахексию.

Оценка МТ с помощью расчета весоростового индекса (табл. 28.1) — индекса массы тела (ИМТ). ИМТ рассчитывается по формуле: **ИМТ = = $МТ_{кг}/(Рост_{м})^2$**. В соответствии с полученным ИМТ можно оценить степень риска развития сопутствующих заболеваний. Оценку содержания жира в организме проводите согласно данных табл. 28.2.

Таблица 28.1

Индекс массы тела (ИМТ) и понятия нормы и массы тела (МТ)

	Гипотрофия (сниженная МТ)	**Норма МТ**	**Ожирение (повышенная МТ)**
ИМТ	< 18,5	18,5–25,0	> 25,0
Риск заболеваний	Анемии; снижение иммунитета и повышение частоты инфекционных заболеваний легких, мочевых путей и др.; остеопороз, кахексия	Минимальный	Ожирение, сахарный диабет, атеросклероз, артериальная гипертензия и др.
Общие рекомендации	Поступление (веществ) энергии (ПЭ) должно превышать расход энергии (РЭ). Увеличить прием питательных веществ (калорий) и снизить физическую активность	ПЭ = РЭ, поддерживать стабильной МТ	ПЭ должно быть < РЭ, уменьшить количество потребляемых веществ (калорий) и увеличить физическую нагрузку

Таблица 28.2

Содержание жира у здоровых людей (в % от массы тела) разного возраста и пола

Пол	**Возраст**		
	18–39 лет	**40–59 лет**	**Старше 60 лет**
Мужчины	8–20 %	12–22 %	13–25 %
Женщины	21–33 %	23–34 %	24–36 %

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите вашу фактическую (измеренную) МТ.
2. Рассчитайте вашу ДМТ и ИМТ.
3. Рассчитайте содержание жира в организме испытуемого.
4. Оцените полученные данные.

ПРОТОКОЛ

1. МТ = _____ кг. Рост _____ см, _____ м. Пол _____ (м/ж).
2. ДМТ по Брока = _____ кг.

ДМТ (с учетом пола и роста) _____ кг.

ИМТ = _____.

Содержание жира у испытуемого ___ % и соответствует _____ (да/нет) норме.

Вывод: МТ _____ (в норме, понижена/степень, повышена/степень)

Работа 28.2. Расчет должных величин основного обмена по таблицам и формулам

Основной обмен — минимальные энергозатраты, необходимые для поддержания жизнедеятельности организма[14].

Интенсивность основного обмена зависит от возраста, пола, длины и массы тела, исходя из чего возможен расчет примерных (должных) величин основного обмена по антропометрическим показателям.

Материалы и оборудование: ростомер (стадиометр), рычажные или электронные весы.

Ход работы. Показатели пола, возраста, роста и веса испытуемого возьмите из предыдущей работы. Рассчитайте и внесите в протокол величины должного основного обмена, полученные 1) по формулам в протоколе работы и из табл. 28.3; 2) по таблицам Гаррис–Бенедикта; 3) по методу Дюбуа.

Таблица 28.3

Формулы расчетов ДВОО человека в зависимости от возраста, пола и массы тела (МТ)

Возраст, года	ДВОО (ккал/сутки)	
	Мужчины	Женщины
0–3	60,9 · МТ – 54	61,0 · МТ – 51
3–10	22,7 · МТ + 495	22,5 · МТ + 499
10–18	17,5 · МТ + 651	12,2 · МТ + 746
18–40	15,5 · МТ + 679 1,0 · МТ · 24	14,7 · МТ + 496 0,9 · МТ · 24
40–60	11,6 · МТ + 879	8,7 · МТ + 829
Более 60	13,5 · МТ + 487	10,5 · МТ + 596

Во многих странах, в том числе и в нашей республике, широко используется метод определения ДВОО **по таблицам Гарриса–Бенедикта** (см. прил. 3). Существуют два варианта этих таблиц: один — для мужчин, другой — для женщин. В каждой из них имеется две подтаблицы. В первой подтаблице находят число (число А), зависимое от массы тела, а во второй — число (число Б), зависимое от роста и возраста. Сумма этих двух чисел (А+Б) дает искомую ДВОО.

Еще одним широко применяемым методом определения ДВОО является **метод Дюбуа**. Он основан на правиле поверхности тела, согласно которому затраты энергии теплокровными животными пропорциональны величине поверхности тела. Установлено, что теплопродукция на 1 м^2 поверхности тела человека зависит от возраста и пола. Для вычисления

[14] Для мужчин от полового созревания до 40 лет основной обмен составляет около 4,2 кДж (1 ккал) на 1 кг массы тела в 1 час. У женщин этот показатель на 10 % ниже (0,9 ккал/кг массы тела / 1 ч), у людей после 40 лет постепенно понижается, у детей увеличен в несколько раз (наиболее максимально у новорожденных и детей до 1 года).

ДВОО найденную по табл. 28.4 цифру следует умножить на площадь поверхности тела (в м^2) и сделать перерасчет на сутки.

Таблица 28.4

Основные энергетические потребности здоровых людей в зависимости от возраста и пола

Возраст, годы	Мужчины, ккал/м^2*час	Женщины, ккал/м^2*час
14–16	46,0	43,0
16–18	43,0	40,0
18–20	41,0	38,0
20–30	39,5	37,0
30–40	39,5	36,5
40–50	38,5	36,0

E. F. DuBois, Basal Metabolism in Health and Disease. 3d. ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1936. 151 p.

Площадь поверхности тела находят по номограмме (см. прил. 4) в зависимости от массы тела и роста (отмечаем рост испытуемого на левой шкале, массу тела — на правой, соединяем две точки прямой линией; показатель средней шкалы в точке ее пересечения линией соответствует искомой величине площади поверхности тела). Разница между показателями ДВОО, рассчитанными разными методами, обычно не превышает 10 %.

Указания к оформлению протокола:

Рассчитайте собственную ДВОО по формулам (на основе табл. 28.3 и 28.4) и таблицам Гарриса–Бенедикта.

ПРОТОКОЛ

1. Пол _____ (м/ж); рост _____ см; МТ = _____ кг; возраст _____ лет.
2. ДВОО = 1,0 (0,9)·МТ·24 = _____ = _____ ккал/сутки.

ДВОО = _____ (из табл. 29.3) = _____ ккал/сутки.

ДВОО$_{(\text{по таблице Гарриса–Бенедикта})}$ = А + Б = _____ = _____ ккал/сутки.

Площадь поверхности тела по номограмме = _____ м^2.

ДВОО$_{(\text{по Дюбуа})}$ = S·Э$_{(\text{по табл. 29.4})}$·24 = _____ = _____ ккал/сутки.

Работа 28.3. Составление и оценка пищевого рациона

Работа проводится с использованием компьютерной программы **iNutrition2** в компьютерном классе кафедры.

Ход работы. Войдите в программу **iNutrition2**, нажмите «**Создать профиль**» и введите требуемую информацию[15], указав среднюю продолжительность рабочего дня[16]. Нажмите **Ok**.

[15] Объём талии измеряется при помощи сантиметровой ленты в положении стоя по самому узкому месту живота в конце спокойного выдоха. Сантиметровую ленту накладывают горизонтально, не натягивая.

Появившееся окно программы разделено на четыре области. Для того чтобы внести определённый продукт в свой рацион, в левой верхней области выберите из выпадающего меню приём пищи (завтрак, 2-й завтрак и т. д.), справа — в выпадающем меню выберите группу пищевых продуктов и двойным щелчком левой кнопки мыши выберите продукт (или выделите его и нажмите «←»). Продукт появится в разделе «Рацион». Справа от названия продукта укажите его массу в граммах и нажмите **Enter** (при необходимости перевода единиц объёма в массу продукта воспользуйтесь «**Помощь**» → «**Масса продукта в мерах объёма и поштучно**»). Для облегчения поиска продуктов можно воспользоваться меню «**Информация**» → «**Расширенный поиск**».

Внизу слева появится информация о содержании питательных и балластных веществ, витаминов, микроэлементов и т. д. в выбранном приёме пищи (вторая колонка) и в суточном рационе (третья колонка). Справа в разделе «Дополнительная информация» отражается информация о должной величине основного обмена, величине рабочей прибавки, соотношении белков, жиров и углеводов в суточном рационе. Для более точного расчёта рабочей прибавки войдя в меню «Дополнительно» → «Физическая активность» или «Виды деятельности» можно указать дополнительные виды нагрузок и среднее время их выполнения в день.

В случае если требуемого блюда нет в списке продуктов, его можно создать из имеющихся продуктов, войдя в меню «Кухня» → «Приготовить своё блюдо».

Заполните табл. 28.5, внеся (при необходимости рассчитав) должные величины потребности в основных питательных веществах.

Таблица 28.5

Суточная потребность в основных питательных веществах

Название нутриента	% от общих энергозатрат	Энергия, ккал	Масса, г
Белки, из них:			
растительного происхождения			
животного происхождения			
Жиры, из них:			
насыщенные			
ненасыщенные			
Углеводы, из них:			
сложные углеводы			
чистый сахар			

[16] В случае выбора профессии «Безработный» и указания продолжительности рабочего дня 0 часов, рабочая прибавка рассчитываться не будет. В последующем Вы сможете ввести информацию о своей ежедневной физической активности и видах деятельности, войдя в меню «Дополнительно» → «Физическая активность» или «Виды деятельности».

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите должные величины основного обмена (ОО), рабочей прибавки (РП), общего обмена (ОбщО).

2. Укажите энергетическую ценность Вашего пищевого рациона и сравните её с должной величиной основного обмена.

3. Оцените содержание в рационе белков, жиров и углеводов и их соотношение (по массе и в процентах), содержание простых сахаров, клетчатки, витаминов и микроэлементов. Сделайте вывод о необходимости изменения пищевого рациона.

ПРОТОКОЛ

1. Должные величины ОО _____, РП _____, ОбщО _____.
2. Энергетическая ценность пищевого рациона составила _____, что на ____ % _____ должной величины ОбщО. ИМТ при этом = _____.
3. Содержание (в % от суточной нормы) белков ____, жиров ____, углеводов ____ и полученные соотношения Б:Ж:У по массе ___:___:___ и в % ___:___:___ свидетельствуют о _____ (отсутствии необходимости коррекции, в случае необходимости — указать какой). Содержание моно- и дисахаридов составило _____ % от общего содержания углеводов. Потребление клетчатки составляет _____ г/сут, что _____ для обеспечения процессов пищеварения. Содержание витаминов, микроэлементов: _____ (достаточное, недостаточное, избыточное).
4. **Выводы**: _____
_____

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 29 (11). ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Особенности системы терморегуляции у взрослых и у детей. Температура тела человека (аксиллярная и в других анатомических областях) и ее суточные колебания. Сравнительная характеристика современных методов термометрии.

2. Гомойотермия, пойкилотермия и гетеротермия. Ядро и оболочка тела человека. Терморецепция и температурная чувствительность, зависимость от факторов окружающей среды.

3. Теплопродукция. Обмен веществ как источник образования тепла. Роль отдельных органов в теплопродукции, регуляция этого процесса.

4. Теплоотдача, физические и физиологические механизмы транспорта и отдачи тепла и их регуляция.

5. Механизмы адаптации к изменяющейся температуре окружающей среды. Влияние на функции организма гипотермии и гипертермии. Понятие о лихорадке и ее отличии от гипертермии.

6. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.

7. *Определение температуры тела (показатели нормо-, гипо- и гипертермии) в различных анатомических областях с использованием разных типов термометров.*

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему снижение температуры окружающей среды влечет за собой увеличение теплопродукции организмом?

2. Какие состояния относятся к нарушениям температурного гомеостаза?

3. Какой способ теплоотдачи не требует наличия положительной разности температур между поверхностью кожи человека и окружающей средой?

4. Что является основным способом теплоотдачи с поверхности тела человека в обычных условиях?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 395–406.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 322–345.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 29.1. Измерение температуры тела человека в подмышечной впадине

Температура тела — важный показатель состояния здоровья человека. Чаще всего температуру тела измеряют в подмышечной впадине. Несмотря на ее поверхностное расположение, при прижатии руки к туловищу теплоотдача с области подмышечной впадины затрудняется, и через несколько минут (входящих во время измерения температуры тела), температура данной области повышается, приближаясь к температуре ядра тела. При измерении в глубоких областях тела (прямой кишке, пищеводе) её нормальные значения на 0,5 °С выше, чем в подмышечной ямке.

Нормальной температурой тела для взрослых в состоянии бодрствования и физиологического покоя (при измерении в подмышечной впадине) считается температура от 36 °С до 36,9 °С. Во время сна с 3 до 5 ч утра температура тела может достигать минимальных значений: 35,1–36,0 °С. Таким образом, норма температуры тела при измерении в подмышечной впадине составляет **36 ± 0,9 °С** (35,1–36,9 °С). Температура 37 °С и выше рассматривается как повышенная (гипертермия), а 35 °С и ниже — как пониженная (гипотермия).

Цели работы:

– рассмотрение методики измерения температуры тела;

– определение минимального времени, необходимого для точного измерения аксиллярной температуры ртутным или электронным медицинскими термометрами;

Материалы и оборудование: максимальный ртутный термометр, электротермометр медицинский, секундомер, спиртовой дезраствор, вата.

Ход работы. Кожа подмышечной ямки должна быть сухой, во избежание погрешностей измерения из-за испарения влаги. Обследуемый должен удерживать термометр в течение всего времени измерения, плотно прижав плечо к туловищу. При выполнении работы необходимо следить, чтобы головка ртутного и кончик датчика электрического термометров удерживались по среднеаксиллярной линии. Во время измерения температуры человек должен находиться в состоянии бодрствования и полного покоя.

Осмотрите медицинский термометр, убедитесь в его целости и протрите дезраствором. Встряхните термометр до температуры 35 °С. Поместите термометр в подмышечную впадину. Запишите показания термо-

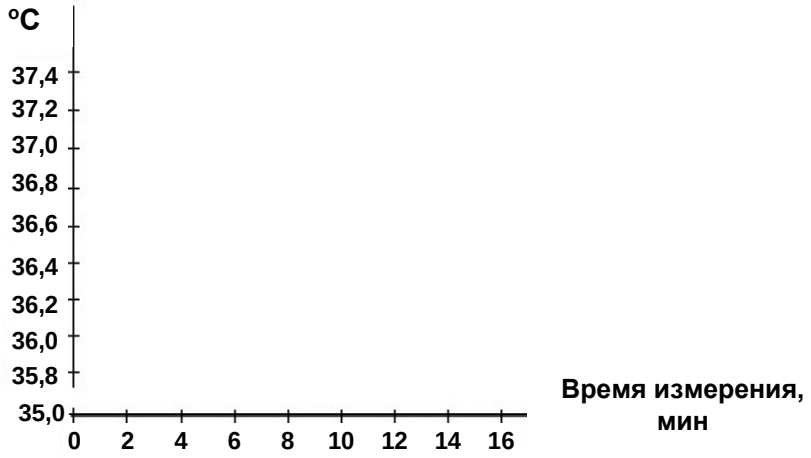
метра через 3, 5, 8, 10, 15 мин (**не вынимая термометр**, поэтому рука испытуемого должна быть предварительно освобождена от одежды).

После этого проведите термометрию с помощью электронного термометра. Протрите датчик прибора дезраствором. Запишите показания прибора через 30 с, 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15 мин.

По результатам опытов постройте графики показаний ртутного и электронного термометров в зависимости от времени измерения температуры.

***Результаты*:**

Показания термометра	Исходно	30 с	1 мин	2 мин	3 мин	5 мин	8 мин	10 мин	15 мин
Ртутный термометр		–	–	–					
Электронный термометр									



Вывод: у испытуемого температура тела, измеренная в подмышечной впадине _____ °С, длительность её измерения ртутным термометром должна быть не менее _____ мин, электронным — не менее _____ мин.

Работа 29.2. Определение средневзвешенной температуры кожных покровов тела человека

Температура кожи различных участков поверхности тела неодинакова и колеблется в значительных пределах в зависимости от температуры окружающей среды, интенсивности обменных процессов, степени кровотока через поверхностные ткани и других факторов. На коже пальцев ног обычно самая низкая температура — 24,4 °С, а если человек купается в прохладной воде или находится в условиях низкой окружающей температуры, она может снижаться до 16 °С, не вызывая каких-либо неприятных ощущений. Измерение температуры кожи в какой-либо одной точке поверхности тела не позволяет судить о температуре кожных покровов в целом. Для этого необходимо установить среднее значение температуры для нескольких участков в соответствии с площадью, которую занимает

данный участок. С этой целью температуру каждого участка умножают на соответствующий коэффициент. Сумма всех коэффициентов должна быть равной 1. По данным Р. Шмидта и Г. Тевса (1996), средневзвешенная температура кожи обнаженного человека в условиях температурного комфорта составляет 33–34 °С.

Ход работы. Средневзвешенную температуру кожных покровов регистрируйте при помощи электротермометра, последовательно прикладывая его датчик к поверхности 7 стандартных участков, указанных в таблице 29.1. Полученные данные внесите в таблицу.

Таблица 29.1

№ п/п	Место измерения	Коэффициент	Температура
1	Лоб	0,07	
2	Стопа	0,07	
3	Голень	0,32	
4	Грудь	0,18	
5	Спина	0,17	
6	Плечо	0,14	
7	Кисть	0,05	

Средневзвешенную температуру (СТ) кожных покровов тела человека рассчитайте по формуле:

$$\mathbf{СТ} = k_1 \times t_1 + k_2 \times t_2 + k_3 \times t_3 + k_4 \times t_4 + k_5 \times t_5 + k_6 \times t_6 + k_7 \times t_7,$$

где t_i — температура кожи, измеренная на различных участках поверхности тела; k_i — коэффициент соответствующего участка поверхности тела.

Результаты:

СТ = _____ = ___ °С.

Вывод: Средневзвешенная температура кожных покровов испытуемого отличается от температуры «ядра», потому что _____
_____
_____

Работа 29.3. Исследование роли кровообращения в процессах переноса тепла в поверхностных тканях с помощью метода цветной термографии (демонстрация слайдов в электронном атласе)

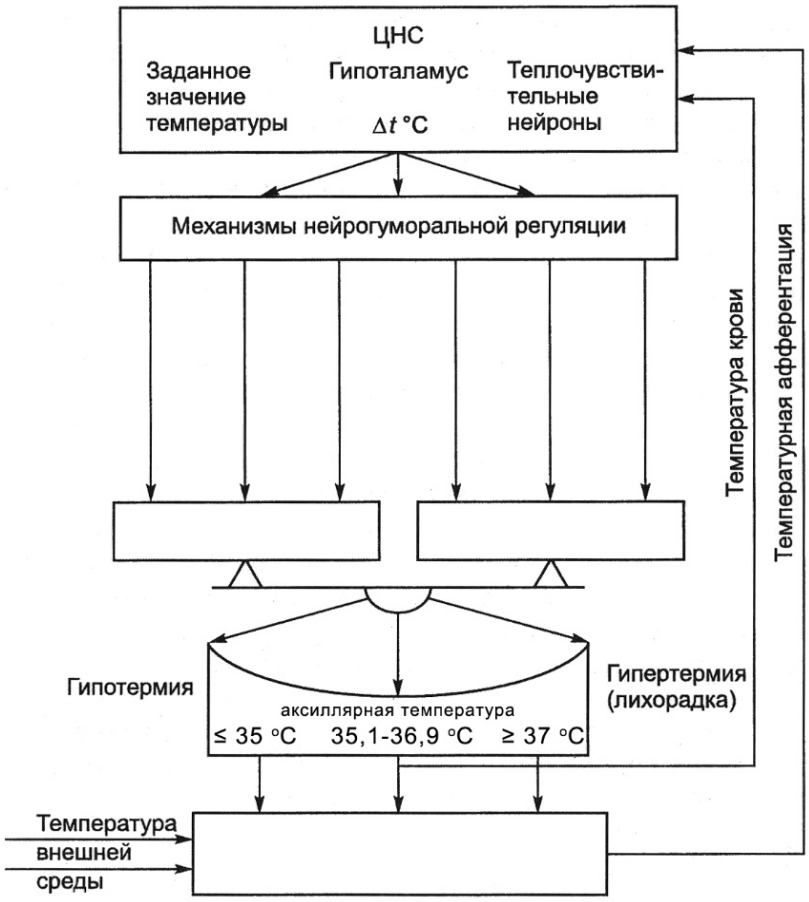
Для демонстрации распространения тепла в поверхностных тканях кисть руки человека была обработана специальным термографическим составом, меняющим цвет при нагревании. Миниатюрный источник тепла (39 °С) помещался на кожу тыла кисти в зоне проекции поверхностной вены. По мере разогревания тканей кисти на представленной серии слайдов наблюдается распространение тепла на соседние с нагревателем ткани, что видно по изменению окраски термографического состава (от черного цвета к красному, затем сине-зеленому). Изменение окраски

состава происходило строго по ходу поверхностных вен, что свидетельствует о ведущей роли кровотока в переносе тепла в организме. Отсутствие изменений окраски в участках кожи между венами, даже вблизи от источника тепла, свидетельствуют о низкой теплопроводности тканей организма и их незначительном участии в передаче тепла внутри организма.

Выводы: ведущую роль в переносе тепла от ядра тела к оболочке играет _____, что обусловливает _____ нагрузки на сердечно-сосудистую систему при усилении _____ или повышении температуры окружающей среды.

Работа 29.4. Изучение функциональной системы, обеспечивающей поддержание постоянства температуры внутренней среды организма (выполняется дома самостоятельно)

Ход работы. Заполните схему функциональной системы, обеспечивающей поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.



Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 9. ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 30 (12). СИСТЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ МОЧЕВЫДЕЛЕНИЯ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Роль воды в организме, ее содержание, распределение, баланс. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови и его регуляция (АДГ, РААС и др.). Рекомендуемая суточная потребность в воде (мл/кг) и поваренной соли в нормальных условиях. Их изменение при адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и трудовой деятельности.

2. Система выделения. Органы выделения, их функции. Почка. Структура и функции нефрона. Структура почечного фильтра. Механизм клубочковой фильтрации. Состав и количество первичной мочи.

3. Механизмы канальцевой реабсорбции и секреции в нефроне. Количество, состав и свойства конечной мочи. Физиологическая глюкозурия и протеинурия. Несахарный диабет.

4. Нервные и гуморальные механизмы регуляции деятельности почек и мочевого пузыря. Регуляция мочеиспускания. Гиподинамия, вынужденное положение пациента и уродинамика. Физиологические основы профилактики образования камней в системе мочевыделения.

5. *Физиологическая оценка результатов общего клинического анализа мочи.*

Вопросы для самоконтроля:

1. Чему равно эффективное фильтрационное давление, если давление в капиллярах клубочка равно 45 мм рт. ст., гидростатическое давление в капсуле — 12 мм рт. ст., онкотическое давление крови — 27 мм рт. ст.?

2. Концентрация креатинина в плазме крови 60 мкмоль/л, в конечной моче — 6840 мкмоль/л, объём суточной порции мочи 1020 мл. Определите СКФ (мл/мин), дайте физиологическую оценку полученному результату.

3. В каких случаях и почему в конечной моче здорового человека можно обнаружить глюкозу? белок?

4. Как изменяется диурез при выключении реабсорбции ионов Na^+, K^+ и Cl^- в восходящей части петли Генле?

5. Какие факторы стимулируют секрецию ренина?

Показатели анализа мочи в норме

Физические свойства	Химический состав
– цвет — соломенно-желтый; – прозрачность — прозрачная; – плотность — 1,008–1,025 г/мл; – суточное количество — 0,4–2,0 л/сут; – дневной : ночной диурез — 3–4 : 1	– реакция — pH 4,0–8,0; – белок — рутинными методами не выявляется; – глюкоза — рутинными методами не выявляется.
Микроскопия осадка	
– эритроциты — не встречаются, либо единичные в поле зрения;	– лейкоциты — не более 3–5 в поле зрения микроскопа.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 407–426.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 345–379.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 30.1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА МОЧИ

Общий анализ мочи предполагает определение ее: цвета; прозрачности; реакции (pH); относительной плотности; наличия и степени концентрации белка и глюкозы; подсчет эритроцитов и лейкоцитов; подсчет клеток эпителия мочевых путей и цилиндров; выявление солей и бактерий.

Общий анализ мочи позволяет установить наличие воспалительного процесса в мочевыводящих путях; нарушения процесса фильтрации в результате повреждения почечного фильтра, нередко — наличие уролитов или опухоли. Изменения показателей ОАМ также отмечаются в результате гипергликемии при диабете, наличия у больного желтухи (гипербилирубинемии) и пр.

В моче здорового человека отсутствуют (не выявляются при общем анализе): ацетон, кетоновые тела, билирубин, скрытая кровь, глюкоза, лейкоциты, белок (иногда могут быть следы белка).

Сбор мочи для исследования необходимо проводить в чистую сухую посуду, первые несколько миллилитров мочи сливают в унитаз для удаления десквамированных клеток из уретры. Не следует проводить анализ мочи во время менструации. Исследованию подлежит первая утренняя

порция мочи, которая исключает влияние стресса, питания, раздражающих факторов.

Ход работы. В данной работе определение показателей конечной мочи осуществляется при помощи тест-полосок для экспресс-анализа. Каждая тест-полоска имеет 10 различных индикаторных подушечек, меняющих цвет (или интенсивность цвета) после контакта с биологической жидкостью. Рекомендуемая последовательность действий:

1. Собрать среднюю порцию мочи в стакан (9–10 мл) и перелить её с помощью воронки в пробирку (высота столбца около 9–10 см).

2. Погрузить тест-полоску в исследуемую мочу, смочив все 10 индикаторных подушечек. Достать тест-полоску и промокнуть излишки жидкости салфеткой. Для этого тест-полоску положить на салфетку стороной, не содержащей индикаторных подушечек.

3. Аккуратно на салфетке поднести тест-полоску к контрольной шкале, расположенной на упаковке, и оценить показатели исследуемой мочи, сравнив цвет каждой индикаторной подушечки со стандартными образцами, расположенными на упаковке.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные показатели исследуемой мочи в табл. 30.1.

2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

Таблица 30.1

Тест		Норма	Результат
1. Лейкоциты	WBC	не выявляются	
2. Нитриты	NIT	не выявляются	
3. Уробилиноген	URO	< 3,2 мкмоль/л (0,2 E.U./dl)	
4. Белок	PRO	не выявляется	
5. pH	PH	4,0–8,0	
6. Скрытая кровь	OB	не выявляется	
7. Удельный вес	SG	1,008–1,025	
8. Кетоновые тела	KET	не выявляются	
9. Билирубин	BIL	не выявляется	
10. Глюкоза	GLU	не выявляется	

Вывод (сравните результаты с нормой): _____.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____ _____
число месяц год

Занятие 31 (13). ИТОГОВОЕ (СЕМИНАРСКОЕ) ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ», «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ПИТАНИЕ. ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ», «ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ»

Основные вопросы:

1. Пищевые мотивации. Физиологические механизмы голода и насыщения. Функции желудочно-кишечного тракта.

2. Пищеварение в полости рта. Жевание и глотание. Слюна, состав и функции. Регуляция выделения слюны.

3. Пищеварение в желудке. Состав и свойства желудочного сока. Фазы и механизмы регуляции желудочной секреции.

4. Пищеварение в 12-перстной кишке. Внешнесекреторная деятельность поджелудочной железы. Состав и свойства сока поджелудочной железы. Регуляция панкреатической секреции.

5. Функции печени, роль печени в пищеварении. Состав, свойства и функции желчи. Регуляция образования желчи, выделения ее в 12-перстную кишку.

6. Полостной и мембранный гидролиз пищевых веществ в тонком кишечнике. Моторная деятельность тонкой кишки и ее регуляция.

7. Пищеварение в толстом кишечнике. Роль микрофлоры толстого кишечника для организма. Моторная деятельность толстого кишечника и ее регуляция.

8. Всасывание веществ в различных отделах пищеварительного тракта. Виды и механизмы всасывания.

9. Понятие об обмене веществ в организме. Характеристика процессов анаболизма и катаболизма, их взаимосвязь. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни. Незаменимые для организма вещества.

10. Пластическая и энергетическая роль белков, жиров и углеводов. Понятие нормальной потребности в питательных веществах.

11. Основной обмен, величина и факторы, его определяющие. Методы определения энергозатрат организма (прямая и непрямая калориметрия, расчет по таблицам и формулам).

12. Энергетический баланс организма. Рабочий обмен. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности.

13. Нормы питания в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Принципы здорового питания.

14. Масса тела как объективный показатель прихода и расхода энергии. Понятие о норме массы тела и ее регуляции. Физиологические основы двигательной активности при избыточной массе тела.

15. Особенности системы терморегуляции. Температура тела человека и ее суточные колебания. Терморецепция. Термометрия. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.

16. Теплопродукция. Обмен веществ как источник образования тепла. Роль отдельных органов в теплопродукции, регуляция этого процесса. Теплоотдача, способы отдачи тепла и их регуляция.

17. Структура и функции нефрона. Структура почечного фильтра. Механизм клубочковой фильтрации. Состав и количество первичной мочи.

18. Механизмы канальцевой реабсорбции и секреции. Количество, состав и свойства конечной мочи.

19. Нервные и гуморальные механизмы регуляции деятельности почек и мочевого пузыря.

20. После изучения разделов «Физиология пищеварения», «Обмен веществ и энергии», «Физиология терморегуляции», «Физиология выделения» студент должен знать:

– принципы составления пищевых рационов;
– показатели нормо-, гипо- и гиперсаливация;
– показатели основного обмена;
– показатели нормы массы тела, гипотрофии, ожирения;
– физиологические основы регуляции массы тела;
– показатели общего клинического анализа мочи;
– показатели нормо-, гипо- и гипертермии;

должен уметь:

– рассчитывать должные величины основного обмена по таблицам и формулам;
– проводить расчет индекса массы тела и оценивать массу тела;
– определять температуры тела;
– оценивать показатели общего клинического анализа мочи.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 345–426.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 209–379.

Примечания:	Тема раздела зачтена:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 10. ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 32 (14). ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ. ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Понятие информации. Сигналы и их виды. Рецепторные механизмы восприятия сигналов на примере телец Фатера–Паччини.

2. Понятие об органах чувств, анализаторах, сенсорных системах. Классификация сенсорных систем. Общие принципы строения сенсорных систем. Обработка информации в сенсорных системах

3. Зрительная система. Роль во взаимодействии человека с окружающей средой. Строение, функции. Рефракция и аккомодация. Острота зрения в центральной ямке и на периферии поля зрения. Фоторецепция. Цветовосприятие и его нарушения. Значение для трудовой деятельности.

4. *Определение остроты зрения, границ полей зрения и цветовосприятия.*

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем проявляется адаптация рецепторов? Какие рецепторы относятся к быстро адаптирующимся и какие — к медленно адаптирующимся?

2. Дайте определение понятия «острота зрения».

3. При исследовании полей зрения пациента обнаружено выпадение левых половин полей зрения с обеих сторон. В какой части зрительных путей имеется повреждение?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 470–488.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 379–438.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 32.1. Определение и оценка остроты зрения

Острота зрения — способность глаза раздельно воспринимать две точки, расположенные друг от друга на минимальном условном расстоянии. Две точки будут восприниматься раздельно, если их изображения на сетчатке (два активированных фоторецептора) будут разделены как минимум одним невозбужденным фоторецептором.

Угол, образованный крайними точками рассматриваемого предмета и узловой точкой глаза (находится у заднего полюса хрусталика), называют *углом зрения*. Глаз человека способен различать две точки раздельно под углом зрения 1' (1 угловая минута), так что остроту зрения такого глаза считают равной 1.0. Некоторые здоровые люди имеют высокую остроту зрения 1.5, 2.0 единицы и более, что не является признаком гиперметропии. В практической деятельности нормальной считается острота зрения не менее 0.8 единиц[17].

Материалы и оборудование: таблицы для определения остроты зрения для дали (Головина или Сивцева), указка, рулетка на 5 метров, окклюдор (щиток) для глаза.

Ход работы. Исследование проводится с помощью таблиц с буквами убывающих размеров. Рядом с каждой строкой букв слева указано расстояние (D), с которого нормальный глаз должен видеть буквы данной строки под углом зрения 1'. Таблицу вешают на хорошо освещенной стене. Испытуемый должен находиться на расстоянии 5 м от таблицы. Исследование проводится для каждого глаза отдельно, начиная с правого. Один глаз испытуемый закрывает щитком. Недопустимо надавливать на глаз, щуриться, наклонять голову.

Исследователь на 2–3 с устанавливает кончик указки точно под буквой (оптотипом) на таблице, испытуемый должен её назвать. Определение начинают с показа символов 10 ряда таблицы, постепенно переходя к рядам с более крупными знаками. Остроту зрения оценивают по самой нижней строке, в которой были правильно названы все знаки.

При ином, чем 5 м, расстоянии до таблицы остроту зрения рассчитывают по формуле:

$$V = d / D,$$

где V — острота зрения (*visus*); d — расстояние до таблицы (т. е. расстояние, с которого испытуемый видит строку); D — расстояние, с которого нормальный глаз должен отчетливо видеть буквы данной строки.

---

[17] За рубежом результат оценки остроты зрения принято записывать в виде дроби. Фактически эта дробь соответствует визусу V, но в ней сохраняется информация о расстоянии наблюдения. Измерения обычно производят с 20 футов (6,1 м), так что для V = 1 чаще всего встречаются обозначения 20/20 (6/6).

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте остроту зрения обоих глаз.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ

Острота зрения правого глаза (vis OD) = _____

левого глаза (vis OS) = _____.

Вывод. Острота зрения правого глаза: _____ (нормальная, миопия).

Острота зрения левого глаза: _____ (нормальная, миопия).

Работа 32.2. Определение границ поля зрения (периметрия)

Поле зрения — угловое пространство, видимое глазом человека при фиксации взора в одной точке. Величина поля зрения неодинакова у различных людей и зависит от состояния сетчатки глаза, глубины расположения глазного яблока, надбровных дуг и носа. Различают цветовое (хроматическое) и бесцветное (ахроматическое) поле зрения. Ахроматическое поле зрения больше хроматического, так как обусловлено деятельностью палочек, расположенных преимущественно на периферии сетчатки. Для различных цветов поле зрения также неодинаково: больше всех оно для желтого цвета, а самое узкое для зеленого (рис. 32.1). Примерные границы ахроматического поля зрения составляют кнаружи 90°, кверху — 50°, кнутри — 55°, книзу — 65°.

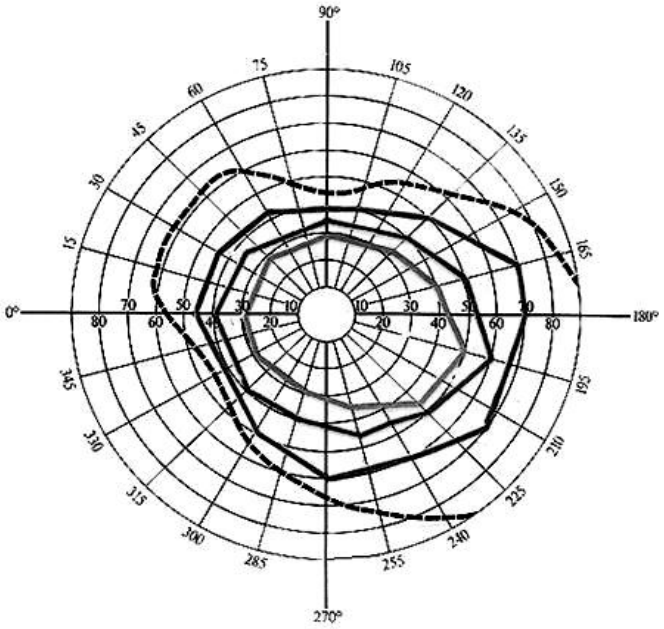


Рис. 32.1. Примерные поля левого глаза изнутри кнаружи: для зеленого, красного, синего цветов зрения (хроматические), а также ахроматическое поле зрения (штриховая линия)

Материалы и оборудование: периметр Форстера, маркеры разных цветов, линейка, цветные карандаши.

Ход работы. Исследование проводится с помощью периметра Форстера, представляющего собой подвижную металлическую дугу с делениями (в градусах) на боковой поверхности. Испытуемый должен сесть спиной к свету и установить подбородок на подставку справа (при исследовании левого глаза) или слева (при исследовании правого глаза). Высоту

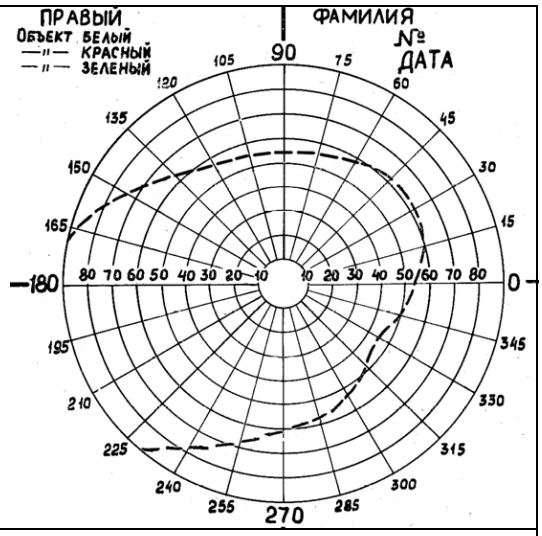
подставки отрегулируйте так, чтобы нижний край глазницы находился на уровне визирной пластинки. На протяжении всего опыта взор обследуемого глаза фиксируется на белой точке в центре дуги периметра, другой глаз закрывается щитком. Начинайте исследование с горизонтального положения периметра. Медленно двигайте объект (окрашенный кружок диаметром 5–10 мм) по внутренней поверхности дуги от ее края к центру; при этом испытуемый должен назвать момент появления объекта в поле его (периферического) зрения и указать цвет объекта. Результаты (в градусах) занесите в таблицу и продолжайте исследование при вертикальном и двух косых положениях периметра для объекта белого и зеленого цветов.

Указания к оформлению протокола:

1. Результаты исследования занесите в таблицу.
2. По полученным результатам начертите периметрический снимок полей зрения для белого и зеленого цветов (примерные границы для белого цвета в норме указаны пунктирной линией).
3. Дайте заключение о величинах границ полей зрения у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Границы полей зрения	Величина поля зрения в градусах	
	белый цвет	зеленый цвет
Кверху (90º)		
Книзу (270º)		
Кнаружи (180º)		
Кнутри (0º)		
Кнаружи кверху (135º)		
Кнаружи книзу (225º)		
Кнутри кверху (45º)		
Кнутри книзу (315º)		



Вывод: _____

Работа 32.3. Определение локализации слепого пятна

Слепое пятно представляет собой область на сетчатке, не чувствительную к свету (*скотому*). Оно формируется в месте выхода зрительного нерва, т. е. там, где на сетчатке отсутствуют фоторецепторы.

Диск зрительного нерва располагается на назальной поверхности сетчатки по средней линии, поэтому слепое пятно обнаруживается обычно на 15–25° в височной половине поля зрения. В обычных условиях человек не замечает его наличия благодаря бинокулярному зрению, движениям глаз и способности зрительной коры достраивать недостающие элементы изображения.

Материалы и оборудование. Тестовые изображения (в данном практикуме), мерная лента или линейка.

Ход работы. *А.* Испытуемый закрывает правый глаз и смотрит левым глазом на крестик справа на рисунке. Начинайте медленно приближать тестовое изображение к глазу, отмечая наличие разрыва в чёрной полосе. *При этом взор от крестика не отводите!*

Попробуйте сделать то же, закрыв левый глаз. Отметьте отличия. Переверните изображение на 180° и повторите исследование.

В тот момент, когда чёрная полоса станет сплошной, измерьте расстояние от глаза до крестика и от центра крестика до середины разрыва. Рассчитайте угловое расстояние **α** от зрительной оси до слепого пятна воспользовавшись правилом прямоугольного треугольника[18]:

$$\boldsymbol{\alpha} = \mathrm{arctg}\left(\frac{\text{Расстояние от крестика до середины разрыва полосы}}{\text{Расстояние от крестика до глаза}}\right)$$

Б. Повторите исследование, как это описано в части *А*. Отметьте, каким образом заполняется пустой кружок в левой части изображения при попадании в область слепого пятна.

Указания к оформлению протокола. Укажите локализацию слепого пятна. Рассчитайте угловое расстояние от него до зрительной оси. Опишите механизм исчезновения дефекта изображения.

ПРОТОКОЛ

α = arctg (_____/_____) = _____°.

Вывод. Слепое пятно расположено в _____ половине поля зрения на расстоянии примерно _____° от зрительной оси. Механизм исчезновения дефекта изображения заключается в _____
_____

[18] Для расчёта угла **α** можно воспользоваться интернет-сервисами, например, http://www.fxyz.ru.

Работа 32.4. Определение чувствительности центральных областей сетчатки (компьютерная работа)

Во многом определяя остроту зрения, чувствительность сетчатки к свету зависит не только от функционального состояния ее нейронов, но и от кровотока в ее сосудах, состояния зрительного нерва, зрительной коры и других факторов.

Ход работы. Работа выполняется с помощью программы «**Eye_Tests**» → «**Field sensitivity test**», после темновой адаптации зрения в затемненной комнате. Ваши глаза должны находиться на расстоянии около 30 см от экрана на уровне его середины. Старайтесь держать голову максимально неподвижно, желательно подпереть подбородок. Исследование проводится для каждого глаза отдельно. Один глаз нужно закрыть.

При входе в программу на экране появляется координатная сетка, соответствующая угловым размерам центральной области сетчатки. На сетке нанесены 68 точек, которые в процессе исследования будут по одной появляться на экране в случайном порядке. Для начала тестирования повторно нажмите **Enter**, сетка координат исчезнет, в центре появится крестик для фиксации взгляда. В верхнем левом углу будет идти обратный отсчет точек, начиная с 68.

В течение всего времени исследования взгляд должен быть фиксирован на крестике в центре экрана. Через некоторое время в поле зрения появляется светящаяся точка. Яркость точки постепенно возрастает, и в какой-то момент становится достаточной для того, чтобы различить точку на темном экране. Как только точка становится различимой, немедленно нажимайте **Enter**. Чем раньше вы замечаете светящуюся точку, тем меньше яркость, необходимая для восприятия стимула данным участком сетчатки, то есть тем больше её чувствительность.

После появления последней точки результаты тестирования будут представлены в виде цветового распределения точек координатной сетки в соответствии со шкалой цветов. В зависимости от времени, которое потребовалось для обнаружения точки, оценивается чувствительность каждого участка исследуемой области сетчатки. Точки синего цвета соответствуют области с максимальной светочувствительностью, точки голубого, зеленого, желтого, красного и розового цветов — областям с все более и более низкой чувствительностью в центральной части сетчатки. Преобладание синего и голубого цвета говорит о высокой чувствительности сетчатки, зеленого и желтого — о нормальной средней чувствительности. При сниженной чувствительности сетчатки преобладают точки красного и розового цветов.

Значительное влияние на результаты исследования оказывает степень затемнения и время предварительной темновой адаптации. Но при выполнении работы в одинаковых для всей группы условиях результаты

различных испытуемых можно сравнивать и при непродолжительном времени адаптации.

Для выхода из программы нажмите «**Esc**».

ПРОТОКОЛ

На экране преобладают точки _____ цветов.

Участок сниженной чувствительности (физиологическая скотома) на 15–25º кнаружи отражает проекцию _____.

Вывод. Чувствительность сетчатки исследуемого глаза _____ (высокая, нормальная /т. е., средняя / или сниженная).

Работа 32.5. Оценка порогов цветовой чувствительности зрения

Работа выполняется с помощью программы **«Eye_Tests» → «Color test»** При включении программы «Color test» на экране появляются два одинаковых квадрата.

А. Определение пороговых величин различения для разных цветов. Для проведения работы студентам следует распределиться попарно, один студент из пары выступает в роли экспериментатора, другой — испытуемого.

1. Испытуемый отворачивается, а экспериментатор, зажимая клавишу «**D**» увеличивает интенсивность цвета левого квадрата, пока не оказывается в состоянии уверенно определить его цвет. Затем он уменьшает его интенсивность до нуля, зажимая клавишу «**A**».

2. Испытуемый поворачивается к экрану и также последовательно увеличивает интенсивность цвета левого квадрата одиночными нажатиями клавиши «**D**», стремясь по появившемуся оттенку максимально рано назвать его цвет.

3. Если цвет, согласно сведениям экспериментатора, назван правильно, экспериментатор нажимает «**Enter**», появится пороговая величина восприятия интенсивности данного цвета квадрата испытуемым, участники записывают величину в протокол.

Если же назван неправильный цвет, экспериментатор дает команду продолжать увеличивать интенсивность цвета квадрата до получения более достоверных результатов.

4. После определения порогового показателя для данного цвета этого испытуемый должен отвернуться, а экспериментатор еще больше увеличивает интенсивность цвета зажатием клавиши «**D**», затем нажатием клавиш «**S**» или «**W**» меняет цвет на другой, затем уменьшает его интенсивность до нуля последовательным нажатием клавиши «**A**».

5. Испытуемый вновь поворачивается, и уже описанная процедура повторяется для нового цвета. Таким образом следует определить пороговые величины различения для красного, синего, зеленого и желтого цветов.

Б. Определение разностных порогов цветовосприятия.

1. Установите произвольную, близкую к средней, интенсивность окраски левого квадрата последовательным нажатием клавиши «**D**».

2. Испытуемый должен нажатием клавиш → или ← подобрать идентичную интенсивность окраски правого квадрата.

3. При завершении подбора нажмите клавишу «**Enter**» и запишите цифровые значения разностного порога цветовосприятия. При полном совпадении интенсивности цвета разностный порог равен 0,00; несовпадение подбора отмечается положительными или отрицательными значениями разностных порогов, величина которых индивидуальна.

4. Нажатием клавиш «**S**» или «**W**» меняет цвет на другой, зажатием ← обнуляют цвет правого квадрата, затем вся процедура проводится заново для другого цвета, и так далее. Все данные заносятся в протокол.

ПРОТОКОЛ

Заполните таблицу:

	Красный	**Зеленый**	**Синий**	**Желтый**
Порог различения				
Разностный порог восприятия				

Вывод. Порог различения максимален для _____ цвета и минимален для _____ цвета.

Работа 32.6. Исследование цветового зрения

Глаз человека может различать как оттенки черного, белого и серого цветов, так и все цвета и оттенки радуги. Однако у некоторых людей имеется то или иное нарушение цветового восприятия**.** Полная цветовая слепота (**ахромазия**) встречается крайне редко. Люди, страдающие этой формой расстройства цветового зрения, видят только различные оттенки серого цвета. Частичная цветовая слепота встречается чаще (у 8 % мужчин и гораздо реже у женщин). Выделяют три разновидности частичной цветовой слепоты:

– протанопия (невосприятие красного цвета);

– дейтеранопия (невосприятие зеленого цвета);

– тританопия (невосприятие синего и фиолетового цветов).

Исследование цветового зрения имеет особое значение для лиц, которым по роду профессии необходимо хорошо ориентироваться во всех цветах.

***Материалы и оборудование*:** полихроматические таблицы Е. Б. Рабкина, специальный экран для поочередного закрытия каждого глаза, сантиметровая лента.

Ход работы. Каждую таблицу следует устанавливать на уровне глаз испытуемого на расстоянии 1 м от него. Продолжительность экспозиции одной таблицы около 5 с. Каждый глаз обследуются отдельно, при этом второй глаз закрывается специальным щитком.

Примечание: с целью ускорения процедуры и более полного ее прохождения студентам рекомендуется пройти один из ее открытых для общего доступа онлайн вариантов на экране мобильного телефона, например по данному QR коду:

В этом случае мобильный телефон следует держать на вытянутой руке, каждый глаз также тестируется по отдельности.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите результаты исследования цветовосприятия.
2. Укажите, к какому виду относятся обнаруженные у испытуемого нарушения восприятия цветов (если таковые выявлены).

ПРОТОКОЛ

1. **Вывод:** у испытуемого нарушения цветового зрения _____ (выявлены / не выявлены).

2. Назовите вид нарушений цветовосприятия, если они выявлены: _____ _____ (ахромазия, протанопия, дейтеранопия, тританопия).

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 33 (15). СЛУХОВАЯ И ВЕСТИБУЛЯРНАЯ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Слуховая система, строение, механизмы восприятия и анализа звуков. Физические характеристики звука и их физиологические эквиваленты. Характеристика слуховой чувствительности человека. Бинауральный слух. Значение слуха для осуществления трудовой деятельности. Физиологические основы профилактики тугоухости.

2. Вестибулярная система, ее функции. Физиологические реакции при раздражении органа равновесия. Роль вестибулярной системы в трудовой деятельности. Физиологические реакции на раздражение органа равновесия.

3. *Определение бинаурального слуха и слуховой чувствительности (аудиометрия, пробы Вебера и Ринне).*

Вопросы для самоподготовки:

1. Как изменяется амплитуда, сила и частота звуковых колебаний при передаче их через структуры среднего уха?

2. В какой части улитки ширина основной (базилярной) мембраны наибольшая? Какие частоты воспринимают волосковые клетки, расположенные в этой части основной мембраны?

3. При исследовании слухового анализатора была выявлена латерализация звука влево. Слева время костной проводимости составило 22 с, воздушной проводимости — 22 с. Справа время костной проводимости составило 10 с, воздушной проводимости — 41 с. Дайте физиологическую оценку полученным результатам.

4. В чем различие механизмов раздражения волосковых клеток мешочков преддверия и ампул полукружных каналов?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 488–499.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 438–465.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 33.1. Исследование костной и воздушной проводимости

А. Опыт Вебера.

Различают костную и воздушную проводимость звука. Воздушная проводимость звука обеспечивается распространением звуковой волны обычным путем через звукопроводящий аппарат. Костное проведение звука — это передача звуковых волн непосредственно через кости черепа.

Материалы и оборудование: камертон, секундомер, ватные тампоны.

Ход работы. Рукоятку звучащего камертона приставьте к середине темени. Выясните у испытуемого, слышит ли он звук одинаковой силы или же одним ухом звук слышен лучше. При поражении звуковоспринимающего аппарата наблюдается латерализация звука в сторону здорового уха, при поражении звукопроводящего аппарата звук латерализуется в сторону пораженного (плохо слышащего) уха. Повторите опыт, закрыв слуховой проход одного уха ватой.

Указания к оформлению протокола:

1. Отметьте наличие или отсутствие латерализации звука.
2. Укажите направление и объясните механизм латерализации звука при закрытии наружного слухового прохода.

ПРОТОКОЛ

1. Латерализация звука _____ (не выявлена; если выявлена, укажите направление).
2. При закрытии наружного слухового прохода наблюдается латерализация звука в сторону _____.
3. **Вывод.** Причиной латерализации звука является _____ _____.

Б. Опыт Ринне (сравнение воздушной и костной проводимости звуков).

Ход работы. Рукоятку звучащего камертона приставьте к сосцевидному отростку и измерьте время до исчезновения ощущения звука (время костной проводимости). Затем, не прекращая отсчёт времени, поднесите тот же камертон к наружному слуховому проходу. В норме испытуемый должен слышать звучание все ещё колеблющегося камертона. Измерьте общее время, в течение которого слышен звук (время воздушной проводимости). Повторите исследование с другой стороны, стараясь добиться одинаковой силы звучания камертона.

В норме время воздушной проводимости больше времени костной проводимости и примерно одинаковое с обеих сторон (**положительный опыт Ринне**). При нарушении звукопроводящего аппарата время воздуш-

ной проводимости не превышает время костной (**отрицательный опыт Ринне**).

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите время костной и воздушной проводимости справа и слева.
2. Оцените результаты исследования.

ПРОТОКОЛ

Ухо	Время проводимости, с	
	костной	воздушной
Правое		
Левое		

Вывод. Опыт Ринне _____

Работа 33.2. Исследование зависимости слуховой чувствительности от частоты звука (аудиометрия)

135 Ухо человека воспринимает звуковые колебания в диапазоне 16–20 000 Гц. Наибольшая чувствительность к звуковым колебаниям находится в пределах 1–5 кГц, что совпадает с диапазоном частот человеческой речи.

Чувствительность слухового анализатора оценивают по минимальной величине звукового давления, достаточной для возникновения слухового ощущения, т. е. по *порогу слышимости*. В области частот человеческой речи он близок к нулю. Для определения этого минимального звукового давления используют аудиометры. С их помощью можно точно дозировать частоту звуковых колебаний в диапазоне от 100 до 10 000 Гц и их силу в диапазоне от 0 до 100 дБ. Для того, чтобы охарактеризовать состояние слухового анализатора у испытуемого, находят пороги слышимости для каждой фиксированной частоты звуковых колебаний и строят графическую зависимость порогов слышимости от частоты звука — аудиограмму.

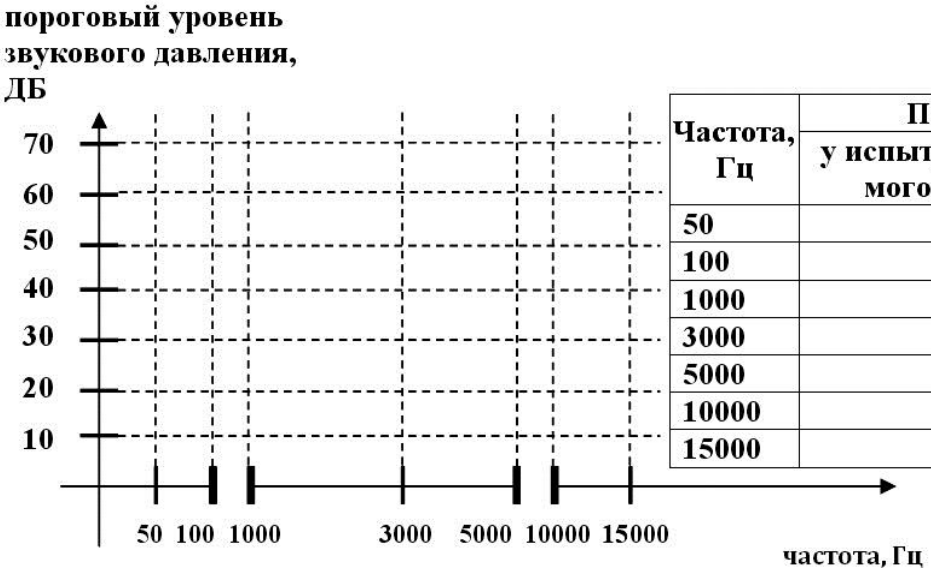
Материалы и оборудование: аудиометр, наушники.

Ход работы. С помощью генератора звуков определите пороги абсолютной слуховой чувствительности (в децибелах) для различных частот для левого и правого уха. Во время исследования в помещении должна соблюдаться полная тишина.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу и постройте аудиограмму испытуемого (пунктиром постройте аудиограмму пациента, страдающего тугоухостью).
2. Укажите область наибольшей слуховой чувствительности испытуемого. Какие изменения аудиограммы могут указывать на снижение слуховой чувствительности?

ПРОТОКОЛ



Частота, Гц	Порог, ДБ	
	у испытуемого	при тугоухости
50		75
100		50
1000		40
3000		35
5000		50
10000		65
15000		80

Аудиограмма

Вывод. Наибольшая слуховая чувствительность отмечается у испытуемого в области частот _____ Гц. На снижение слуховой чувствительности указывает _____ порогового уровня звукового давления.

Работа 33.3. Исследование вестибулярной функции на основе анализа вращательного нистагма

При адекватном раздражении вестибулярного аппарата, благодаря многочисленным связям его центральных отделов с другими отделами ЦНС, возникают разнообразные рефлекторные реакции: тонические рефлексы скелетных мышц шеи, туловища, конечностей, глазных мышц и вегетативные рефлексы внутренних органов — сердца, желудочно-кишечного тракта, сосудов и т. д.

Во время и после вращательного движения наблюдается так называемый глазной нистагм (вращательный и поствращательный соответственно), заключающийся в непроизвольном медленном движении глаз в одну сторону, сменяющемся быстрым возвращением в исходное положение. Медленный компонент нистагма при движении направлен в сторону, противоположную направлению вращения. В момент остановки или замедления движения, т. е. при наличии отрицательного углового ускорения, имеют место обратные соотношения. Приспособительное значение глазного нистагма состоит в сохранении нормальной зрительной ориентации и сохранении возможности фиксировать изображение предметов на сетчатке в период вращения.

***Материалы и оборудование*:** кресло Барани, секундомер.

Ход работы. Вращайте испытуемого в кресле Барани со скоростью 10 оборотов за 20 секунд. В процессе вращения глаза должны быть закры-

ты. После остановки испытуемый должен зафиксировать взгляд на неподвижном предмете перед собой, включается секундомер, наблюдают и измеряют нистагм глазных яблок (в норме — от 10 до 40 секунд в зависимости от степени тренировки). Характер нистагма зависит от преимущественного раздражения тех или иных полукружных каналов, что определяется положением головы испытуемого во время вращения.

Указания к оформлению протокола: укажите характер и продолжительность нистагма у испытуемого. Полученные данные внесите в таблицу.

ПРОТОКОЛ

Положение головы	**Вид нистагма**	**Длительность нистагма**
Наклон вперед на 15°	Горизонтальный	
Наклон вперед на 90°	Ротаторный	
Наклон на левое или правое плечо	Вертикальный	

1. Объясните механизм поствращательного нистагма _____
_____

2) Перечислите другие раздражители, вызывающие нистагм: _____
_____

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 34 (16). ВКУСОВАЯ И ОБОНЯТЕЛЬНАЯ СИСТЕМЫ. СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНАЯ СИСТЕМА. НОЦИЦЕПТИВНАЯ СИСТЕМА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Обонятельная и вкусовая системы. Методы определения порога вкусового ощущения. Понятие функциональной мобильности вкусовых рецепторов. Полимодальность вкусового ощущения, роль обоняния в его формировании.

2. Соматосенсорная и висцеральная чувствительность. Пространственные пороги в различных областях тела. Сенсорный гомункулус. Роль во взаимодействии с окружающим миром и в оценке состояния внутренней среды организма.

3. Биологическое значение боли. Ноцицепция. Антиноцицептивные системы и нейрохимические механизмы их функционирования.

4. *Методы определения порогов вкусовой чувствительности и функциональной мобильности вкусовых рецепторов.*

Вопросы для самоподготовки:

1. К каким вкусовым веществам чувствительность человека максимальна?

2. При пассивном сгибании руки в лучезапястном суставе испытуемый утверждает, что рука не изменила своего положения. С нарушением функции какой сенсорной системы это может быть связано?

3. На человека действует болевой раздражитель. Можно ли, не спрашивая отчета об его ощущениях, узнать, что он чувствует боль?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 499–518.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 465–504.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 34.1. Исследование тактильной чувствительности. Эстезиометрия (измерение пространственных порогов)

Пространственный порог тактильной чувствительности характеризуется тем наименьшим расстоянием между двумя точками кожи, при одновременном раздражении которых возникает ощущение двух прикосновений.

***Материалы и оборудование*:** эстезиометр (циркуль Вебера), линейка.

Ход работы. Испытуемого сидит с закрытыми глазами. Эстезиометром с браншами, сведенными на расстояние 1 мм прикасаются к определенному участку кожи (см. протокол работы), испытуемый дает устный отчет, ощущает ли он одно прикосновения или два. Обе иглы эстезиометра должны прикасаться одновременно и с одинаковым давлением. Повторяют прикосновение, постепенно увеличивая расстояние между браншами эстезиометра (каждый раз на 1 мм), и находят то минимальное расстояние, при котором возникает ощущение двух раздельных прикосновений. Это расстояние является пространственным порогом для данного участка кожи.

Указания к оформлению протокола:

1. Определите пространственный порог на участках кожной поверхности, указанных в таблице.

2. Сравните пространственные пороги тактильной чувствительности исследованных участков кожи. Объясните причины их различия.

ПРОТОКОЛ

Кожная поверхность	Пространственный порог (в мм)
Внутренняя сторона предплечья	
Наружная сторона предплечья	
Кончик указательного пальца	
Щека	
Лоб	
Губа (красная кайма)	
Губа (носогубный треугольник)	

Вывод. Пространственные пороги тактильной чувствительности наименьшие на _____.
Причиной этого является _____
_____.

Работа 34.2. Исследование чувствительности вкусового анализатора

Материалы и оборудование: растворы поваренной соли, сахара, лимонной кислоты, глутамата Na и кофеина, каждый раствор в 4 концентрациях: 1 %, 0,1 %, 0,01 % и 0,001 %.

Ход работы. Испытуемому с помощью пипетки или в пробирке дают 2–3 мл раствора неизвестного ему вещества, начиная с минимальной его концентрации. Подержав раствор во рту 20–30 с (не глотая), он должен определить вкус раствора. Если испытуемый не может определить вкус, ему дают раствор с большей концентрацией вещества до тех пор, пока он уверенно не определит вкус. Концентрация раствора, в котором испытуемый правильно определил вкус вещества, является пороговой. Чем меньше эта концентрация, тем выше чувствительность к данному веществу.

Перед исследованием нового вкуса полость рта ополаскивается водой.

После определения порогов различения вкусов предложите испытуемому в течение 20–30 с прополоскать рот раствором с концентрацией большей, чем пороговая. Сразу после этого дайте ему 2–3 мл этого раствора в пороговой концентрации. Отметьте, смог ли испытуемый определить вкус раствора.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу, сравните пороги вкусовой чувствительности.
2. Оцените, как изменилась вкусовая чувствительность после ополаскивания полости рта раствором высокой концентрации.

ПРОТОКОЛ

Вещество	Пороговая концентрация, %
Горькое (кофеин или хинин)	
Сладкое (сахар)	
Соленое (поваренная соль)	
Кислое (лимонная кислота)	
Умами (глутамат натрия)	

Вывод. Пороги вкусовой чувствительности наименьшие к _____ _____. Биологический смысл этого явления заключается в том, что _____.

Вкусовая чувствительность после ополаскивания полости рта раствором высокой концентрации к данному вкусу _____, что указывает на развитие _____.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ 11. ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 35 (17). ВРОЖДЕННЫЕ И ПРИОБРЕТЕННЫЕ ФОРМЫ ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА К ИЗМЕНЕНИЮ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты), их значение для приспособительной деятельности организма.

2. Условный рефлекс как форма приспособления животных и человека к изменяющимся условиям существования. Классификация условных рефлексов. Механизмы образования условных рефлексов. Динамика нервных процессов: иррадиация, концентрация, индукция.

3. Понятие о торможении в высшей нервной деятельности. Виды торможения.

4. Учение И. П. Павлова о типах высшей нервной деятельности животных и человека, их классификация и характеристика.

5. Память, ее виды и механизмы.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем различия между схемами выработки классического павловского и оперантного условного рефлекса? Каковы результаты одного и второго?

2. Почему условное торможение называется условным?

3. Есть ли, по-Вашему, инстинкты у человека? Ответ обоснуйте.

4. В чем заключается отличие механизмов, лежащих в основе процессов кратковременной и долговременной памяти?

5. При исследовании памяти пациента просили передать просьбу человеку, сидящему в соседней комнате. Войдя в комнату, пациент не мог вспомнить задания. Объём кратковременной памяти — 3 знака на цифры и 2 знака на буквы. Выработка двигательных навыков не нарушена. Какой вид памяти нарушен у пациента? Повреждение каких структур ЦНС наиболее вероятно?

6. Какие три критерия лежат в основе классификации типов высшей нервной деятельности по Павлову?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 429–453.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 504–544.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 35.1. Определение объема кратковременной слуховой памяти с помощью буквенных и цифровых комплексов

Для быстрого определения объёма кратковременной памяти используют буквенные или цифровые сигнальные комплексы. При этом устанавливают то максимальное количество цифровых и буквенных знаков, которое человек может запомнить (на слух или глядя на табло) и воспроизвести с одного предъявления.

***Материалы и оборудование*:** таблицы с цифровыми или буквенными комплексами

***Ход работы*.** В работе используются две равноценные таблицы (35.1 и 35.2) с последовательными комплексами из букв или цифр. В каждой таблице имеется 8 таких рядов; число знаков в каждом ряду возрастает от 3 в первом ряду до 10 знаков в последнем. Работа выполняется в парах студентов. Один студент зачитывает другому строки из первой таблицы, начиная с самой короткой (например, 9, 7, 2 или А, Ы, О) со скоростью примерно 3 знака в 2 с. После каждого комплекса следует делать интервал в 5–7 с. Испытуемый должен сразу же повторить по памяти услышанный ряд в той же последовательности. Если ряд цифр (или букв) назван без ошибок, ему зачитывают следующую строку, в которой число элементов на 1 знак больше. После ошибки (пропуска или замены знака, или изменения последовательности их воспроизведения) зачитывают испытуемому новый комплекс с тем же числом элементов, теперь уже из второй таблицы. В случае успешного запоминания этого комплекса переходят к следующему комплексу с большим числом элементов. Если же ошибка допущена снова, то число знаков в последнем комплексе, воспроизведенном правильно, является верхним пределом объёма кратковременной памяти испытуемого.

С одного предъявления взрослый человек запоминает в среднем **7 ± 2 знака**. Аналогичные результаты получены при последовательном предъявлении геометрических фигур, изображений предметов или слов, не имеющих смысловой связи; при этом цифры и слова запоминаются лучше, чем буквы.

Таблица 35.1

9 7 2 **1 4 5 6** **3 9 3 1 8** **4 7 6 2 8 5** **3 1 5 6 2 9 7** **3 8 3 9 1 2 7 4** **7 6 4 5 8 3 1 2 9** **2 1 6 4 3 8 9 5 7 3**
А Ы О **Е Ю У Ы** **О У Ю Е А** **Ы О Е А Ю У** **У Е Ю А Ы О Е** **Ю А Е У О Ы А Ю** **А Ю Ы О У А Е Ы О** **Е У А Ы Е У Ю О А Ы**

Таблица 35.2

6 4 1 **2 7 3 5** **8 5 9 4 3** **7 6 5 2 9 4** **1 5 3 8 7 9 6** **2 9 6 8 1 3 5 7** **3 4 2 8 6 5 1 2 9** **4 7 9 5 3 8 8 2 1 5**
Ю Е Ы **У Е О А** **Ы О А Ю Е** **О Ы У Е А Ю** **Е У А Ю Ы Е О** **А Ю Ы У О А Ы У** **Ю Ы О А У Ы Ю Е А** **У Е Ю О Ы У А О Е Ы**

ПРОТОКОЛ

Объём кратковременной слуховой памяти:

цифры — _____ знаков, буквы — _____ знаков.

Вывод: _____

Работа 35.2. Определение объема смысловой (ассоциативной) памяти

Ассоциативная память основана на творческом установлении человеком смысловых связей между предъявляемым новым словом (явлением) и уже известными событиями (явлениями, предметами и т. д.) по ассоциации с целью увеличения возможностей запоминания и последующего воспроизведения новой информации.

Материалы и оборудование: ручки, чистые листы бумаги.

Ход работы. Студентам предлагается ряд слов (словосочетаний)[19], которые они должны запомнить, прослушав ***один раз*** (при медленном зачитывании). Для облегчения запоминания нужно фиксировать вызванные словами ассоциации, делая на бумаге пометки — символы или рисунки, но ***не слова***. Количество словосочетаний — 20; интервал времени между

[19] Примеры словосочетаний: (1) торопиться, (2) беспорядок, (3) анатомия, (4) горький, (5) скрытая причина, (6) майский день, (7) судьба, (8) верный друг, (9) вечный двигатель, (10) математическая точность, (11) испугаться, (12) быстрый шаг, (13) закон, (14) зубная боль, (15) тишина, (16) зимняя дорога, (17) пустая голова, (18) собачья жизнь, (19) перемена, (20) век.

ними должен быть достаточным для фиксации ассоциаций. Затем рисунки следует убрать и не возвращаться к ним в течение 30–60 мин. Через указанное время каждый студент должен самостоятельно с помощью своих пометок вспомнить и записать все словосочетания. Затем проверяют правильность воспроизведения и подсчитывают количество ошибок. Ошибкой считается любое отклонение от исходного словосочетания (замена слова, предлога, падежа и т. д.). За каждое правильно воспроизведенное словосочетание даётся по 1 баллу. Оцените результат по шкале, представленной ниже.

Оценка уровня развития ассоциативной (смысловой) памяти:

20 баллов — очень высоко развитая ассоциативная память;

16–19 баллов — высоко развитая ассоциативная память;

8–15 баллов — средне развитая ассоциативная память;

4–7 баллов — низко развитая ассоциативная память;

0–3 балла — слабо развитая ассоциативная память.

ПРОТОКОЛ

Количество ошибок _____. Сумма баллов _____.

Вывод: уровень развития смысловой памяти _____

Работа 35.3. Определение объема зрительной памяти

По данным классических исследований объем кратковременной зрительной памяти при предъявлении однородных объектов объем восприятия составляет 8–9 единиц. При предъявлении буквенных стимулов объем восприятия несколько ниже и составляет 6–7 единиц.

Материалы и оборудование: секундомер.

Цель работы: определить объем кратковременной зрительной памяти.

Ход работы. Испытуемому предъявляется таблица (см. прил. 6) с изображением 9 фигур и предлагается внимательно рассмотреть и запомнить эти фигуры в течение 10 секунд.

После чего испытуемому показывается вторая таблица (рис. 35.1) с бóльшим количеством фигур. Испытуемый должен обнаружить среди них фигуры первой таблицы и пометить обнаруженные фигуры в таблице либо нарисовать их отдельно на листе бумаги.

Вновь открывается исходная таблица (прил. 6) и оценивается корректность полученных результатов, подсчитывая количество правильно (M) и неправильно (N) узнанных фигур.

По формуле (см. протокол) рассчитывают уровень узнавания (Е). В выводе оценивают результат согласно следующим критериям:

Оценка объема зрительной памяти по уровню узнавания:

0,9–1 балл — высоко развитая зрительная память;

0,7–0,8 баллов — средне развитая зрительная память;

0,6 баллов и ниже — слабо развитая зрительная память;

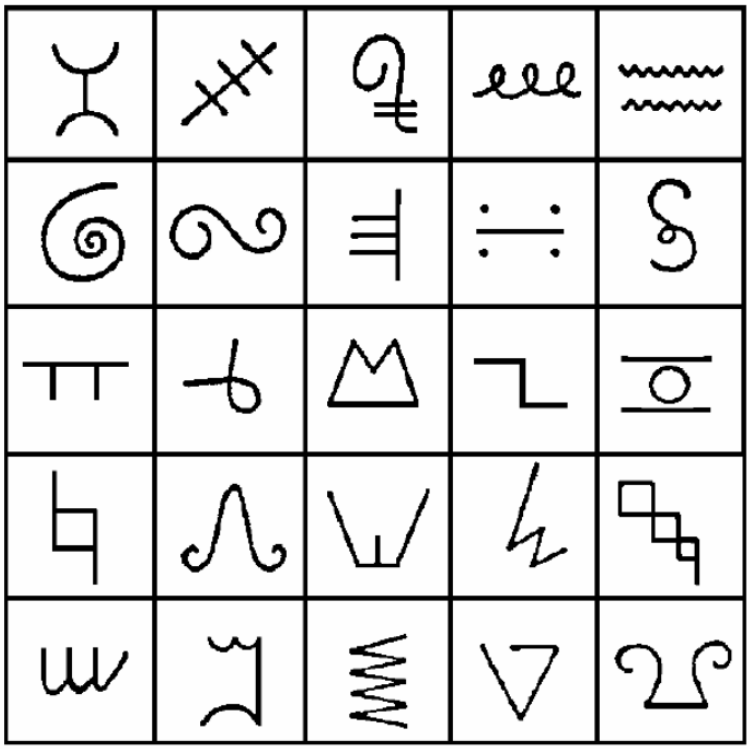


Рис. 35.1

ПРОТОКОЛ

M (число правильно узнанных фигур) = _____

N (число неправильно узнанных фигур) = _____

E (уровень узнавания) **= M / (9 + N)** = _____

Вывод: уровень зрительной памяти _____ (в норме, ниже нормы)

Работа 35.4. Оценка латентного периода простой и сложной сенсомоторной реакции

Работа выполняется в программе «**Eye_tests**» → «**Reaction test**». На темном экране появится светлый треугольник. Через 2–3 с он исчезнет. При его повторном появлении необходимо максимально быстро нажимать клавишу **Enter**. В верхней части экрана появится значение латентного периода Вашей простой сенсомоторной реакции в миллисекундах. При повторных измерениях показывается среднее значение за предшествую-

щие попытки. Повторите процедуру 5–6 раз, запишите итоговый результат как время простой сенсомоторной реакции.

Нажмите **Esc**, повторите тест сначала, при этом одновременно отнимая в уме число 7 от 200 и так далее (200 – 7 = 193, 193 – 7 = = 186 и т. д.) с максимальной скоростью. После 5–6 повторений запишите полученное значение латентного периода сложной сенсомоторной реакции.

ПРОТОКОЛ

Время простой сенсомоторной реакции _____ мсек.

Время сложной сенсомоторной реакции _____ мсек.

Вывод: время _____ сенсомоторной реакции больше по причине _____.

Исправить задания на страницах:	**Практические работы защищены:**

(подпись преподавателя)

«___» _____ _____
число месяц год

Занятие 36 (18). ВЫСШИЕ ИНТЕГРАТИВНЫЕ ФУНКЦИИ МОЗГА КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА

Основные (экзаменационные) вопросы:

1. Потребности и мотивации: классификация, механизмы возникновения. Роль мотиваций в целенаправленном поведении (на примере пищедобывательного поведения). Понятие об архитектуре целостного поведенческого акта с позиции теории функциональных систем (П. К. Анохин).

2. Эмоции, их виды и функции, связь с потребностями и мотивациями. Механизмы формирования эмоций. Произвольные и непроизвольные проявления эмоций. Эмоциональный стресс как фактор риска для здоровья человека.

3. Сон. Современные представления о его роли и механизмах. Фазы сна. Изменение соматических и вегетативных функций в различные фазы сна.

4. Речь, ее виды и функции. Мышление. Функциональная асимметрия коры больших полушарий, связанная с развитием речи у человека.

5. Внимание и его роль в запоминании и обучении. Сознание.

Вопросы для самоконтроля:

1. В какую из фаз сна отмечается минимальный тонус скелетных мышц?

2. Назовите главные области ассоциативной коры мозга человека.

3. Как изменится поведение человека при повреждении лобной коры?

4. При каком виде афазии у человека нарушены понимание и смысл речи при сохранении способности бегло говорить?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная* физиология : учеб. / А. А Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск, 2021. С. 454–469.

Дополнительная

3. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. С. 544–593.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 36.1. Проявление функциональной асимметрии полушарий

В мозге человека имеется два полушария, каждое из которых «отвечает» за свои функции организма и психики: правое — «образное», левое — «логическое». Доминирование того или иного полушария предопределяет тип личности — художественный или мыслительный.

Для *художественного типа*, т. е. людей, у которых доминирует правое полушарие мозга, характерны яркие образы, возникающие в результате живого восприятия, эмоций.

У представителей *мыслительного* — левополушарного типа — преобладают абстракции, логические рассуждения. Спорить, кто из них умнее, нет смысла, поскольку речь идет о двух различных способах человеческого восприятия мира.

Внешние проявления функциональной асимметрии мозга позволяют делать вывод о некоторых наиболее характерных чертах личности.

***Материалы и оборудование*:** бумага, калькулятор.

Ход работы. Ответьте на следующие вопросы, пользуясь 11-балльной системой. Категоричному отрицанию соответствует 0 баллов, безоговорочному согласию — 10. Но если, например, первый же вопрос поставит вас в тупик, поскольку вы не относите себя к мрачным личностям, но в то же время не торопитесь пополнить ряды счастливых оптимистов, то в вашем распоряжении все остальные баллы — от 1 до 9. При необходимости, используйте аналоговую шкалу:

0——1——2——3——4——5——6——7——8——9——10

(абсолютно «нет») **(абсолютно «да»)**

1. У меня преобладает хорошее настроение.
2. Я помню то, чему училась(ся) несколько лет назад.
3. Прослушав раз-другой мелодию, я могу правильно воспроизвести ее.
4. Когда я слушаю рассказ, то представляю его в образах.
5. Я считаю, что эмоции в разговоре только мешают.
6. Мне трудно дается математика.
7. Я легко запоминаю незнакомые лица.
8. В группе приятелей я первым(ой) начинаю разговор.
9. Если обсуждают чьи-то идеи, я требую аргументов.
10. У меня преобладает плохое настроение.

Указание к оформлению протокола:

Сумма баллов по пунктам 1, 2, 5, 8, 9 (Л) = _____

Значение **Л** характеризует левое полушарие.

Сумма балов по пунктам 3, 4, 6, 7, 10 (П) = _____

Значение **П** характеризует правое полушарие.

Разница Л – П = _____ баллов

Анализ результатов:

1. **Л больше П**. Если различие превышает 5 баллов, велика вероятность, что у Вас преобладает логический тип мышления.

2. **П больше Л**. Вероятно, у Вас преобладает художественный тип мышления.

3. **П равно Л**. Наиболее вероятно, что у Вас в равной степени сочетаются логический и художественный типы мышления.

Вывод: _____

Работа 36.2. Оценка параметров внимания при помощи корректурной пробы

Внимание — один из главных психологических процессов, влияющих на способность к обучению, успешность учебной и профессиональной деятельности.

Основные характеристики внимания:

– *устойчивость* — способность сохранения внимания на одном и том же, достаточно высоком уровне в течение длительного периода времени;

– *переключение* — свойство, которое характеризуется скоростью переключения внимания с одного объекта или события на другие, способность отвлекаться от первого и сосредоточиваться на втором;

– *объём внимания* — это количество объектов или событий, которые одновременно могут находиться в сфере внимания человека.

Корректурная проба, впервые предложенная B. Bourdon в 1895 г., позволяет оценить способность к концентрации и устойчивости внимания.

Материалы и оборудование: секундомер, стандартные корректурные таблицы (см. приложение 5), карандаш.

Ход работы. Работа выполняется как индивидуально, так и в группе, с использованием стандартных корректурных таблиц. Время выполнения — 5 минут. Стандартные корректурные таблицы содержат 1600 знаков.

По сигналу испытуемые должны начать внимательно просматривать каждый ряд таблицы слева направо, находить и зачеркивать ту букву, с которой данный ряд начинается. Работа проводится на время с максимальной скоростью и точностью. Через каждую минуту по команде «черта» отметьте вертикальной линией то место на бланке, где вас застала эта команда. Работа прекращается по команде «стоп».

Указания к оформлению протокола:

1. Определить количество букв, просмотренных за каждую минуту, и пять минут в целом.

2. Определить количество ошибок (пропущенные и зачеркнутые не оговоренные заданием буквы), допущенных в процессе работы за каждую минуту, и все пять минут.

3. Рассчитайте показатели внимания за каждую минуту работы и за пять минут в целом.

4. Постройте график изменения показателя продуктивности и устойчивости внимания **S** во времени за все пять минут измерения.

Оценка результатов:

Объем внимания оценивается по количеству просмотренных за 5 минут знаков (в норме 850 и более букв).

Концентрация внимания оценивается по количеству допущенных за 5 минут ошибок (в норме 5 и менее).

Продуктивность и устойчивость внимания рассчитываются по формуле:

$$\mathbf{S = (0.5\ N - 2.8\ n) : t},$$

где S — показатель продуктивности и устойчивости внимания в единицу времени; N — количество просмотренных знаков в единицу времени; n — количество ошибок, допущенных в единицу времени; t — время работы **(секунды)**.

Таблица 36.1

S, бит/с	**Продуктивность и устойчивость внимания**
Выше 3,25	Очень высокие
2,1–3,25	Высокие
1,6–2,1	Средние
1,3–1,6	Низкие
0,0–1,3	Очень низкие

ПРОТОКОЛ

Время /показатель	**N**	**n**	**S**
1-я минута			
2-я минута			
3-я минута			
4-я минута			
5-я минута			
За все пять минут			

Динамика изменения продуктивности и устойчивости внимания

Вывод: Объем, продуктивность и устойчивость внимания: _____ (в норме /снижены)

Работа 36.3. Методика «Тест нервно-психической адаптации»

Тест (опросник) «Нервно-психическая адаптация» (НПА) (И. Н. Гурвич, 1992) предназначен для определения уровня текущей адаптации организма путем установления наличия, времени возникновения и выраженности у индивида 26 суждений-жалоб (см. бланк методики). Методологической основой теста послужила концептуальная модель предболезненных состояний в психиатрии. Выделение автором 26 жалоб-суждений осуществлено таким образом, чтобы набор был достаточным для отражения «движения» индивида от абсолютной нормы к болезненному расстройству.

Шкала теста обратная (чем выше значение, тем хуже). Ответы на тест не являются основанием для установления диагноза, а сам тест предназначен для здоровых людей.

Суждения (симптомы) в опроснике делятся на преимущественно эмоциональные (например, «изменения настроения»), поведенческие (например, «трудности в общении с людьми») и вегетативные. Последние можно разделять на симпатические («головные боли», «невозможность сдержать проявления своих чувств», «дрожание рук и ног», «сердцебиения» и др.), парасимпатические (головокружения и «боязнь высоты», «опасения покраснеть на людях», «повышенная потливость» и др.) и смешанные. Такое разделение условное — за каждым эмоциональным проявлением закономерно следует поведенческая реакция (например, «боязнь темноты» вынуждает человека избегать темных помещений и пр.). Появление и выраженность вегетативных реакций носят вероят-

ностный характер: в качестве сопровождения эмоциональных и поведенческих реакций они могут (не могут) появиться.

Классификация жалоб по срокам появления и длительности манифестации позволяет преходящие («было в прошлом, сейчас нет») и актуальные («появилось в последнее время») реакции определять, как саногенные (сигнализирующие). Жалобы, которые «есть уже длительное время», определяются как психофизиологические состояния; которые «есть и всегда были» — как развитие личности или вероятно развивающееся заболевание и относить их к прогностически неблагоприятным (патогенным). Подобный анализ индивидуальных результатов выборок людей позволяет изучать распространенность отдельных жалоб и их групп; устанавливать взаимосвязи между собой и зависимости показателя НПА от параметров функционирования других систем.

Ход работы. В опроснике (см. прил. 7) предлагается 26 утверждений в виде жалоб (симптомов). Если их у Вас никогда не было, поставьте знак «+» в графе «нет и никогда не было». Если они имели или имеют место, поставьте знак «+» в соответствующей графе регистрационного бланка: «есть и всегда было» — всю сознательную жизнь, «есть уже длительное время» — время учебы в средней школе, «появилось в последнее время» — время учебы в университете; «было в прошлом, но сейчас нет» — на Ваше решение. Правильных или неправильных ответов нет. Наиболее верным является ответ, пришедший в голову первым.

Обработка теста проводится путем подсчета и суммирования количества «крестиков» на бланке. При этом каждому крестику в графе «есть и всегда было» (развитие личности) присваивается 4 балла; в графе «есть уже длительное время» (состояние) — 3 балла; в графе «появилось в последнее время» (актуальная реакция) — 2 балла; «было в прошлом, но сейчас нет» (преходящая реакция) — 1 балл; в графе «нет и никогда не было» — 0 баллов.

Оценка по среднепопуляционным нормативам (И. Н. Гурвич, 1992):

– здоров (0–9 баллов);

– оптимальная адаптация (10–12 баллов);

– непатологическая нервно-психическая дезадаптация (13–19 баллов);

– патологическая нервно-психическая дезадаптация (20–23 балла);

– вероятно болезненное состояние (24 и более баллов).

При полученных значениях от 24 и выше для юношей, 31 и выше для девушек (III и IV группы) испытуемым следует обратиться за помощью к специалисту.

ПРОТОКОЛ

Количество баллов: _____

Вывод (оцените Ваше состояние НПА): _____

Работа 36.3. Изучение функциональной системы целенаправленного поведения (выполняется дома самостоятельно)

Ход работы. Заполните схему функциональной системы целенаправленного поведения по П. К. Анохину (рис. 36.1).

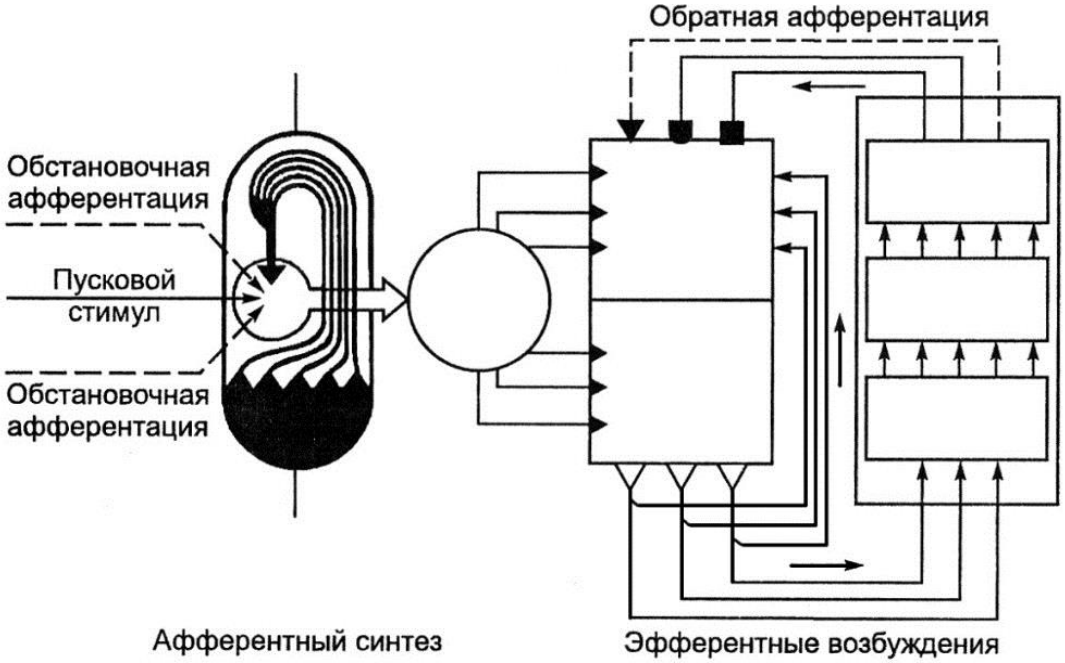


Рис. 36.1

Памятка по допуску обучающегося к экзамену по нормальной физиологии

Студент допускается к сдаче экзамена по нормальной физиологии при условии успешной защиты всех лабораторных работ и отсутствия пропусков лабораторных занятий и лекций или их своевременной отработки. При расчёте рейтинга студента учитываются все отметки, включая полученные по результатам сдачи и пересдачи итоговых занятий, отработки учебных занятий. Рейтинг студента учитывается при первой попытке сдачи экзамена по нормальной физиологии. При второй и последующих попытках рейтинг студента не учитывается.

Информация об обучающихся, не допущенных к сдаче экзамена по нормальной физиологии, незамедлительно передаётся в деканат соответствующего факультета. Недопуск к экзамену по нормальной физиологии не лишает обучающегося права сдавать зачёты или экзамены по другим учебным дисциплинам, но приводит к формированию у обучающегося академической задолженности по нормальной физиологии.

Исправить задания на страницах:	Практические работы защищены:

(подпись преподавателя)

Приложение 1

ОСНОВНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

КРОВЬ

Лейкоцитарная формула (% соотношение разных видов лейкоцитов)

Гранулоциты					Агранулоциты	
Нейтрофилы			Базофилы	Эозинофилы	Лимфоциты	Моноциты
юные	палочкоядерные	сегментоядерные				
0–1 %	1–5 %	46–78 %	0–1 %	1–5 %	18–40 %	2–10 %

1. Количество крови 6–8 % от массы тела.
2. Количество тромбоцитов в периферической крови $(140–450)\cdot10^9$/л.
3. Объем плазмы 51–64 % от всей крови.
4. Осмоляльность плазмы крови 290 ± 10 мОсм/кг (7,3 атм. или 5600 мм рт. ст., или 745 кПа).
5. Онкотическое давление плазмы 25–30 мм рт. ст.
6. Содержание белков в плазме 60–85 г/л.

   Содержание альбуминов 38–50 г/л.
   Содержание глобулинов 20–36 г/л.
   Содержание фибриногена 2–4 г/л.
7. Содержание глюкозы в цельной капиллярной (венозной) крови 3,33–5,55 ммоль/л.
8. pH артериальной крови 7,35–7,45.
9. Вязкость крови 4,5–5,0 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.

   Вязкость плазмы 1,8–2,2 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.
10. Относительная плотность (удельный вес) крови 1,050–1,062 г/мл.
    Относительная плотность (удельный вес) плазмы 1,029–1,032 г/мл.

ЛИКВОР (цереброспинальная жидкость, спинномозговая жидкость).

1. Количество ликвора 10 % от массы мозга или 90–150 мл.
2. Суточная ликворопродукция 500 мл.
3. Цвет ликвора — бесцветный; прозрачность ликвора — прозрачный.
4. pH ликвора 7,35–7,40, вода — 99 %.
5. Осмоляльность ликвора 290 ± 10 mosol/kg.
6. Содержание белка в ликворе 0,10–0,33 г/л:

   альбумины 46,6–52,8 %;
   глобулины 53,4–47,2 %.

7. Относительная плотность ликвора 1,003–1,008 г/мл.
8. Количество клеток в ликворе $(1–5)\cdot 10^6$/л (в основном, лимфоциты).

ЛИМФА

1. Количество в организме 2–3 л.
2. Лимфообразование за сутки составляет 2–5 % от массы тела.
3. Основные клетки лимфы — лимфоциты [$(2–25)\cdot 10^9$/л].
4. Содержание белка: 15–60 г/л (в зависимости от места образования лимфы).
5. Лимфакрит: 1–2 %.

Приложение 2

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ФИЗИОЛОГИИ

Физиология — наука о жизненных функциях организма, механизмах их осуществления и регуляции.

Физиологическая функция — проявление жизнедеятельности организма и его составных частей (клеток, тканей, органов и систем органов).

(Как правило, физиологическую функцию можно выразить через ряд показателей (параметров функции)).

Регуляция — минимизация отклонения параметров функции либо их приспособительное изменение.

Гомеостаз — относительное постоянство параметров внутренней среды организма (а также показателей его жизненных функций), как результат относительно стабильной работы регуляторных механизмов.

Рефлекс — стереотипная ответная реакция организма на действие раздражителя, осуществляющаяся посредством нервной системы.

Рефлекторная дуга — нейронная цепь, передающая сигнал от рецептора к эффектору.

Сигнал — разнообразные виды вещества и энергии, передающие информацию.

Гормоны — сигнальные молекулы, обладающие высокой биологической активностью, высвобождаемые специальными эндокринными железами в кровь, и специфически (избирательно) воздействующие на удаленно расположенные клетки-мишени, имеющие рецепторы к ним.

(Вещество, связывающееся с рецептором, называется лигандом. Таким образом, все гормоны являются лигандами для своих рецепторов. Но не все лиганды являются гормонами).

Возбудимость — свойство нервных и мышечных тканей возбуждаться, то есть отвечать на воздействие раздражителя генерацией потенциалов действия.

Потенциал покоя — разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностью мембраны клетки в состоянии физиологического покоя.

Потенциал действия — быстрое, высокоамплитудное изменение разности потенциалов на мембране клетки с инверсией знака заряда на противоположный.

Приложение 3

Таблицы Гаррис–Бенедикта (мужчины)

ТАБЛИЦА А

КГ	ККАЛ	КГ	ККАЛ	КГ	ККАЛ
3	107	40	617	77	1125
4	121	41	630	78	1139
5	135	42	644	79	1153
6	148	43	658	80	1167
7	162	44	672	81	1180
8	176	45	685	82	1194
9	190	46	699	83	1208
10	203	47	713	84	1222
11	217	48	727	85	1235
12	231	49	740	86	1249
13	245	50	754	87	1253
14	258	51	768	88	1277
15	272	52	782	89	1290
16	286	53	795	90	1304
17	300	54	809	91	1318
18	313	55	823	92	1332
19	327	56	837	93	1345
20	341	57	850	94	1359
21	355	58	864	95	1370
22	368	59	878	96	1387
23	382	60	892	97	1406
24	396	61	905	98	1414
25	410	62	919	99	1428
26	424	63	933	100	1442
27	438	64	947	101	1455
28	452	65	960	102	1469
29	465	66	974	103	1483
30	479	67	988	104	1497
31	498	68	1002	105	1510
32	507	69	1015	106	1524
33	520	70	1029	107	1538
34	534	71	1043	108	1552
35	548	72	1057	109	1565
36	562	73	1070	110	1579
37	575	74	1084	111	1593
38	589	75	1098	112	1607
39	603	76	1112	–	–

ТАБЛИЦА Б ВОЗРАСТ В ГОДАХ														
См	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
92	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
96	140	113	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
100	180	153	128	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
104	220	193	168	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
108	260	233	208	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
112	300	273	248	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
116	340	313	288	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
120	380	353	328	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
124	420	393	368	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
128	460	433	408	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
132	500	473	448	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
136	540	513	488	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
140	580	553	528	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
144	620	593	568	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
148	660	663	608	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
152	700	673	648	619	605	592	578	565	551	538	524	511	497	484
156	740	713	678	639	625	612	598	585	571	558	544	531	517	504
160	780	743	708	659	645	632	618	605	591	578	564	551	537	524
164	810	773	738	679	665	652	638	625	611	598	584	571	557	544
168	840	803	768	699	685	672	658	645	631	618	604	591	577	564
172	860	823	788	719	705	692	678	665	651	638	624	611	597	584
176	880	843	808	739	725	712	698	685	671	658	644	631	617	604
180	900	863	828	759	745	732	718	705	691	678	664	651	637	624
184	920	883	848	779	765	752	738	725	711	698	684	671	657	644
188	940	903	868	799	785	772	758	745	731	718	704	691	677	664
192	–	923	888	819	805	792	778	765	751	738	724	711	697	684
196	–	–	908	839	825	812	798	785	771	758	744	731	717	704
200	–	–	–	859	845	832	818	805	791	778	764	751	737	724

Таблицы Гаррис–Бенедикта (женщины)

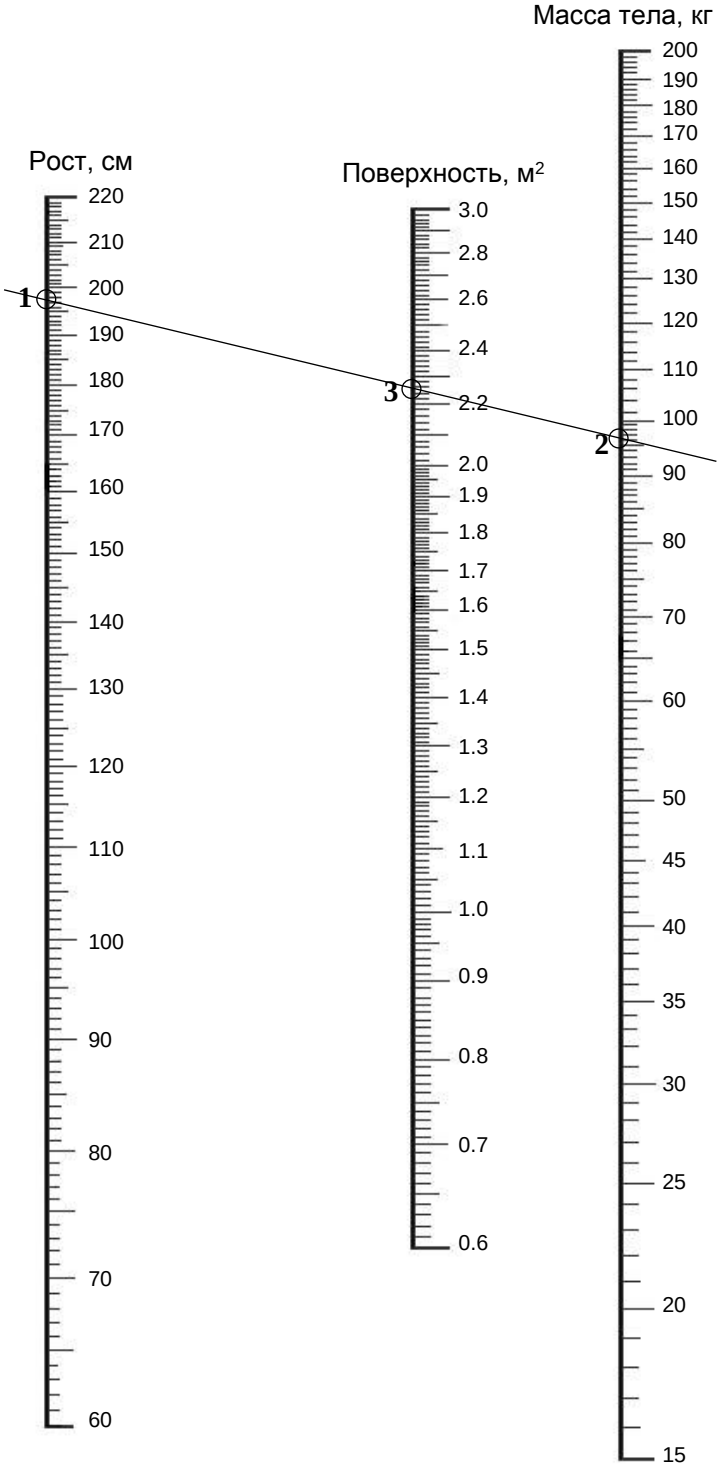
ТАБЛИЦА А

КГ	ККАЛ	КГ	ККАЛ	КГ	ККАЛ
3	683	41	1047	79	1411
4	693	42	1057	80	1420
5	702	43	1066	81	1430
6	712	44	1076	82	1439
7	721	45	1085	83	1449
8	731	46	1095	84	1458
9	741	47	1105	85	1468
10	751	48	1114	86	1478
11	760	49	1124	87	1487
12	770	50	1133	88	1497
13	779	51	1143	89	1506
14	789	52	1152	90	1516
15	798	53	1162	91	1525
16	808	54	1172	92	1535
17	818	55	1181	93	1544
18	827	56	1190	94	1554
19	837	57	1200	95	1564
20	846	58	1210	96	1573
21	856	59	1219	97	1583
22	865	60	1229	98	1592
23	875	61	1238	99	1602
24	885	62	1248	100	1611
25	894	63	1258	101	1621
26	984	64	1267	102	1631
27	913	65	1277	103	1640
28	923	66	1286	104	1650
29	932	67	1296	105	1650
30	942	68	1305	106	1669
31	952	69	1315	107	1678
32	961	70	1352	108	1688
33	971	71	1334	109	1698
34	980	72	1344	110	1707
35	990	73	1353	111	1717
36	999	74	1363	112	1725
37	1009	75	1372	113	1736
38	1019	76	1382	114	1745
39	1028	77	1391	115	1755
40	1038	78	1401	–	–

ТАБЛИЦА Б ВОЗРАСТ В ГОДАХ														
См	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
88	43	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
92	27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
96	11	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
100	5	5	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
104	21	11	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
108	37	27	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
112	53	43	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
116	69	59	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
120	85	75	66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
124	101	101	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
128	117	107	98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
132	133	123	114	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
136	140	139	130	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
140	165	151	146	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
144	181	171	162	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
148	197	187	178	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
152	212	201	192	183	174	165	165	146	136	127	117	108	99	89
156	227	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97
160	242	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	114	104
164	257	243	234	205	196	186	177	168	158	149	130	121	123	112
168	271	255	246	213	203	194	184	166	156	158	147	138	128	119
172	285	267	253	220	211	201	192	183	173	164	154	145	136	126
176	299	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134
180	313	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141
184	327	303	294	242	233	223	214	205	195	186	177	167	168	149
188	–	313	304	250	240	231	221	212	203	193	184	175	165	156
192	–	323	314	257	248	230	229	220	210	201	191	182	173	163

Приложение 4

Номограмма для определения площади поверхности тела



Приложение 5

Стандартная буквенная таблица для корректурной пробы[20]

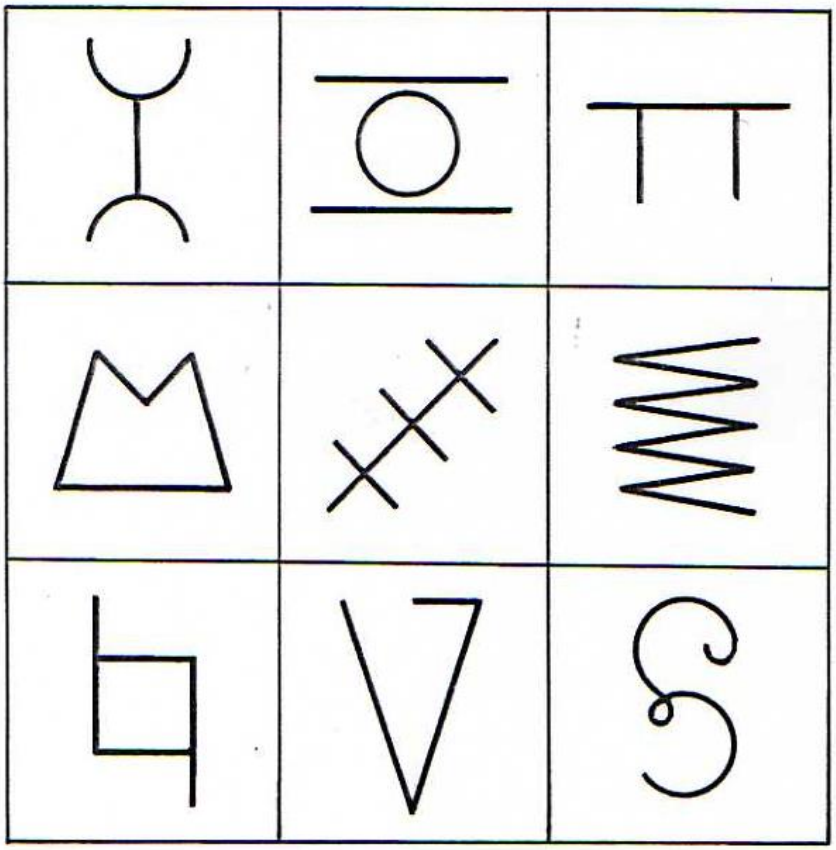
```
СХАВСХЕВИХНИСХНВХВКМНАИСЕМВХЕНАИСНПУКСОВ
ВЕНХИВСНАВВСАВСАЕКМАХВКЕОРУМЛПНАВЫВАМПРИ
НХСРОВНВОТКНЛМЧАМОЛТВНЛМИСМГУБВВНСМЛОТЛБ
ХАКИТОНВММБЛЧСХНГХАИХКМИНГСБЧХФИСБЛМОГНХ
АХВСТМОНЕУБСТГАХЫЧНАТНВЛСМНГАХВВЛГМВЕМНМ -
СОРНВУЛОНСМСЛНХЧССИОЛКОМГИСМВЛХТСИМНЕПСМ
УХРАОПНИСМИОТУХНГВЛБЯШГВИМТСНУХЛОГНЦСИМУ
ИКНГАЕПВОРСМИТУХЫЖБСИНУХТЯДЛАНТСИМХВУМОЛ
БВАПМИСРОКНЕОЛЭТФОЕУБВОАЖМБНАОПМЮЭХЦШАМБ
СИТНЫДАОРЕГСМИТАНЦХЭОАЛСЬМАЫЖЧТСНМКЕАВЭХ --
ВАПУЕКАЧМСИТВДЛМТИНФЭЧБГГКПБЯЕХЮЩАНСМВАТ
ЕКНМСИТВДЮБСЕГОВЧБЯЕХЮТГМИОУЕАВСБЮЫХЦТМА
МНГАЕЛИЬЮМПВЕХФЛУЕАСМОЛВГОИБЧСМКЕНГОВМАЕ
ХВАМСИРНКЕГОМЛЭЮБСМИХВАНЕГЛХУЫМСОЛЭТЕТМГ
НГМИТГОЛХИНАПМТИНГОЛЭСВАИНРХВАЛЭЮМИНЕРПМ -
АПРВМИСНКМГОАМИВТХИНВЕАПРОЛАИСЕНВХАЭВММА
БВМИЕНКЛОВМАБХМКЕНГИТМАБЛОМНГЕОЭЛАВТММБМ
УИМЕВАРПОТИМТИГОХЮБТИСМУЛОАНЕГИАУФВАСМИА
ТНГОРАМИСПАРВЭМТСАШНКТОВМНГАРМИСТЭХВМИМТ
ВАПНСИМОЛХЭВТОЕНГАМИСВДЛАРПНМГМИТСЮБВАХЭ --
ЛНХЧССИОЛКОДЛМТИНБТИСМУЛПРОИСМЕАЛОВБИТЮМ
ОРЕГСМИТАМКМАХВКЕОРУМФЭЧБГГКОРМГСММИИРША
УКЕНАПМСИРВШОРОАПМУЕКНГТСОЭВКЕНВУАЕПИСФМ
БЯЕХЮСМВПАЕВКБЛВРАНГЕИМТБДЮАПОРАОШУОВЛФЕ
МТОНАПСМИВПРАОЭХШКНЕВАСМИФАВКЕНСИАРЕОТИВ -
КХАПРСМИТОВПНАКМГОДЛАТСИВПАМКЕГНХЛОЫВАПК
СММИВПАЕАНКГАРОАИПТСМСВПАЕНУГКНРИМИМЕАТ
ИТОСМШВАЕАУКГНВДЛАОПЭБТСИМПВАМБЛЧСМИВАЭХ
ХВАПРСМИТСФШВХАПКЕНУИТСОЛЭВАТИСРЕВШЛАОЭМ
ЕНГАРПСМИВАПРОИТИСМПВАЕУХЭДВАПРСШМИАПКНВ --
ГОВРПАШКНСИТВОГАЭЩДАРСМИВАКМНЦГСИТЛВОАРО
АБСРПВАМКЕНГМТИБЛВЭСИВАЕНВЛОАРШАМИАХУФАП
ВОЛСМИАПНШУХЭВТСИАПАМНЕВРЛЕЧСАВКАИСМРАЕВ
РОВНВШТЛМТИРОТИМРШНЭХВАПСРТИМКМПВГКНЕПРА
БВАЕКУМИЦФЭЕАПРСИМХБВАЛОКЕНГМИБЭЛАЮВСМИЕ -
АУКШНМИСМАВОРИТБЭВОРАМНКГЛОМИСТЦЯХЭЛАОРС
КНАЕВПСМИМРЛЭЯБСМИКШВПОЛЭХУНВЕКПРВСМИТОР
ИМАКЕНВАЭОЛМТИСПЕАНВШГФХВПАРУЛОСИМТРОАХЕ
ХКЕНИСМПВАМЧСИТВАРПОЛХГНКЕЭФЫВУКЕСИМАПХА
ТОРВМСИПЕУКНВГЛОЭХФЦУЕМСИТМОАРПНЕКХНКШАГ --
```

[20] Одной чертой «–» отмечены деления по 5 строк, двумя «– –» — по 10 строк. Всего в таблице на каждой странице по 40 строк. В каждой строке 40 символов. Всего 1600 + 1600 = 3200 символов.

ГИТВОГАЭЩДАРСМИВАКМНЦГСОВРПАШКНСИТЛВОАРО
ЕХЮТГМИОУЕАВСКНМСИТВДЮБСЕГОВЧБЯЕБЮЫХЦТМА
НСМГУНЛМИНСМЛОТБВВХСРОВНВОТКНЛМЧАМОЛТВЛБ
БНЯЕХЮСМБДЮАПОРАОШУВПАЕВКЛВРАГБЕИМТОВЛФЕ
АХВСТМОНЕУБСТГАХЫЧНАТНВЛСМНГАХВВЛГМВЕМНБ -
КНАЕВПСМИМРЛЭЯБСМИКШВПОЛЭХУНВЕКПРВСМИТОР
УХРАОПНИСМИОТУХНГВЛБЯШГВИМТСНУХЛОГНЦСИМУ
ВАПУЕКАЧМСИТВДЛМТИНФЭЧБГГКПБЯЕХЮЩАНСМВАТ
УИМЕВАРПОТИМТИГОХЮБТИСМУЛОАНЕГИАУФВАСМИА
ИКНГАЕПВОРСМИТУХЫЖБСИНУХТЯДЛАНТСИМХВУМОЛ --
СИТНЫСМИТАНЦХЭОАЛСЬМАЫДАОРЕГЖЧТСНМКЕАВЭХ
МНГАЕЛИЬЮМПВЕХФЛУЕАСМОЛВГОИБЧСМКЕНГОВМАЕ
НГМИТГОЛХИНАПМТИНГОЛЭСВАИНРХВАЛЭЮМИНЕРПМ
ХВАПРСМИТСФШВХАПКЕНУИТСОЛЭВАТИСРЕВШЛАОЭМ
СХАВИХНСХХНВЕВИСХВКМНАИСЕМВХЕНАИСНПУКСОВ -
ВОЛСМИАПНШУХЭВТСИАПАМНЕВРЛЕЧСАВКАИСМРАЕВ
АПРВМИСНКМГОАМИВТХИНВЕАПРОЛАИСЕНВХАЭВММА
ИТОСМШВАЕАУКГНВДЛАОПЭБТСИМПВАМБЛЧСМИВАЭХ
БВМИЕНКЛОВМАБХМКЕНГИТМАБЛОМНГЕОЭЛАВТММБМ
ТНГОРАМИСПАРВЭМТСАШНКТОВМНГАРМИСТЭХВМИМТ --
БВАЕКУМИЦФЭЕАПРСИМХБВАЛОКЕНГМИБЭЛАЮВСМИЕ
ВАПНСИМОЛХЭВТОЕНГАМИСВДЛАРПНМГМИТСЮБВАХЭ
ХВАМСИРНКЕГОМЛЭЮБСМИХВАНЕГЛХУЫМСОЛЭТЕТМГ
ЛНХЧССИОЛКОДЛМТИНБТИСМУЛПРОИСМЕАЛОВБИТЮМ
ХКЕНИСМПВАМЧСИТВАРПОЛХГХКЕЭФЫВУКЕСИХАПХА -
ОРЕГСМИТАМКМАХВКЕОРУМФЭЧБГГКОРМГСММИИРША
БВАПМИСРОКНЕОЛЭТФОЕУБВОБЖМБНАОПМЮЭХЦШАМБ
УКЕНАПМСИРВШОРОАПМУЕКНГТСОЭВКЕНВУАЕПИСФМ
МТОНАПСМИВПРАОЭХШКНЕВАСМИФАВКЕНСИАРЕОТИВ
СОРНВУЛОНСМСЛНХЧССИОЛКОМГИСМВЛХТСИМНЕПСМ --
КХАПРСМИТОВПНАКМГОДЛАТСИВПАМКЕГНХЛОЫВАПК
ТОРВМСИПЕТКНВГЛОЭХФЦУЕМСИТМОАРПНЕКХНТШАГ
СММИВПАЕАНКГАРОАИПТСМСВПАЕНУГКНРИМИМЕАТ
ВЕНХИВСНАВВСАВСАЕКМАХВКЕОРУМЛПНАВЫВАМПРИ
ЕНГАРПСМИВАПРОИТИСМПВАЕУХЭДВАПРСШМИАПКНВ -
АБСРПВАМКЕНГМТИБЛВЭСИВАЕНВЛОАРШАМИАХУФАП
ХАКИТОНВММБЛЧСХНГХАИХКМИНГСБЧХФИСБЛМОГНХ
РОВНВШТЛМТИРОТИМРШНЭХВАПСРТИМКМПВГКНЕПРА
АУКШНМИСМАВОРИТБЭВОРАМНКГЛОМИСТЦЯХЭЛАОРС
ИМАКЕНВАЭОЛМТИСПЕАНВШГФХВПАРУЛОСИМТРОАХЕ -

Приложение 6

Стимульные таблицы для определения объема зрительной памяти
(предъявляются в течение 10 секунд!)



Приложение 7

Опросник методики НПА (посчитайте суммарное количество баллов)

Дата _____

Тексты жалоб	**Есть и всегда было** *(4 балла)*	**Есть уже длительное время** *(3 балла)*	**Появилось в последнее время** *(2 балла)*	**Было в прошлом, но сейчас нет** *(1 балл)*	**Нет и никогда не было** *(0 баллов)*
1. Бессонница					
2. Ощущение, что окружающие неодобрительно ко мне относятся					
3. Головные боли					
4. Изменение настроения без видимых причин					
5. Боязнь темноты					
6. Чувство, что я хуже других людей					
7. Склонность к слезам, плаксивость					
8. Ощущение «комка» в горле					
9. Боязнь высоты					
10. Быстрая утомляемость, чувство усталости					
11. Неуверенность в себе и своих силах					
12. Сильное чувство вины					
13. Опасения по поводу тяжелого заболевания					
14. Боязнь находится одному в помещении или на улице					
15. Опасение покраснеть «на людях»					
16. Трудности в общении с людьми					
17. Необоснованный страх за себя, других людей, боязнь каких-либо ситуаций					
18. Дрожание рук и ног					
19. Невозможность сдерживать проявления своих чувств					
20. Сниженное или подавленное настроение					
21. Сердцебиение					
22. Беспричинная тревога, предчувствия, что может произойти что-то неприятное					
23. Безразличие ко всему					
24. Раздражительность, вспыльчивость					
25. Повышенная потливость					
26. Чувство слабости					

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бертрам, Г. К.* Базисная и клиническая фармакология. В 2 т. / Г. К. Бертрам. Москва : Бином, Санкт-Петербург : Невский диалект, 1998. Т. 1, 2.

2. *Болезни* органов эндокринной системы : руководство для врачей / И. И. Дедов [и др.] ; под ред. акад. РАМН И. И. Дедова. Москва : Медицина, 2000. 568 с.

3. *Гематология* : новейший справочник / под общ. ред. К. М. Абдулкадырова. Москва : Эксмо, Санкт-Петербург : Сова, 2004. 928 с.

4. *Зильбернагль, С.* Наглядная физиология / С. Зильбернагль, А. Деспопулос ; пер. с англ. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 408 с.

5. *Кубарко, А. И.* Физиология эндокринной системы / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев. Минск : МГМИ, 1995. 27 с.

6. *Лабораторная* диагностика и функциональные пробы в детской эндокринологии / В. Л. Лесс [и др.] ; под ред. Н. П. Шабалова. Санкт-Петербург : Специальная литература, 1996. 136 с. С. 9–44.

7. *Местное* обезболивание в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии : учеб. пособие / А. В. Глинник [и др.]. Минск : МГМИ, 1998. 51 с.

8. *Методы* клинических лабораторных исследований / под ред. В. С. Камышникова. Минск : Белорусская наука, 2001. 695 с. С. 14–73.

9. *Молекулярная* эндокринология. Фундаментальные исследования и их отражение в клинике : пер. с англ. / под ред. Б. Д. Вайнтрауба, Ю. А. Панкова. Москва : Медицина, 2003. 494 с.

10. *Морман, Д.* Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. Санкт-Петербург : Питер, 2000. 256 с.

11. *Нормальная* физиология. Практикум : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Стоматология» / В. А. Переверзев [и др.] ; под ред. В. А. Переверзева, А. И. Кубарко. 4-е изд. Минск : БГМУ, 2017. 234 с.

12. *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.

13. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. пособие. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. Ч. 1. 544 с.

14. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. пособие. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2014. Ч. 2. 606 с.

15. *Нормальная* физиология : учеб. / под ред. А. В. Завьялова, В. М. Смирнова. Москва : МЕДпресс-информ, 2009. 816 с.

16. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2013. Ч. 1.

17. *Нормальная* физиология : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Вышэйшая школа, 2014. Ч. 2.

18. *Переверзев, В. А.* Физиология вегетативной нервной системы / В. А. Переверзев, А. И. Кубарко. Минск : МГМИ, 1995. 25 с.

19. *Нормальная* физиология. Практикум : учеб. пособие / В. А. Переверзев [и др.] ; под ред. В. А. Переверзева. 3-е изд. Минск : БГМУ, 2021. 240 с

20. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология : учеб. / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2005. 696 с.

21. *Руководство* к практическим занятиям по нормальной физиологии / под ред. К. В. Судакова, А. В. Котова, Т. Н. Лосевой. Москва : Медицина, 2002. 703 с.

22. *Романов, К. Ю.* Уровень физической подготовленности студентов белорусского государственного медицинского университета / К. Ю. Романов, А. М. Трофи-

менко, В. А. Переверзев // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017. Т. 16, № 3. С. 5–10.

23. *Секреты* физиологии / под ред. Г. Рафф ; пер. с англ. Москва : БИНОМ, Санкт-Петербург : Невский диалект, 2001. 448 с.

24. *Смирнова, Л. А.* Клиническая трактовка общего анализа крови / Л. А. Смирнова. Минск : БелМАПО, 2009. 16 с.

25. *Сотников, О. С.* Объединенная нейронно-ретикулярная теория / О. С. Сотников. Санкт-Петербург : Наука, 2019. 239 с.

26. *Сотников, О. С.* Удаленные синцитии анастомозов смежных нейронов / О. С. Сотников, Давыдова Л. А. // Успехи современной биологии. 2021. Т. 141, № 4. С. 382–389.

27. *Фаллер, Д.* Молекулярная биология клетки : руководство для врачей ; пер. с англ. / Д. Фаллер, М. Шилдс. Москва : Бином-Пресс, 2003. 272 с.

28. *Физиологическая* и клиническая оценка некоторых показателей общего анализа крови, получаемого с помощью современных гематологических анализаторов / А. И. Кубарко [и др.]. Минск : МГМИ, 1997. 21 с.

29. *Физиология* нейронов и нервных центров. Методы изучения ЦНС. Нейрофизиологические механизмы тонической мышечной активности. Регуляция движений / В. А. Правдивцев [и др.]. Смоленск : изд-во СГМА, 1998. 60 с.

30. *Физиология* человека : учеб. / под ред. Н. А. Агаджаняна, В. И. Циркина. Санкт-Петербург : СОТИС, 2003. 527 с.

31. *Физиология* : учеб. для студентов лечебного и педиатрического факультетов / под ред. В. М. Смирнова, В. А. Правдивцева. Д. С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. Москва : Медицинское информационное агентство, 2017. 512 с.

32. *Физиология* висцеральных систем организма : учеб. пособие в вопросах и ответах / под ред. Т. М. Брук, В. А. Правдивцева. Смоленск : Принт-Экспресс, 2020. 195 с.

33. *Физиология* человека : учеб. пособие / А. А. Семенович [и др.]. 4-е изд. Минск : Вышэйшая школа, 2012. 544 с

34. *Физическая* культура : учеб. пособие / Е. С. Григорович [и др.] ; под ред. Е. С. Григоровича, В. А. Переверзева. 3-е изд., доп. и перераб. Минск : Вышэйшая школа, 2011. 350 с.

35. *Хэндин, Р. И.* Кровотечение и тромбоз / Р. И. Хэндин // Внутренние болезни. В 10 кн. Кн. 2 ; пер. с англ. / под ред. Е. Браунвальда [и др.]. Москва : Медицина, 1993. 544 с. Гл. 54. С. 96–107.

36. *Хэндин, Р. И.* Аномалии тромбоцитов и сосудистой стенки / Р. И. Хэндин // Внутренние болезни. В 10 кн. Кн. 7 ; пер. с англ. / под ред. Е. Браунвальда [и др.]. Москва : Медицина, 1996. 720 с. Гл. 279. С. 529–539.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений 3
Введение 5
РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ. ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА 6
Занятие 1. Предмет и задачи нормальной физиологии. Гомеостаз. Физико-химические свойства крови. 6
Занятие 2. Физиологические функции эритроцитов. Гемопоэз. Эритроцитопоэз. Физиологические функции тромбоцитов. Тромбоцитопоэз. Система гемостаза. 16
Занятие 3. Физиологические функции лейкоцитов. Лейкопоэз. Неспецифическая и специфическая резистентность организма человека. Физиологическая оценка результатов общего анализа крови. 29
Занятие 4. Группы крови. Системы AB0; резус (RhD) и др. Физиологическое обоснование подбора донорской крови. 38
РАЗДЕЛ 2. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ 47
Занятие 5. Основы информационного обмена клетки с окружающей средой. Химическая сигнализация. Общая физиология эндокринной системы 47
Занятие 6. Частная физиология эндокринной системы 53
Занятие 7. Физиология стресса и адаптации 59
Занятие 8. Итоговое (семинарское) занятие по разделам «Введение. Гомеостаз. Внутренняя среда организма», «Гуморальная регуляция физиологических функций» 67
РАЗДЕЛ 3. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ 69
Занятие 9. Электрическая сигнализация. Законы реагирования возбудимых тканей. Биологические потенциалы. Изменение возбудимости при возбуждении 69
Занятие 10. Нейрон: структура и функции; нейроглия. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача 76
Занятие 11. Физиология скелетных мышц 82
Занятие 12. Основы биомеханики. Сила и работа мышц. Режимы их сокращения. Физиология гладких мышц 89
Занятие 13. Общая физиология нервной системы. 97
Занятие 14. Итоговое занятие по разделу «Физиология возбудимых тканей» 100
РАЗДЕЛ 4. НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ 102
Занятие 15. Роль и функции спинного мозга, ствола мозга и мозжечка. 102
Занятие 16. Роль и функции промежуточного и переднего мозга. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений. 110
Занятие 17. Физиология автономной (вегетативной) нервной системы 114
Занятие 18. Итоговое занятие по разделу «Нервная регуляция физиологических функций». Подведение итогов семестра. Зачет 121
РАЗДЕЛ 5. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ 122
Занятие 19 (1). Гемодинамика. Функциональные показатели кровообращения 122
Занятие 20 (2). Физиологические свойства и особенности миокарда 132

Занятие 21 (3). Сердечный цикл. Методы исследования сердечной деятельности 136
Занятие 22 (4). Регуляция кровообращения 148
РАЗДЕЛ 6. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ 155
Занятие 23 (5). Внешнее дыхание. Газообмен в легких и тканях 155
Занятие 24 (6). Транспорт газов кровью. Регуляция дыхания. Дыхание в особых условиях существования организма. 164
Занятие 25 (7). Функциональные резервы гемокардиореспираторной системы организма 172
Занятие 26 (8). Итоговое занятие по разделам «Физиология кровообращения» и «Физиология дыхания» 180
РАЗДЕЛ 7. ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ 183
Занятие 27 (9). Физиология пищеварения. Регуляция пищевого поведения 183
РАЗДЕЛ 8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ПИТАНИЕ. ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ 191
Занятие 28 (11). Обмен веществ и энергии. Физиологические основы здорового питания. Регуляция массы тела 191
Занятие 29 (11). Физиология терморегуляции 199
РАЗДЕЛ 9. ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ 204
Занятие 30 (12). Система выделения. Физиология системы мочевыделения 204
Занятие 31 (13). Итоговое (семинарское) занятие по разделам «Физиология пищеварения», «Обмен веществ и энергии. Питание. Физиология терморегуляции», «Физиология выделения» 207
РАЗДЕЛ 10. ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ 209
Занятие 32 (14). Общая физиология сенсорных систем. Зрительная система 209
Занятие 33 (15). Слуховая и вестибулярная сенсорные системы 218
Занятие 34 (16). Вкусовая и обонятельная системы. Соматовисцеральная система. Ноцицептивная система. 223
РАЗДЕЛ 11. ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА 226
Занятие 35 (17). Врожденные и приобретенные формы приспособительных реакций организма к изменению условий существования 226
Занятие 36 (18). Высшие интегративные функции мозга как физиологическая основа психических функций человека 232
Приложение 1. Основные количественные физиологические показатели жидких сред организма человека 239
Приложение 2. Основные определения в физиологии 241
Приложение 3. Таблицы Гаррис–Бенедикта 242
Приложение 4. Номограмма для определения площади поверхности тела 244
Приложение 5. Стандартная буквенная таблица для корректурной пробы 245
Приложение 6. Стимульные таблицы для определения объема зрительной памяти .. 247
Приложение 7. Опросник методики НПА 248
Список использованной литературы 249