

ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

для студентов, обучающихся по специальностям
«Лечебное дело», «Педиатрия»,
«Медико-профилактическое дело»,
«Военно-медицинское дело»

Студента _____ группы _____ факультета

_____ (Ф.И.О.)

Преподаватель _____

_____ (Ф.И.О.)

Преподаватель _____

_____ (Ф.И.О.)

Минск БГМУ 2018

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего
образования по медицинским специальностям

Под редакцией Д. А. Александрова, В. А. Переверзева, А. И. Кубарко

4-е издание



Минск БГМУ 2018

УДК 612(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73
П69

А в т о р ы: В. А. Переверзев, А. И. Кубарко, Д. А. Александров, Т. Г. Северина, Н. А. Башаркевич, М. Л. Колесникова, А. А. Семенович, А. Н. Харламова, И. В. Сысоева, О. С. Никитина

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф. каф. нормальной физиологии, декан лечебного факультета Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета И. В. Городецкая; каф. нормальной физиологии Гродненского государственного медицинского университета

Практикум по нормальной физиологии : учебное пособие / В. А. Переверзев
П69 [и др.] ; под ред. Д. А. Александрова, В. А. Переверзева, А. И. Кубарко. – 4-е изд. – Минск : БГМУ, 2018. – 259 с.

ISBN 978-985-21-0094-6.

Представлены вопросы для подготовки к лабораторным и итоговым занятиям по нормальной физиологии. Приведены описания лабораторных работ и протоколы их оформления, дополнительные материалы, списки рекомендуемой литературы. Даны задания для организации самостоятельной работы студентов. Первое издание вышло в 2015 году.

Предназначено для студентов 2-го курса, обучающихся по специальностям «Лечебное дело», «Педиатрия», «Медико-профилактическое дело» и специализации «Военно-медицинское дело».

УДК 612(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73

ISBN 978-985-21-0094-6

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание предназначено для организации самостоятельной работы студентов при подготовке к учебным занятиям и оказания помощи в протоколировании лабораторных работ по курсу нормальной физиологии. Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями типовых учебных программ по нормальной физиологии для специальностей высшего образования «Лечебное дело», «Педиатрия» и «Медико-профилактическое дело», утверждённых Министерством образования Республики Беларусь в 2014 г. Его издание призвано повысить качество практической подготовки выпускников учреждений высшего медицинского образования.

Характер студенческого практикума кафедры нормальной физиологии постоянно изменяется в соответствии с улучшением уровня технического оснащения и ориентирован на исследование состояния физиологических функций организма здорового человека. В его создании в разные годы принимали участие Ф. И. Висмонт, В. Н. Гурин, В. А. Сятковский, Л. И. Белорыбкина, Р. И. Дорохина, В. А. Касап, Т. В. Короткевич, Г. А. Прудников, В. И. Власенко, В. А. Сюсюкин и др. В настоящий практикум введены работы, предусматривающие использование компьютерной техники для обучения и контроля знаний студентов, моделирования известных физиологических феноменов, демонстрации современных клинических методов исследования физиологических функций, отработки навыков оценки состояния физиологических функций организма.

При подготовке к текущим и итоговым занятиям, зачётам, экзаменам студенты имеют возможность воспользоваться обучающими и контролирующими программами, учебными материалами, электронными учебно-методическими комплексами, размещёнными в компьютерном классе кафедры, а также на интранет-сайте студентов университета. Список основной литературы прилагается к каждому занятию, дополнительная литература указана в конце практикума. *При подготовке к занятию студенту необходимо внимательно изучить соответствующий раздел практикума, прочитать описание лабораторных работ и выполнить лабораторные работы, предназначенные для самостоятельной работы дома (указания на это даны в скобках после названия лабораторной работы), ответить на вопросы для самоподготовки.*

В конце каждого раздела практикума, при условии освоения студентом практических навыков и достаточных теоретических знаний по выполненным работам и рассмотренным вопросам занятий, а также при соблюдении учебной дисциплины и правил техники безопасности, ставится подпись преподавателя, свидетельствующая о защите лабораторных работ по соответствующему разделу. *Своевременная защита всех лабораторных работ является обязательным условием допуска студента к зачёту или экзамену по нормальной физиологии.*

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

| Семестр | К зачёту/экзамену допущен (дата) | Рейтинговая отметка | Подпись преподавателя |
|---------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| III (осенний) | | | |
| IV (весенний) | | | |

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ»

Занятие 1. ВВЕДЕНИЕ.

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

Основные вопросы:

1. Предмет нормальной физиологии. Основные этапы развития физиологии, важнейшие открытия и методические подходы, внесшие вклад в развитие физиологии как науки. Вклад отечественных ученых в развитие физиологии. Физиология как научная основа медицины.

2. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.

3. Физиологические представления о гомеостазе как о постоянстве внутренней среды организма, функций и механизмов, их регулирующих. Нейрогуморальные механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма.

4. Физиологические функции, уровни их организации и регуляции. Характеристика основных составляющих замкнутого контура регулирования. Прямая и обратная связь, их характеристика. Регуляции по отклонению и по возмущению. Функциональная система регуляции физиологических функций по отклонению (П. К. Анохин).

5. Понятие о нервном и гуморальном механизмах регуляции функций организма. Местные механизмы регуляции физиологических функций.

6. Внутренняя среда организма. Роль воды для жизнедеятельности. Жидкие среды организма (внутриклеточная, межклеточная жидкость, кровь, лимфа, ликвор и др.), их состав, объёмное распределение в организме; возрастные особенности. Понятие об их относительном постоянстве в состоянии покоя и изменениях при различных воздействиях на организм. Понятие о гистогематических барьерах.

7. Система крови. Состав, количество, свойства, основные функции крови. Гематокрит: определение, величина в норме. Основные факторы, влияющие на величину гематокрита.

8. Плазма крови. Органические и неорганические компоненты плазмы крови. Основные физиологические константы плазмы крови.

9. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови и его роль. Вещества, создающие осмотическое давление. Гипо-, гипер- и изотонические растворы.

10. Механизмы регуляции осмотического давления крови. Понятие о состоянии гипер- и дегидратации тканей.

11. Гемолиз и его виды, плазмолиз. Неблагоприятные последствия гемолиза эритроцитов в организме.

12. Белки плазмы крови: классификация, функции, содержание. Вязкость крови.

13. Онкотическое давление плазмы и его роль в обмене воды между кровью и межклеточной жидкостью. Вклад различных белков плазмы в создание онкотического давления. Последствия снижения онкотического давления.

14. Кислотно-основное состояние крови. Физико-химические и физиологические механизмы, обеспечивающие постоянство рН крови. Основные буферные системы крови. Понятие об ацидозе и алкалозе. Примеры изменений физиологических функций при ацидозе и алкалозе.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чему равна масса крови в организме молодого человека?
2. Что такое гематокрит? Что характеризует этот показатель?
3. Рассчитайте (в литрах), сколько плазмы и форменных элементов содержится в крови у человека, если известно, что масса его тела 80 кг, а гематокрит равен 40 %.
4. Чему равна осмоляльность плазмы крови?
5. Расположите в порядке уменьшения вклада в величину осмотического давления плазмы следующие осмотически активные вещества: белки, глюкоза, натрий, калий, хлор, бикарбонат.
6. Почему 0,9%-ный раствор NaCl является изотоническим раствором? Какие ещё изотонические растворы Вы знаете?
7. Чему равна величина коллоидно-осмотического (онкотического) давления плазмы крови?
8. Какие последствия для распределения жидкости в организме может иметь гипопроteinемия? Введением каких растворов в сосудистое русло можно скорректировать эти последствия?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы на внутреннем сайте студентов student.bsmu.by, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 8–27, 483–492.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 8–28, 459–468.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 5–15, 29–45, 206–209.*
5. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения мед. работников». С. 31–35.*

ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Программа обучения на кафедре нормальной физиологии предусматривает выполнение студентами лабораторных работ, овладение практическими навыками работы с некоторыми электроприборами, компьютерной техникой, исследовательским оборудованием, лабораторной посудой, химическими реактивами и биологическими жидкостями.

Кроме того, студентам может быть предоставлено право выполнять научную работу в лабораториях кафедры во внеучебное время.

Общие требования

Студенты до входа в учебное помещение должны надевать халат.

Рабочее место следует содержать в чистоте, не загромождать его посторонними предметами. В лаборатории не рекомендуется хранить личную одежду, принимать пищу.

Для общего наблюдения за порядком, соблюдением правил и выполнением требований техники безопасности при работе в лабораториях и учебных помещениях назначаются дежурные из числа студентов группы. Дежурные обязаны открывать и закрывать учебную лабораторию (ключ находится в лаборантской — комната 131), получать в лаборантской различные материалы, необходимые для выполнения лабораторных работ занятия, следить за чистотой и порядком в лаборатории, поддерживать в чистоте доску. По окончании работы дежурный должен сдать полученные материалы и проверить состояние учебной лаборатории — выключены ли вода и электричество.

Во время работы в лаборатории следует соблюдать тишину, порядок и чистоту, не допускать торопливости, беспорядочности и неряшливости.

К выполнению каждой работы студенты могут приступать только после разрешения преподавателя и уяснив методику работы.

Студентам запрещается работать в демонстрационных лабораториях в отсутствие преподавателя или лаборанта, а также в неустановленное время без разрешения преподавателя. Запрещается уходить с рабочего места и оставлять без присмотра работающие приборы. Запрещается посещение студентов, работающих в лаборатории, посторонними лицами, а также отвлечение студентов посторонними делами или разговорами.

Правила безопасности при работе с электрооборудованием

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

В случае обнаружения неисправности электроприбора или электрооборудования необходимо сообщить об этом преподавателю. При работе с электрооборудованием и электроприборами **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 электропроводкой; вешать на штепсельные розетки, выключатели и электропровода различные вещи; оставлять без надзора электрическую схему под напряжением.

Действия в случае возникновения пожара

В случае возникновения загорания нужно немедленно отключить напряжение, сообщить преподавателю или дежурному лаборанту и приступить к тушению пожара (огнетушители имеются в комнатах 104, 131, 135, 138). Прежде, чем приступить к тушению возгорания, необходимо обесточить электросеть помещения. Затем 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).

Общие правила оказания первой медицинской помощи

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

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

Во всех случаях необходимо вызвать дежурного лаборанта, который находится в комнате 131, или преподавателя кафедры.

После ознакомления с правилами и проведения инструктажа по технике безопасности распишитесь в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности» (находится в компьютерном классе, комната 104).

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1.1. ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В КОМПЬЮТЕРНОМ КЛАССЕ

Приступая к работе в компьютерном классе кафедры (комната 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 иконок на рабочем столе. В случае возникновения сбоев в работе компьютера следует обратиться к дежурному лаборанту компьютерного класса или к преподавателю. Уходя из компьютерного класса, оставляйте в нём чистоту и порядок, закрывайте программы и восстанавливайте исходный вид рабочего стола.

Пользование телефонами, фотоаппаратами в компьютерном классе запрещено!

А. Освоение методики работы с обучающей программой



Изучите материалы **электронного атласа** к текущему занятию, открыв ярлык «Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас» → «Занятие 1. Введение. Предмет и задачи нормальной физиологии. гомеостаз. Физико-химические свойства крови». Данные из электронного атласа внесите в протоколы работ 1.3–1.6.



Изучив материалы текущего и следующего занятия, ознакомьтесь с имеющимися **учебными видеофильмами**, перейдя в раздел «Материалы по темам» → «Видеотека». В подразделе «Методы исследования крови» → «Забор крови на анализ» просмотрите учебный видеофильм «Техника взятия капиллярной крови» (1:48). Прослушать звуковое сопровождение фильмов можно воспользовавшись наушниками со стандартным разъёмом, подключив их к выходу на передней панели системного блока компьютера.

Б. Освоение методики работы с контролирующей программой

Откройте программу «Тестирование», нажмите «Начать тестирование», выберите из списка свою группу и найдите в списке свою фамилию. Выделите фамилию левой кнопкой мыши, после чего введите пароль — номер студенческого билета. В списке разделов выберите «Контрольные тесты» и выполните тесты «Выживаемость знаний по предметам: физика, общая химия, биология, нормальная анатомия и гистология» и «Леч ф-т. Вступительное занятие. Физико-химические свойства крови». Обратите внимание, что подробная информация о тесте, включая факультеты, для которых он предназначен, размещается справа в разделе «Описание». Нажмите «ОК» и начните тестирование. После окончания тестирования запишите результат в протокол.

ПРОТОКОЛ

Правильных ответов: _____ %. Отметка за тестирование _____ баллов.

В. Освоение методики выполнения виртуального физиологического эксперимента: изучение рецепторного механизма влияния адреналина на частоту сокращения сердца



Работа выполняется в компьютерном классе с использованием компьютерной программы «PHYSIOL 2».

Ход работы. Запустите программу «PHYSIOL 2», нажмите «OK». Интерфейс программы представлен на рис. 1.1, а.

На верхней панели выберите «Help» → «Preparation» и ознакомьтесь со схемой опыта на виртуальной экспериментальной наркотизированной крысе. Программа позволяет моделировать внутривенное введение различных лекарственных средств (механизм их действия можно узнать, перейдя «Help» → «Drugs»), а также стимуляцию блуждающего нерва, иннервирующего сердце, и симпатических нервов, иннервирующих сердце и мозговое вещество надпочечников (через меню «Stimulate»). Для продолжения нажмите «Continue».

Запишите исходную частоту сердечных сокращений, после чего введите адреналин в дозе 5 µg/kg («Drugs» → «Adrenaline» → щелчком левой кнопки мыши по надписи «0.05 µg/kg» открыть выпадающее меню и выбрать требуемую дозу адреналина, после чего ввести гормон: «Inject Drug» (рис. 1.1, б)). Дождавшись максимального изменения ЧСС, нажмите на клавиатуре клавишу «Pause» и запишите полученное значение. Для продолжения записи нажмите клавишу «Enter». Зарисуйте полученные кривые изменения ЧСС.

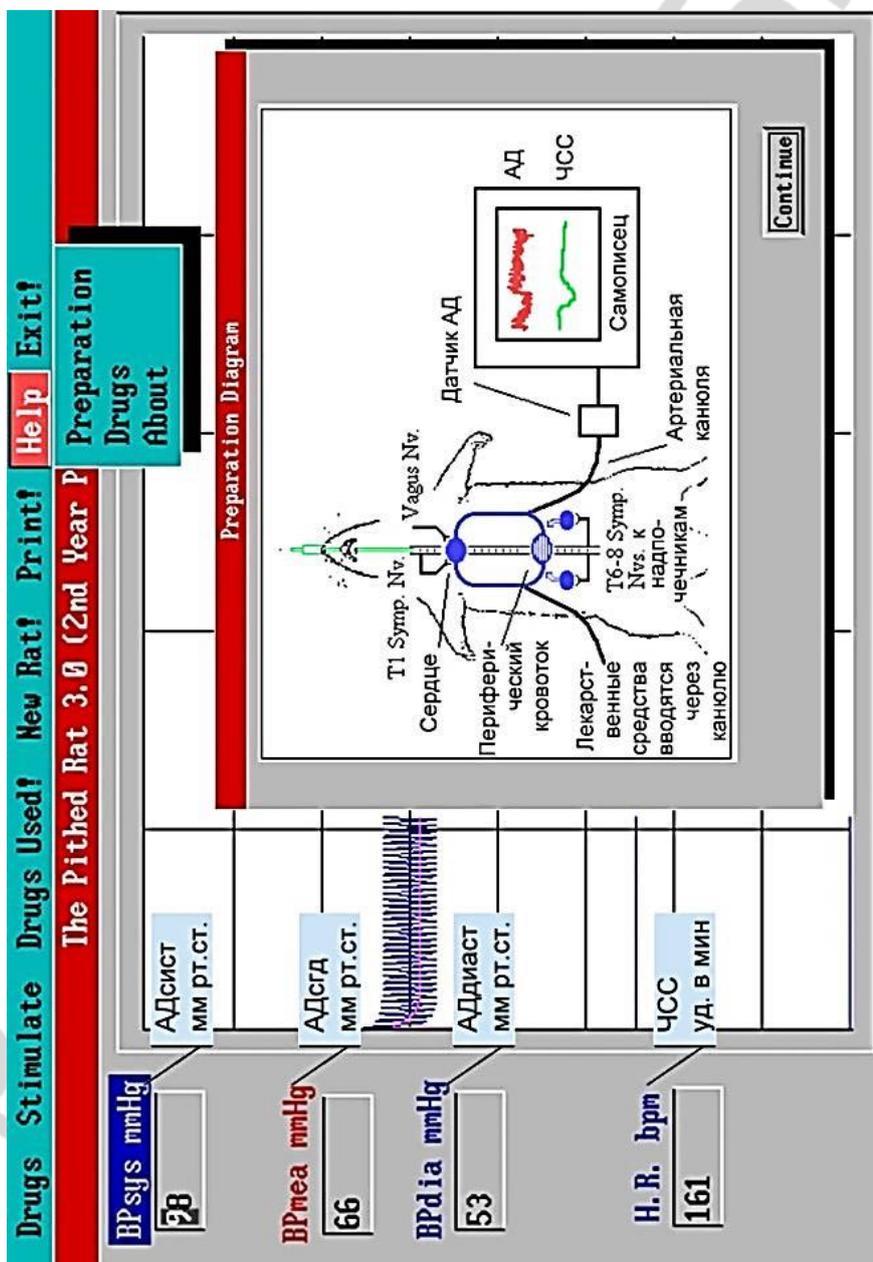
Переходя к эксперименту с крысой № 2, не забудьте взять новую крысу («New rat!») и дождаться стабилизации гемодинамики.

Для выхода из программы нажмите «Exit».

Указания к оформлению протокола:

Заполните таблицу и зарисуйте изменения ЧСС в эксперименте. Сделайте вывод о рецепторном механизме влияния адреналина на ЧСС, сравнив его эффект при действии антагониста β₁-адренорецепторов пропранолола с исходным эффектом.

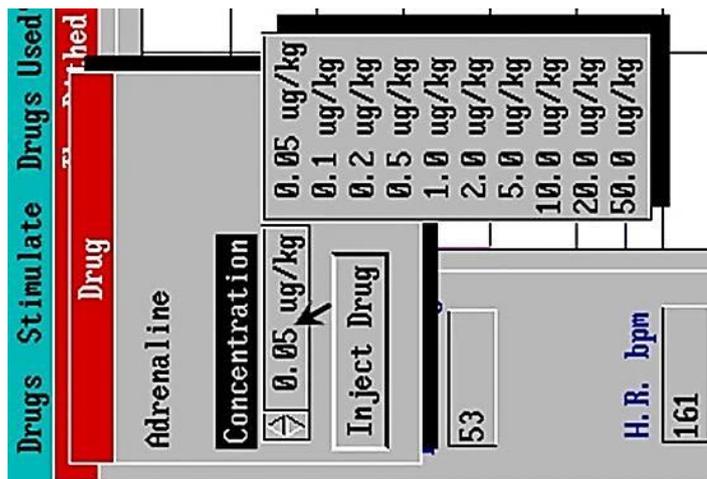
| ПРОТОКОЛ | | |
|--|--|---------------------------|
| | Воздействия | Частота сокращений сердца |
| Крыса 1 | Исходное значение | |
| | Введение адреналина 5 µg/kg | |
| Крыса 2 | Исходное значение | |
| | Введение пропранолола (β-адреноблокатор) 100 µg/kg | |
| | Введение адреналина 5 µg/kg | |
| | | |
| <p>Вывод. Введение адреналина _____ (↓ или ↑) ЧСС. Предварительное введение блокатора β-адренорецепторов пропранолола _____ (ослабляет или усиливает) эффект от введения адреналина. Следовательно, адреналин _____ (↓ или ↑) ЧСС путём стимуляции _____ (α или β)-адренорецепторов кардиомиоцитов.</p> | | |



a

Рис. 1.1. Интерфейс обучающей программы

a — схема эксперимента; *б* — введение лекарственного средства



б

Работа 1.2. ЗНАКОМСТВО С ОСНОВНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ГОМЕОСТАЗА КРОВИ, СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА

Используя материалы лекций, учебников, соответствующих разделов настоящего практикума (работа 7.2 и другие), изучите важнейшие показатели гомеостаза, внесите их значения в таблицу 1.1. По результатам анализа пределов нормальных значений показателей гомеостаза внутренней среды (крови) приведите примеры жёстких и пластичных гомеостатических констант.

Таблица 1.1

Некоторые важнейшие показатели гомеостаза

| Показатель | Пределы нормальных значений | Единицы измерения |
|---|-----------------------------|-------------------|
| Кровь | | |
| Объём циркулирующей крови | _____ | % от массы тела |
| Вязкость крови | _____ | литров |
| Вязкость плазмы крови | _____ | отн. ед. |
| Содержание форменных элементов крови: | _____ | отн. ед. |
| Эритроциты: у мужчин | _____ | клеток/л крови |
| у женщин | _____ | клеток/л крови |
| Лейкоциты | _____ | клеток/л крови |
| Тромбоциты | _____ | клеток/л крови |
| Гематокрит: у мужчин | _____ | % |
| у женщин | _____ | % |
| Осмотическое давление крови | _____ | мосмоль/кг |
| Онкотическое давление крови | _____ | мм рт. ст. |
| pH артериальной крови | _____ | |
| Содержание глюкозы в цельной крови | _____ | ммоль/л |
| Содержание белка в крови | _____ | г/л |
| Сердечно-сосудистая система | | |
| Частота сокращений сердца (ЧСС) в покое | _____ | в минуту |
| Формула для расчета максимальной ЧСС | _____ | |
| Ударный объём сердца (УО) в покое | _____ | мл |
| Фракция выброса в покое | _____ | % |
| Минутный объём кровотока (МОК) в покое | _____ | л/мин |
| Дыхательная система | | |
| Частота дыхания (ЧД) в покое | _____ | в минуту |
| Дыхательный объём (ДО) в покое | _____ | мл |
| Минутный объём дыхания (МОД) в покое | _____ | л/мин |
| Альвеолярная вентиляция (АВ) в покое | _____ | % от МОД |

ПРОТОКОЛ

Приведите примеры жёстких гомеостатических констант: _____;

пластичных гомеостатических констант: _____.

Работа 1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕМАТОКРИТА (демонстрация)



Показатель гематокрита отражает содержание форменных элементов (в первую очередь эритроцитов) в общем объеме крови. Гематокрит определяют методом микроцентрифугирования или рассчитывают автоматически с использованием современных гематологических анализаторов.

У здорового человека гематокрит венозной и капиллярной крови составляет **0,40–0,49 (40–49 %)** у мужчин и **0,36–0,42 (36–42 %)** у женщин.

Материалы и оборудование: гематокритный капилляр, скарификатор, вата, 70 % спирт, центрифуга, глина или паста, шкала для определения гематокрита.

Ход работы. Для выполнения работы откройте компьютерную flash-анимацию в разделе электронного атласа «Занятие 1. Введение. Предмет и задачи нормальной физиологии. Гомеостаз. Физико-химические свойства крови» («Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас»). Изучите методику определения гематокрита, щелкая мышью по ключевым словам, выделенным синим цветом.

Капиллярную 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 минут при 8000 об/мин. После этого по специальной шкале отмечают, какую часть капилляра в процентах составляют форменные элементы крови.

В современных гематологических анализаторах показатель гематокрита (Ht или НТС) чаще всего подсчитывается как сумма объемов эритроцитов в единице объема крови.

Указания к оформлению протокола. Изучите методику определения гематокрита. Перемещая с помощью мышки гематокритный капилляр, определите показатель гематокрита. Оцените полученный результат.

ПРОТОКОЛ

1. Значение гематокрита составило _____ % или _____.
2. Нормальное значение гематокрита: у мужчин _____ % или _____
у женщин _____ % или _____
3. **Вывод:** гематокрит _____ (в норме, выше, ниже нормы), что может быть обусловлено _____ (↑ или ↓) содержания эритроцитов в единице объема крови либо _____ (↑ или ↓) объема циркулирующей плазмы.

Работа 1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ (учебный видеофильм)



Осмотическое давление плазмы крови зависит от количества (суммарной концентрации) молекул всех растворенных в ней веществ (электролитов и неэлектролитов). Осмотическое давление является одной из жестких гомеостатических констант и определяет распределение воды между внутренней средой и клетками организма. Величина **осмотического давления плазмы** крови составляет у здорового человека в среднем **290 ± 10 мосмоль/кг (7,3 атм, или 5600 мм рт. ст., или 745 кПа)**.

Определение осмотического давления биологических жидкостей (кровь, ликвор, лимфа и др.) проводят *криоскопическим методом*, основанным на точном измерении температуры фазового перехода при замерзании исследуемого раствора. Известно, что температура замерзания жидкости тем ниже, чем выше суммарная концентрация растворённых в воде веществ. У человека температура замерзания крови ниже нуля на 0,56–0,58 °С, а температура замерзания плазмы крови ниже нуля на 0,54 °С.

Ход работы. Демонстрация учебного видеофильма.

Прибор «OSMOMETER MO 801» позволяет определить осмоляльность биологической жидкости (osmol/kg) в объёме 0,05 мл. После замерзания исследуемого объёма жидкости прибор автоматически рассчитывает её осмоляльность и выводит на цифровое табло. Полученные в фильме результаты внесите в протокол.

ПРОТОКОЛ

1. Полученные результаты: осмотическое давление в исследуемой пробе плазмы крови = _____ osmol/kg, или _____ mosmol/kg.
2. **Вывод.** Осмотическое давление в исследуемой пробе плазмы крови: _____ (в норме, снижено или повышено).

Работа 1.5. ГЕМОЛИЗ И ЕГО ВИДЫ (демонстрация)



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

Материалы и оборудование: кровь крысы, 0,9 % раствор NaCl; 5 % раствор глюкозы; нашатырный спирт; спирт; йод; дистиллированная вода; 5 пробирок; стеклограф; стеклянная палочка; вата; резиновые перчатки; маска; 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 0,9 % раствора NaCl и в пятую — 2 мл 5 % раствора глюкозы. В каждую пробирку вносят по 2 капли крови и перемешивают содержимое, четвёртую пробирку плотно закрывают резиновой пробкой и энергично встряхивают 10–15 с. Результат оценивают через 45 мин.

ПРОТОКОЛ

| № пробирки | Раствор | Наличие осадка эритроцитов (+ / –) | Окраска раствора | Наличие гемолиза (+ / –) | Вид гемолиза (если есть) |
|------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 0,9 % NaCl | | | | |
| 2 | 0,9 % NaCl + NH ₄ OH | | | | |
| 3 | Дистиллированная вода | | | | |
| 4 | 0,9 % NaCl + встряхивание | | | | |
| 5 | 5 % раствор глюкозы | | | | |

**Работа 1.6. ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
(выполняется дома самостоятельно с использованием ЭУМК)**

Ход работы. Дайте определения понятиям:

Физиология — _____

Функция — _____

Процесс — _____

Механизм — _____

Регуляция — _____

Сигнал — _____

Информация — _____

Физиологическая реакция — _____

Физиологическая норма — _____

Физиологическая система — _____

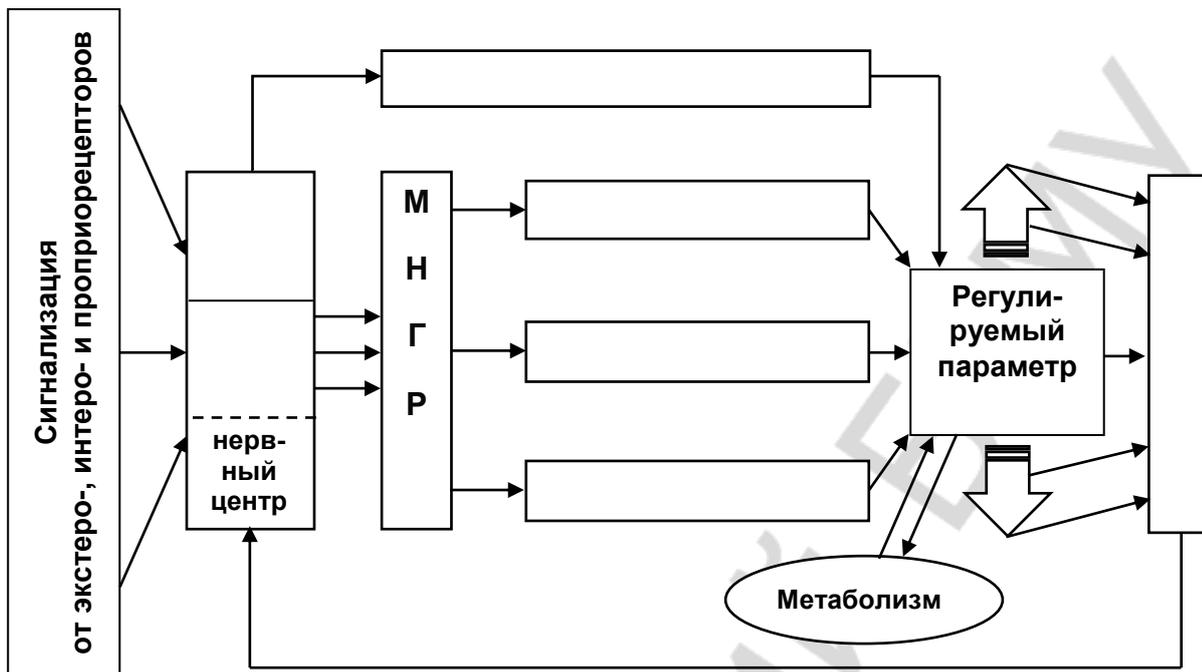
Функциональная система — _____

Дайте сравнительную характеристику нервного и гуморального механизмов регуляции функций.

Таблица 1.2

| Параметр сравнения | Нервный механизм | Гуморальный механизм |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Точность регуляции | | |
| Способы доставки информации | | |
| Скорость регуляции | | |
| Длительность регуляции | | |

Заполните схему функциональной системы регуляции функций по отклонению.



КБМ — _____
 МНГР — _____
 ЦНС — _____

| | |
|--------------------------------|--|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ. ГЕМОПОЭЗ. ЭРИТРОПОЭЗ

Основные вопросы:

1. Меры профилактики инфицирования при работе с кровью и другими биологическими жидкостями.

2. Эритроциты. Количество эритроцитов в крови. Особенности строения и свойств эритроцитов, обеспечивающие выполнение их функций. Эритроцитоз и эритропения. Методы подсчёта эритроцитов. Кривая распределения эритроцитов.

3. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), факторы, влияющие на нее, методы определения. Диагностическое значение СОЭ.

4. Гемоглобин, его строение, свойства и функции. Количество гемоглобина, методы определения. Понятие об анемиях. Виды гемоглобина в различные возрастные периоды. Физиологические и патологические соединения гемоглобина.

5. Цветовой показатель и эритроцитарные индексы (МСН, МСНС, МСV, RDW), расчет ЦП и МСН, значение в диагностике анемий.

6. Гемопоэз. Гемоцитопоэз. Свойства и функции полипотентной стволовой кроветворной клетки, коммитированных клеток-предшественниц зрелых клеток крови. Современная схема гемоцитопоэза. Роль микроокружения стволовой клетки в гемоцитопоэзе.

7. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемоцитопоэза. Нейромедиаторы, гормоны и цитокины, влияющие на гемоцитопоэз. Стимуляторы и ингибиторы гемоцитопоэза.

8. Потребности организма в незаменимых питательных веществах, витаминах и микроэлементах для поддержания нормального кроветворения. Общее понятие о нарушениях кроветворения при дефиците их поступления в организм.

9. Эритрон. Эритроцитопоэз, его регуляция. Роль эритропоэтина, цитокинов, микроэлементов, витаминов. Разрушение эритроцитов. Продукты разрушения эритроцитов, их физиологическая роль, пути утилизации. Ретикулоциты.

10. Роль железа, витаминов В₁₂ и В₉ в образовании гемоглобина. Суточная потребность в железе, источники его поступления, обмен железа в организме.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются полипотентные стволовые кроветворные клетки от олиго- и унипотентных стволовых клеток?

2. Перечислите основные условия нормального гемопоэза здорового человека. Назовите суточные потребности здорового молодого человека в основных витаминах, микроэлементах, незаменимых компонентах пищи для обеспечения нормального гемопоэза.

3. Назовите места и органы кроветворения (миелопоэза и лимфопоэза) у эмбриона, плода, новорожденного, взрослого человека.

4. Что является важнейшим фактором, определяющим количество эритроцитов в крови?

5. Почему число эритроцитов и содержание гемоглобина у мужчин выше, чем у женщин?

6. Как изменится СОЭ при анемии, нарушении белоксинтезирующей функции печени, гипергаммаглобулинемии, эритроцитозе?

7. Исходя из продолжительности жизни эритроцитов и числа эритроцитов в крови, рассчитайте, какое количество эритроцитов образуется и разрушается в организме за сутки.

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

9. Что характеризует величина цветового показателя, с какой целью её рассчитывают?

10. Что характеризуют эритроцитарные индексы (МСН, МСНС, МСV, RDW)? Каким образом рассчитывается показатель МСН?

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

12. Почему при суточной потребности человека в железе 1–1,5 мг/сут, его минимальное содержание в съеденной пище должно составлять 10–15 мг/сут?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 492–498, 522–530.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 468–474, 494–501, 503.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 209–217.

5. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД*. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения медработников». С. 31–35.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 2.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



«Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Видеотека» → «Методы исследования крови» (в подразделах):

1. «Взятие капиллярной крови на анализ (новый фильм)» (1:55) — к работе 2.3.

2. «Определение количества эритроцитов и лейкоцитов» (0:47) — к работе 2.5.

3. «Определение СОЭ, гемоглобина (новый фильм)» (1:28) и «Определение СОЭ по методу Панченкова» (0:57) — к работе 2.6.

4. «Определение гемоглобина по способу Сали» (0:19) — к работе 2.7.

**Работа 2.2. 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 таблицы 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

Суточная потребность в витаминах

| Название | Суточная потребность | Назначение |
|--|----------------------|--|
| Витамин В ₂ (рибофлавин) | | Для нормального осуществления окислительно-восстановительных реакций. При недостатке может развиваться анемия гипорегенеративного типа |
| Витамин В ₆ (пиридоксин) | | Для образования гема в эритроцитах. При недостатке вследствие нарушения образования гемоглобина развивается анемия |
| Витамин В ₉ (фолиевая кислота) | | Для синтеза ДНК в клетках костного мозга, поставляет один из нуклеотидов. При недостатке наблюдается ускорение разрушения эритроцитов и развивается анемия |
| Витамин В 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 замедленного поступления в кровь эритроцитов и их быстрого разрушения развивается В 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 (никотин. к-та) | | 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 транспортно-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 |

| Название | Суточная потребность | Назначение |
|----------|----------------------|--|
| 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 (Т4) в трийодтиронин (Т3) |

Работа 2.3. ТЕХНИКА ВЗЯТИЯ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ (демонстрация). МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ ИНФИЦИРОВАНИЯ



Демонстрация может проводиться в виде просмотра учебного видеофильма в компьютерном классе кафедры (путь к видеофильму см. в работе 2.1).

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

При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (ВИЧ, гепатита и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования. Поэтому при проведении анализа крови нужно руководствоваться приказами Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 66 от 02.04.1993 и № 351 от 16.12.1998 г. о профилактике вирусного гепатита и СПИДа у медицинского персонала, занятого забором и исследованием крови.

При лабораторных исследованиях крови и других биологических жидкостей используются средства индивидуальной защиты: медицинский халат и резиновые перчатки, очки, маска (или щиток), шапочка.

Любое повреждение кожи, слизистых, попадание на них крови или другой биологической жидкости пациента должно квалифицироваться как возможный контакт с материалом, содержащим ВИЧ или другой инфекционный агент.

Если контакт с кровью или другой биологической жидкостью произошел с нарушением целостности кожных покровов (укол, порез), пострадавший должен:

- быстро снять перчатки рабочей поверхностью внутрь;
- сразу же выдавить из раны кровь;
- поврежденное место обработать одним из дезинфицирующих растворов (70 % раствор спирта, 5 % настойка йода при порезах, 3 % раствор перекиси водорода при уколах и др.);
- вымыть руки с мылом под проточной водой и затем протереть спиртом;
- на рану наложить пластырь.

В случае загрязнения кровью или другой биологической жидкостью без повреждения кожи:

- обработать кожу спиртом, а при его отсутствии другими дезинфицирующими растворами;

- промыть место загрязнения водой с мылом и повторно обработать спиртом. При попадании биологического материала на слизистые оболочки:
- полости рта: прополоскать рот 70 % спиртом;
- полости носа: закапать 30 % раствор альбумида из тубика-капельницы;
- глаза: промыть водой (чистыми руками), закапать 30 % раствор альбумида из тубика-капельницы. При отсутствии 30 % раствора альбумида для обработки слизистых носа и глаз можно использовать 0,05 % раствор марганцовокислого калия.

При попадании биоматериала на халат или одежду следует это место немедленно обработать одним из дезинфицирующих растворов.

Материалы и оборудование: стерильные скарификаторы в стерилизаторах, вата, пинцет в 6 % перекиси водорода; 70 % спирт, йод, резиновые перчатки, маски, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Взятие капиллярной крови у пациента должно проводиться следующим образом:

1. Пациент должен сидеть напротив врача, рука пациента (лучше нерабочая) должна находиться на столе.
2. Забор крови проводят из 4-го пальца, так как синовиальное влагалище его изолировано, что предотвращает распространение воспалительного процесса на кисть в случае инфицирования места укола.
3. Кожа пальца дезинфицируется спиртом.
4. Скарификатор берут пинцетом из стерилизатора за середину, а затем рукой за конец, противоположный колющему, подняв скарификатор острием вверх, чтобы капля воды не стекала на режущий край.
5. Прокол кожи делают в подушечке пальца в центральной точке, скарификатор погружают на всю глубину режущей поверхности.
6. Первую каплю крови снимают сухой 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 спиртом или йодом.

ПРОТОКОЛ

1. Ответьте на вопросы:

1.1. Почему не рекомендуется использовать для анализов первую каплю крови?

1.2. Почему кровь обычно берут из 4-го пальца нерабочей руки?

2. С правилами по технике безопасности при проведении практических работ с кровью и с другими биологическими жидкостями, а также с тканями ознакомлен и проинструктирован:

_____ (дата)

_____ (подпись)

_____ И. О. Фамилия

Работа 2.4. Вид ЭРИТРОЦИТОВ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)



Ход работы. Изучите на микрофотографиях в компьютерном классе («Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас» → «Занятие 2. Физиологические функции эритроцитов. Гемопоз. Эритропоз») форму, размеры, окраску и внутриклеточные органеллы ретикулоцитов и эритроцитов.

Указание к оформлению протокола:

Заполните пропуски при ответе на следующие вопросы.

ПРОТОКОЛ

Более бледная по сравнению с периферией окраска эритроцитов в центре обусловлена их формой в виде _____. Такая форма обеспечивает _____.

Сетчатость ретикулоцитов обусловлена наличием _____. Благодаря их отсутствию, эритроциты _____.

Нормальное количество ретикулоцитов в крови составляет _____ % от числа красных клеток крови. Повышение количества ретикулоцитов в крови отражает процессы _____ (стимуляции или угнетения) эритропоза.

Работа 2.5. ПОДСЧЕТ ЭРИТРОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)



В целях профилактики инфицирования ВИЧ, вирусным гепатитом или другими инфекциями, передаваемыми через кровь, работа проводится как демонстрационная в виде просмотра учебного фильма и работы с микрофотографиями эритроцитов в счётной камере (путь к видеофильму см. в работе 2.1).

Подсчёт эритроцитов может осуществляться как вручную с использованием счётных камер, так и автоматическими гемоанализаторами. В гематологических анализаторах подсчет количества форменных элементов основывается на изменении величины сопротивления жидкости при прохождении клеток через апертуру анализатора.

Клетки объёмом менее 35 фл подсчитываются и рассматриваются как тромбоциты (PLT), все остальные клетки — как эритроциты. Поскольку размеры лейкоцитов близки к размерам эритроцитов, разделить их не удаётся, и в графе эритроциты (RBC) практически оказывается сумма эритроцитов и лейкоцитов (WBC). Однако, за исключением явных лейкоцитозов ($> 50 \times 10^9/\text{л}$), их вклад будет чрезвычайно мал, так как в норме количество эритроцитов в крови на 3 порядка превышает количество лейкоцитов.

Материалы и оборудование: микроскоп, кровь крысы, скарификаторы в стерилизаторах, пинцет, вата, счётная камера, притертое покровное стекло, смеситель для эритроцитов или пробирка, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Для подсчета форменных элементов кровь разбавляют в специальных смесителях, чтобы создать оптимальную для подсчета концентрацию клеток. В качестве растворителя при подсчете эритроцитов в счётной камере

применяют гипертонический **3 % раствор NaCl**, в котором эритроциты сморщиваются. Это делает их более контрастными в поле зрения микроскопа.

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

Счетная камера представляет собой толстое стекло, в средней части которого 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 в счетной камере разделена на большие квадраты, которые, в свою очередь, делятся на 16 маленьких квадратов. Сторона маленького квадрата равняется 1/20 мм, площадь — $1/20 \times 1/20 = 1/400 \text{ мм}^2$; таким образом, объем пространства над малым квадратом составляет $1/400 \times 1/10 = 1/4000 \text{ мм}^3$.

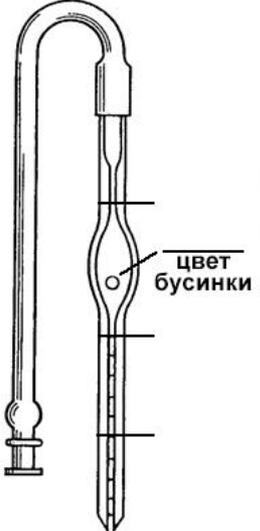
Подсчет эритроцитов проводится по фотографии фрагмента счетной камеры со смесью эритроцитов. Подсчет эритроцитов выполняют в **5 больших квадратах**, расположенных по диагонали. Клетки подсчитывают в соответствии с **правилом Егорова**: к данному квадрату относятся все эритроциты, находящиеся внутри,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

Допустим, что в 5 больших квадратах (80 маленьких) найдено суммарное количество эритроцитов, равное Э. Число эритроцитов в объеме пространства ($1/4000 \text{ мм}^3$) над одним маленьким квадратом будет равно Э/80. Для пересчета на 1 мм^3 крови Э/80 умножаем на 4000 и еще на 200, так как кровь была разведена в 200 раз. Для расчета количества эритроцитов в 1 л крови полученное число эритроцитов в 1 мкл (1 мм^3) умножаем на 10^6 .

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.

| | |
|---|--|
|  <p>1. Смеситель для эритроцитов</p> | <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>2. Число эритроцитов в больших квадратах: в 1 ____; во 2 ____; в 3 ____; в 4 ____; в 5 ____.</p> <p>Суммарное число эритроцитов (Э) в пяти больших квадратах равно ____ клеток.</p> <p>3. Количество эритроцитов в 1 л крови (X) рассчитывается по формуле: $X = \frac{\text{Э} \times 4000 \times 200}{80} \times 10^6 = \text{Э} \times 10^{10}. \quad X = \text{_____} \times 10^{12} / \text{л}.$</p> <p>4. Нормальное содержание эритроцитов у мужчин: _____ у женщин: _____</p> <p>5. Вывод: _____ (норма, эритроцитоз, эритроцитопения (анемия))¹</p> |
|---|--|

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

Работа 2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЭ ПО МЕТОДУ ПАНЧЕНКОВА (демонстрация)



Работа может проводиться как демонстрационная в виде просмотра учебного фильма в компьютерном классе кафедры (путь см. в работе 3.1).

При сохранении крови в несвертывающемся состоянии эритроциты оседают на дно пробирки, так как их удельный вес (1,096 г/мл) выше, чем плазмы (1,027 г/мл). В норме у здоровых людей СОЭ составляет: у мужчин — 1–10 мм/ч; у женщин — 2–15 мм/ч.² Важнейшими факторами, влияющими на СОЭ, являются соотношение различных видов белков плазмы крови и количество эритроцитов.

Считается, что уменьшение отрицательного заряда мембраны эритроцитов положительно заряженными компонентами крови, увеличение расстояния между эритроцитами, приводит к увеличению СОЭ, и наоборот. Увеличение содержания глобулинов и фибриногена и/или снижение содержания альбуминов в плазме, а также снижение количества эритроцитов сопровождается увеличением СОЭ. Увеличение количества эритроцитов в крови, а также повышение содержания альбуминов и желчных пигментов вызывает уменьшение СОЭ. Более высокие значения нормы СОЭ у женщин связаны с меньшим содержанием эритроцитов и повышением концентрации ионов кальция в плазме крови.

В физиологических условиях повышенная СОЭ наблюдается во время беременности, при голодании, после вакцинации (вследствие увеличения содержания глобулинов и фибриногена в плазме). Замедление СОЭ может наблюдаться при сгущении крови вследствие усиленного испарения пота (например, при действии высокой внешней температуры) или повышенного образования и содержания эритроцитов в крови (например, у жителей высокогорья или у альпинистов).

Изменением СОЭ сопровождаются многие заболевания. Так, при большинстве инфекционных, воспалительных и аутоиммунных заболеваний (вследствие гиперглобулинемии и/или гиперфибриногенемии), болезнях почек с нефротическим синдромом (из-за потери альбуминов с мочой и развития гипоальбуминемии), злокачественных опухолях и гемобластозах (из-за увеличения содержания в крови крупномолекулярных белков и/или угнетения эритропоэза и развития анемии), эндокринных заболеваниях (тиреотоксикозе и сахарном диабете) и анемиях различного генеза отмечается повышение СОЭ. Уменьшение СОЭ, вплоть до полного прекращения оседания, бывает при эритроцитозе.

Материалы и оборудование: кровь крысы, прибор Панченкова с капиллярами, пробирка или фарфоровая чашечка, резиновые перчатки, маски, вата, спирт, йод, 5 % раствор цитрата натрия или 3,8 % ЭДТА, ёмкость для отработанного материала с дезраствором.

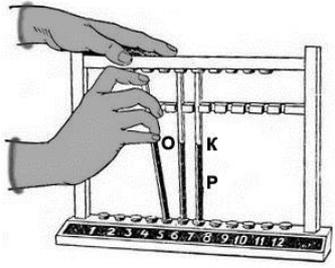
Ход работы. Для определения СОЭ используют прибор Панченкова. Пипетку (капилляр) прибора промывают 5 % раствором цитрата натрия, набрав его до отметки «Р» и выдув в пробирку (фарфоровую чашечку). Взятую для исследования кровь дважды набирают до отметки «К» (кровь крысы предварительно аккуратно взбалтывают), выдувают в пробирку и тщательно перемешивают с цитратом натрия. Смесь набирают в пипетку до метки «0». Пипетку помещают в штатив на 1 час строго вертикально. Результат определяют по снижению красного столбика эритроцитов в капилляре от точки «0» (в миллиметрах).

² СОЭ у новорожденного составляет 2–4 мм/ч, в 6 мес. — 4–10 мм/ч, в 1 год — 4–12 мм/ч.

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

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните протокол.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

| | |
|---|---|
|  <p>1. Прибор Панченкова</p> | <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>1. СОЭ исследуемой крови = _____ мм/ч, пол _____.</p> <p>1.1) в норме СОЭ: у мужчин _____ мм/ч; у женщин _____ мм/ч;</p> <p>1.2) при определении СОЭ кровь смешивают с 5 % раствором цитрата натрия с целью _____.</p> <p>2. Вывод: _____ (СОЭ в норме, повышена, замедлена)</p> |
|---|---|

Работа 2.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА ПО СПОСОБУ САЛИ



Работа может проводиться в виде демонстрации учебного фильма в компьютерном классе кафедры (путь к видеофильму см. в работе 2.1).

Содержание гемоглобина (Hb) в крови здорового человека составляет³: 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.

Одним из простейших методов является *колориметрический*, основанный на образовании при взаимодействии гемоглобина с соляной кислотой солянокислого гематина — вещества, придающего раствору коричневый цвет. Для этого метода используется гемометр Сали. Он состоит из штатива, задняя стенка которого сделана из матового стекла, и трех пробирок одинакового диаметра. Средняя пробирка градуирована, она предназначена для проведения исследований, а в двух боковых, запаянных, содержится стандартный раствор хлорида гематина. Кровь, использованная для приготовления стандарта, содержала 16,7 г %, или 167 г/л гемоглобина.

Материалы и оборудование: кровь крысы, скарификаторы в стерилизаторах, пинцет, вата, гемометр Сали в наборе, 0,1 N раствор HCl, дистиллированная вода, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 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

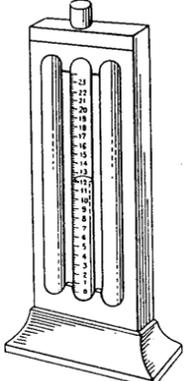
³ У новорождённых — 180–240 г/л, у детей до 5 лет — 110–140 г/л.

кровь на дно пробирки, не допуская перемешивания с соляной кислотой. Поднимают пипетку вверх и промывают чистым слоем соляной кислоты. Содержимое пробирки перемешивают стеклянной палочкой, пробирку помещают в штатив на 5–10 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 светло-коричневым, как цвет стандарта в двух боковых пробирках (при каждом добавлении воды раствор перемешивают стеклянной палочкой).

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:

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

| | |
|--|--|
|  <p>1. Гемометр Сали</p> | <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>2. Содержание гемоглобина в исследуемой крови = _____ г% (г/дл), или _____ г/л.</p> <p>3. Нормальное содержание гемоглобина: у мужчин _____ г/л у женщин _____ г/л</p> <p>3. Вывод: содержание гемоглобина в исследуемой крови _____ (нормальное, повышено или снижено)</p> <p>4. Уменьшение содержания гемоглобина и/или эритроцитов ниже нормы называется _____</p> |
|--|--|

Работа 2.8. 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:

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

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:

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

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 $3 \times 152 : 456 = 1,00$.

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 В₁₂ и/или фолиевой кислоты).

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

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

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 абсолютном большинстве случаев указывает на наличие ошибки при определении показателей красной крови.

MCV (mean corpuscular volume) — средний объём эритроцитов. В современных гематологических анализаторах значение MCV представляет собой среднюю величину объёма всех измеренных эритроцитов. Также его можно рассчитать по формуле:

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

Показатель MCV используется для оценки микро-, нормо- и макроцитоза. В норме средний объём эритроцита составляет 80–100 фл⁴. Эти значения MCV характерны для нормоцитов. Если величина MCV меньше 80 фл, диагностируется микроцитоз, если больше 100 фл — макроцитоз.

Необходимо учитывать, что MCV может иметь нормальное значение при наличии у пациента одновременно выраженного макро- и микроцитоза, поэтому MCV всегда следует рассматривать в совокупности с эритроцитарной гистограммой и показателем RDW.

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

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

где SD — стандартное отклонение объёма эритроцитов от среднего значения.

В норме показатель RDW составляет 11,5–14,5 %. Увеличение значения 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 изменённым, но однородным объёмом (например, микроцитов), значение RDW может быть в пределах нормы, так как оно характеризует ко-

⁴ 1 фл = 1 мкм³ = 10⁻¹⁵ л.

лебания объема клеток внутри популяции и не связано с абсолютной величиной объема эритроцита.

Графически увеличение RDW отображается уплощением и растягиванием эритроцитарной гистограммы (рис. 3.1). Повышение RDW, характерно для анемий с выраженным анизоцитозом — железодефицитной, В₁₂-дефицитной.

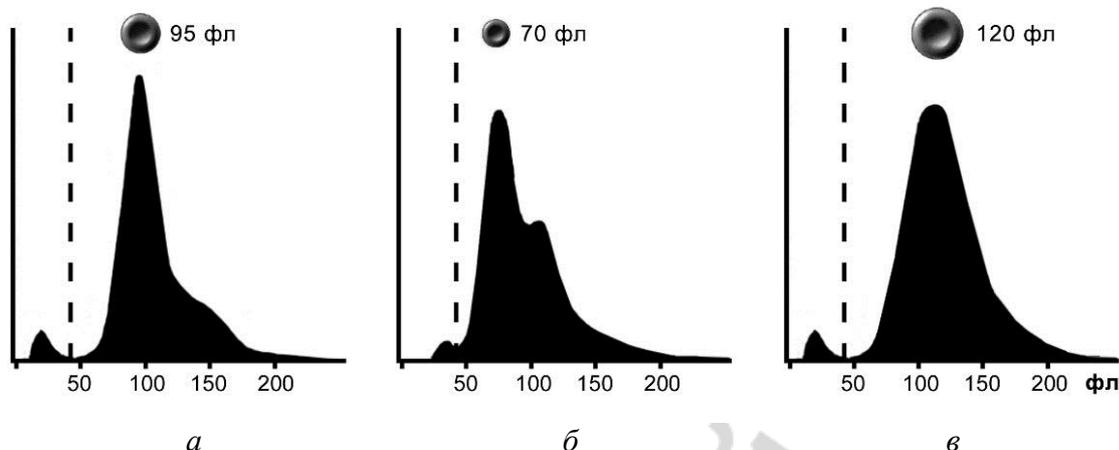


Рис. 2.1. Кривые распределения эритроцитов и тромбоцитов:

a — 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 работ 2.6, 2.7. Оцените полученный результат, сравнив полученные показатели с нормой.

ПРОТОКОЛ

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

| Показатель | | Норма (с единицами измерения) |
|------------|-----------------------------|----------------------------------|
| МСН = | : = × 10 ⁻¹² г = | |
| ЦП = | × : = | |

- Вывод: _____
(гипо-, нормо-, гиперхромия)

| | |
|--------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 3. ГРУППЫ КРОВИ. СИСТЕМЫ АВ0, РЕЗУС (Rh) И ДРУГИЕ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДБОРА ДОНОРСКОЙ КРОВИ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ТРОМБОЦИТОВ. ТРОМБОЦИТОПОЭЗ. СИСТЕМА ГЕМОСТАЗА

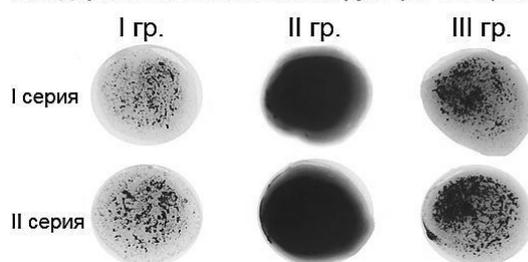
Основные вопросы:

1. Группы крови. Антигены клеток крови. Важнейшие системы эритроцитарных антигенов — АВ0 и Rh.
2. Система АВ0. Антигены (агглютиногены) и антитела (агглютинины) групп крови, их характеристика.
3. Определение группы крови в системе АВ0. Стандартные сыворотки. Моноклональные сыворотки. Последствия переливания крови, несовместимой по системе АВ0.
4. Система антигенов резус (Rh), её характеристика. Формирование системы Rh в онтогенезе, её характеристика, отличия от системы АВ0. Последствия переливания крови, несовместимой по системе Rh. Резус-конфликт.
5. Другие системы групп крови. Система лейкоцитарных антигенов HLA, её значение.
6. Донорская кровь: её компоненты и препараты. Основные принципы переливания препаратов и компонентов донорской крови.
7. Факторы риска для реципиента при переливании крови и её компонентов.
8. Исследования, обязательно проводимые перед переливанием донорской крови и её компонентов (определение группы крови реципиента /А/ и эритроцитов донора /Б/ по системам АВ0 и Rh, пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора /В/, биологическая проба /Г/).
9. Кровезамещающие растворы, их классификация и требования, предъявляемые к ним.
10. Тромбоциты, их количество, строение и функции. Методы подсчета. Тромбоцитоз и тромбоцитопения. Тромбоцитопоз и его регуляция.
11. Понятие о системе гемостаза и её механизмах. Первичный (сосудисто-тромбоцитарный) и вторичный (плазменно-коагуляционный) гемостаз: значение, методы оценки. Роль тромбоцитов. Понятие о противосвёртывающей и фибринолитической системах крови, антикоагулянтах.

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:

Стандартные изоагглютинирующие сыворотки



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

4. Что такое резус-конфликт? Перечислите возможные причины его возникновения.

5. К каким последствиям может приводить первое переливание крови, несовместимой по системе АВ0, по системе Rh?

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

7. Для чего проводятся пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора по системе АВ0 и на резус-совместимость? Какова методика их выполнения?

8. Каково значение системы HLA для трансплантации донорских органов и тканей?

9. Почему при тяжёлых заболеваниях печени возрастает время кровотечения?

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

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Дополнительная информация к занятию.*

2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 505–522, 532–533.*

3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 479–494.*

4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 224–238.*

5. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения медработников». С. 31–35.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 3.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



«Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Видеотека» → «Методы исследования крови» (в подразделах):

1. «Определение групп крови в системе АВ0 при помощи стандартных сывороток» (3:04) — к работе 3.2.

2. «Определение резус-принадлежности крови экспресс-методом при помощи универсального реагента антирезус» (2:55) и «Определение резус-фактора крови (новый фильм)» — к работе 3.3.

3. «Определение группы крови при помощи моноклональных сывороток (новый фильм)» (1:24) и «Определение группы крови в системе АВ0 и резус-принадлежности при помощи моноклональных сывороток» (0:58) — к работе 3.4.

Работа 3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМЕ АВ₀ ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ СЫВОРОТОК (демонстрация)



Работа может проводиться в виде демонстрации учебных фильмов в компьютерном классе кафедры (путь к фильму см. в работе 3.1).

Групповую принадлежность исследуемой крови определяют по реакции гемагглютинации, которую проводят с помощью стандартных сывороток. В основе такой реакции лежит взаимодействие между антигенами эритроцитов исследуемой крови и соответствующими антителами стандартной сыворотки. Так как антитела, содержащиеся в стандартных сыворотках, известны, по результатам наличия или отсутствия агглютинации определяют антигены эритроцитов исследуемой крови, и, таким образом, — группу крови по системе АВ₀.

Материалы и оборудование: стандартные сыворотки 0αβ (I), Aβ (II), Ba (III) и АВ₀ (IV) групп двух различных серий; фарфоровая тарелка или планшет; 0,9 % раствор NaCl; стерильные скарификаторы, вата, пинцет и стеклянные палочки в 6 % растворе перекиси водорода; спирт; йод; резиновые перчатки; маски; ёмкость для сбора отработанного материала с дезраствором.

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

Определение проводят на специальных планшетах. В соответствующие углубления планшета вносят пипетками 0,1 мл (1 большая капля) каждой стандартной сыворотки двух серий. Кровь для исследования берут из пальца, соблюдая правила асептики. Первую каплю крови снимают стерильным ватным шариком. Затем стеклянными палочками последовательно добавляют кровь (в 10 раз меньше сыворотки) в каждую каплю сыворотки и тщательно перемешивают. Полученную смесь дополнительно перемешивают покачиванием тарелки и наблюдают за ходом реакции в течение не менее 5 мин. Обычно реакция агглютинации начинается в течение первых 10–30 с, однако агглютинация может быть более поздней, например, с эритроцитами группы A₂β (II). По мере наступления агглютинации, но не ранее чем через 3 мин, в капли, в которых наступила агглютинация, добавляют по 1 капле изотонического раствора NaCl и продолжают наблюдение при покачивании тарелки до окончания 5 мин, после чего окончательно оценивают результат.

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

Возможны четыре различных комбинации реакций (рис. 3.1):

1) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп не вызвали реакции агглютинации, и все капли остались равномерно окрашенными в красный цвет. В этом случае исследуемая кровь принадлежит к группе 0αβ (I);

2) агглютинины стандартных сывороток групп $O\alpha\beta$ (I) и $B\alpha$ (III) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $A\beta$ (II) — отрицательную. Исследуемая кровь принадлежит к группе $A\beta$ (II);

3) агглютинины стандартных сывороток групп $O\alpha\beta$ (I) и $A\beta$ (II) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $B\alpha$ (III) — отрицательную. Исследуемая кровь принадлежит к группе $B\alpha$ (III);

4) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп вызвали положительную реакцию агглютинации. Исследуемая кровь принадлежит к группе AB_0 (IV). В этом случае, прежде чем сделать такое заключение, для исключения неспецифической агглютинации необходимо провести дополнительное контрольное исследование со стандартной сывороткой AB_0 (IV) группы по той же методике в свободном (чистом) квадрате тарелки. Отсутствие агглютинации в этом исследовании позволяет считать ранее полученные реакции специфическими и отнести исследуемую кровь к группе AB_0 (IV). Наличие агглютинации с сывороткой группы AB_0 (IV) говорит о неспецифической агглютинации. В этом случае исследование следует повторить с отмытыми эритроцитами.

| Результат реакции со стандартными сыворотками | | | Исследуемая кровь принадлежит к группе |
|---|---|---|--|
| $O\alpha\beta$ (I) | $A\beta$ (II) | $B\alpha$ (III) | |
|  |  |  | O (I) |
|  |  |  | A (II) |
|  |  |  | B (III) |
|  |  |  | AB (IV) |
| Контроль с сывороткой группы AB (IV) | | | |
|  | | | |

Рис. 3.1. Результаты определения групп крови в системе AB_0

Выявление других комбинаций реакций агглютинации говорит о неправильном определении групповой принадлежности крови!

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

Отсутствие агглютинации может быть обусловлено следующими причинами: 1) замедлением этой реакции при высокой температуре окружающей среды $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 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 агглютинирующей способностью эритроцитов.

Выявление ложной агглютинации при её фактическом отсутствии может быть обусловлено подсыханием капли сыворотки и образованием «монетных столбиков» эритроцитов или проявлением холодовой агглютинации при понижении температуры $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Добавление капли изотонического раствора хлорида натрия к исследуемой смеси сыворотки и крови и проведение исследования при температуре выше $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 таблицы 3.1 и 3.2. В таблице 3.2 укажите, в каком случае происходит (+) или не происходит (–) агглютинация.

2. Нарисуйте схему определения группы крови в системе АВ0 для исследовавшейся на занятии крови и определите группу исследовавшейся крови.

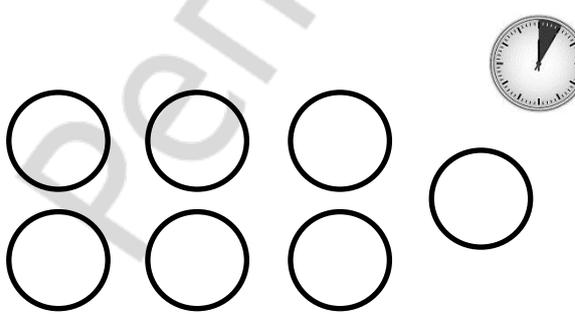
ПРОТОКОЛ

Таблица 3.1

| Группы крови | Агглютинины сыворотки | Агглютиногены эритроцитов |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 $\alpha\beta$ (I) | | |
| A β (II) | | |
| B α (III) | | |
| AB ₀ (IV) | | |

Таблица 3.2

| Группы крови | Группы стандартных сывороток | | | |
|----------------------|------------------------------|----------------|------------------|----------------------|
| | 0 $\alpha\beta$ (I) | A β (II) | B α (III) | AB ₀ (IV) |
| 0 $\alpha\beta$ (I) | | | | |
| A β (II) | | | | |
| B α (III) | | | | |
| AB ₀ (IV) | | | | |



2. Рис. Схема опыта определения группы крови в системе АВ0

3. Через _____ мин в капли, в которых произошла агглютинация, добавляется по _____ кап. _____, что позволяет исключить _____.

4. **Вывод:** исследованная кровь относится к _____ группе в системе АВ0, т. к. её эритроциты _____ (содержат/не содержат) агглютиногены _____ (А, В).

Работа 3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУС-ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КРОВИ (демонстрация)



Работа может проводиться в виде демонстрации учебных фильмов в компьютерном классе кафедры (путь к фильму см. в работе 3.1).

Определение резус-принадлежности исследуемой крови проводят по такому же принципу, как и определение группы крови в системе АВ0. Исследуемую цельную кровь или взвесь эритроцитов смешивают с универсальной антирезусной сывороткой, содержащей антитела к резус-антигену. По истечении установленного времени смесь проверяют на наличие агглютинации, при появлении которой реакции считают положительной. Система резус, в отличие от системы АВ0, не имеет естественных агглютининов, но они могут появляться при иммунизации организма резус-несовместимой кровью.

Материалы и оборудование: универсальный реагент антирезус для экспресс-метода; 0,9 % раствор NaCl; резиновая пробка; стерильные скарификаторы, пробирка, вата, пинцет и стеклянная палочка в 6 % растворе перекиси водорода; спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 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, агглюцинация наступает в течение 1-й мин, но для образования устойчивого комплекса «антиген – антитело» и четко выраженной агглюцинации, а также ввиду возможности замедленной реакции при слабо выраженной агглютинирующей способности эритроцитов, контакт эритроцитов с реагентом следует проводить, вращая пробирку в горизонтальном положении не менее 3 мин, чтобы смесь растекалась по стенкам пробирки. 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.

Одновременно с исследованием цельной крови производится контрольное исследование стандартных резус-положительных эритроцитов той же группы или группы I (0) по системе АВ0 и стандартных резус-отрицательных эритроцитов, обязательно одногруппных с исследуемой кровью.

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

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

Отсутствие агглютинации может быть обусловлено следующими причинами: 1) замедлением этой реакции при низкой температуре окружающей среды $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25 $^{\circ}\text{C}$); 2) добавлением к универсальной антирезусной сыворотке

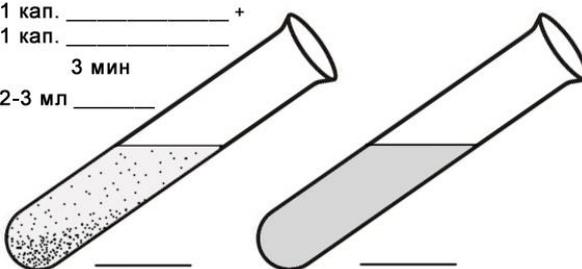
избыточного или недостаточного количества исследуемой крови; 3) несоблюдением времени контакта эритроцитов с реагентом и ранним добавлением физраствора или интенсивным встряхиванием пробирки.

Результат считается истинным после проверки контрольных образцов, т. е. при агглютинации со стандартными резус-положительными эритроцитами и отсутствии агглютинации со стандартными резус-отрицательными эритроцитами, одногруппными с исследуемой кровью по системе АВ0.

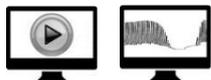
Указания к оформлению протокола:

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

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

| | |
|---|---|
|  <p>1. Рис. Схема опыта определения резус-принадлежности крови</p> | <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>2. Вывод: исследуемая кровь является _____ (Rh^+ или Rh^-), так как при смешивании её с универсальным реагентом антирезус в пробирке наблюдается _____ (да, нет) агглютинация.</p> |
|---|---|

Работа 3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМЕ АВ0 И Rh ПРИ ПОМОЩИ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ (демонстрация)



Перед выполнением работы просмотрите учебные фильмы в компьютерном классе кафедры (путь к фильму см. в работе 3.1).

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

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. Гибридомы мышиноного происхождения способны к росту как в куль-

туре, так и в организме мыши в виде асцитной опухоли, продуцируя антитела в очень высоких концентрациях до нескольких десятков граммов на литр.

Для получения АВ₀- или Rh-реагентов достаточно делать смыв культуры тканей или забор асцитной жидкости и разведение этих жидкостей, так как титр антител в них очень велик. В настоящее время АВ₀- и Rh-титрующие моноклональные реагенты выпускаются в промышленных масштабах в том числе и в Республике Беларусь.

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

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

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

На специальный планшет или фарфоровую тарелку наносят по одной большой капле реагентов анти-А, анти-В и анти-Д под соответствующими надписями (анти-А, анти-В и анти-Д). 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 1–2,5 мин.

Агглютинация с моноклональными реагентами обычно наступает в течение первых 3–5 с. Но наблюдение следует вести 2,5 мин ввиду возможности более позднего наступления агглютинации с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов. Оценка результатов реакции агглютинации представлена в таблице 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

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

Таблица 3.4

| Группа крови | Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональным реагентом анти-Д |
|-----------------|---|
| Rh ⁺ | + |
| Rh- | – |

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «PhysioEx». Для начала работы выберите «Exercise 11: Blood Analysis» → «Activity 4: Blood Typing» → «Introduction (вкладка в верхнем меню)» и изучи-

те 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 Rh. Капните в лунки, начиная с «A», исследуемую кровь № 1 (Sample 1), затем по капле реагентов anti-A, anti-B и anti-Rh. Перемешайте кровь с реагентами при помощи палочек соответствующего цвета (Stirring Sticks). Использованные палочки выбрасывайте в пакет для отработанных биоматериалов (Biohazard).

Поместите планшет на осветительный столик справа и нажмите «**Light**». На появившемся изображении мышкой выберите «positive» под каплями, в которых произошла агглютинация крови, и «negative» под каплями, в которых агглютинация не произошла. Чтобы записать результаты, нажмите «**Record Data**». Выбросьте планшет в пакет для отработанных биоматериалов.

Ответьте на вопрос программы и нажмите «**Submit**»:

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

- a) A, агглютинация; B, отсутствие агглютинации; Rh, агглютинация
- b) A, агглютинация; B, агглютинация; Rh, отсутствие агглютинации;
- c) A, отсутствие агглютинации; B, отсутствие агглютинации; C, агглютинация

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 Rh-фактора. Внесите полученные данные в протокол лабораторной работы.

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

Указания к оформлению протокола:

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

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-Rh | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

Выводы. _____

Работа 3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРВИЧНОГО ГЕМОСТАЗА

Под термином *гемостаз* понимают комплекс реакций, направленных на остановку кровотечения при травме сосудов и сохранение крови в сосудах в жидком состоянии. В связи с тем, что кровотечения и тромбообразование в сосудах разного диаметра протекают по-разному, различают два основных механизма гемостаза:

1) *микроциркуляторный, сосудисто-тромбоцитарный*, или **первичный** механизм гемостаза. С него начинаются реакции гемостаза в капиллярах, венозных и артериальных сосудах диаметром 200 мкм. В этом процессе участвуют тромбоциты и сосудистый эндотелий. С нарушением этого механизма связаны почти 80 % кровотечений и 95 % случаев тромбообразования;

2) *макроциркуляторный, гемокоагуляционный*, или **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 (диаметром более 200 мкм).

Первичный (сосудисто-тромбоцитарный, микроциркуляторный) гемостаз заключается в быстром (в течение нескольких минут) формировании тромбоцитарных сгустков в месте повреждения сосуда, что имеет **первоочередное значение для прекращения кровотечения из мелких сосудов, с низким давлением крови**. Компоненты первичного гемостаза — сосудистая стенка, тромбоциты и их факторы свертывания.

Этапы первичного гемостаза:

- 1) **спазм сосудов**;
- 2) **адгезия** тромбоцитов (с участием фактора Виллебранда), их активация и секреция из них гранул (с участием тромбоксана A₂ через фосфолипазный механизм), а также **агрегация тромбоцитов** (сначала обратимая, а затем необра-

тимая, под действием следов тромбина и фибрина) с образованием тромбоцитарной пробки;

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

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

А. Проба жгута (оценка сосудистого компонента первичного гемостаза).

Метод основан на том, что дозированное механическое воздействие (давление) на капилляры кожи у здорового человека не вызывает каких-либо существенных изменений. При нарушении нормального состояния стенки капилляров появляется повышенная ломкость сосудов, и после механического воздействия на месте давления и застоя венозной крови возникают многочисленные точечные кровоизлияния (петехии) или кровоподтёк, 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. На 1,5–2 см от локтевой ямки очертите круг 2,5 см в диаметре. До проведения пробы проверьте, имеются ли кровоизлияния в этом круге (и сколько их, если есть). На плечо наложите манжетку тонометра и создайте в ней давление 80 мм рт. ст. Поддерживайте давление на этом уровне в течение 5 мин, подкачивая воздух по мере необходимости. Рука обследуемого должна быть расслаблена и лежать свободно. Через 10–15 мин после проведения теста подсчитайте все петехии, появившиеся в очерченном круге (с учетом уже имевшихся). У здоровых людей петехии не образуются или их число не более 10 в круге, а размеры не более 1 мм в диаметре (отрицательная проба жгута). Увеличение числа петехий более 10, размеров петехий более 1 мм в диаметре или наличие кровоподтека (положительная проба жгута) свидетельствуют: о неполноценности стенок микрососудов в результате эндокринных изменений (менструальный период); инфекционно-токсических воздействий (сепсис и др.); гиповитаминоза С; нарушения выработки фактора Виллебранда и др.; о наличии тромбоцитопений и тромбоцитопатий и др.

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 _____ (< 1 мм или > 1 мм).
2. **Вывод:** проба жгута _____
(отрицательная или положительная)

Б. Время кровотечения по Дюке — демонстрация.

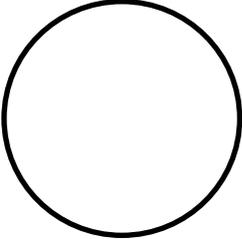


Время кровотечения, определяемое по методу Дюке, дает общее представление о том, нормальна ли функция первичного гемостаза (и, в первую очередь, позволяет оценить функцию тромбоцитов, их способность к адгезии и агрегации). Увеличение времени кровотечения отражает нарушение первичного гемостаза вследствие тромбоцитопений, тромбоцитопа-

тий, нарушений сосудистой стенки или сочетания этих факторов. Укорочение времени кровотечения свидетельствует лишь о повышенной спастической способности периферических сосудов.

Материалы и оборудование: стерильные фильтровальная бумага, скарификаторы в стерилизаторах, вата, пинцет в 6 % растворе перекиси водорода; секундомер, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Делают прокол мякоти 4-го пальца на глубину не менее 3 мм. При соблюдении этого условия кровь выделяется самопроизвольно без нажима. После прокола включают секундомер. К первой же выступившей капле прикасаются полоской стерильной фильтровальной бумаги, которая впитывает кровь. Далее снимают вновь выступившие капли крови стерильной фильтровальной бумагой **строго каждые 30 с**. Следует избегать прикосновения фильтровальной бумаги к коже, так как это способствует преждевременной остановке кровотечения. Продолжают до тех пор, пока на фильтровальной бумаге не перестанут оставаться следы крови. В норме время кровотечения **по Дюке** составляет **2–4 мин**.

| | |
|---|---|
|  1. Время кровотечения по Дюке | ПРОТОКОЛ |
| | 2. Длительность кровотечения составляет: _____ мин _____ с. 3. Вывод: длительность кровотечения _____, что свидетельствует о _____ функции (сохранении, нарушении) _____ гемостаза. (первичного или вторичного) |

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

АНТИГЕНЫ ЛЕЙКОЦИТОВ И ТРОМБОЦИТОВ. СИСТЕМА HLA

На поверхности лейкоцитов имеются агглютиногены системы АВ0, идентичные эритроцитарным и обладающие иммуногенными свойствами. Кроме того, лейкоциты имеют особые, присущие им антигены, которые могут иммунизировать реципиента, что в редких случаях может приводить к развитию посттрансфузионных реакций при переливании крови, совместимой по антигенам эритроцитов.

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

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

Антигены HLA являются гликопротеинами. По морфофункциональным особенностям их делят на:

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

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

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

Антигены системы HLA:

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

б) играют роль в распознавании чужеродных антигенов;

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

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

Практическое значение HLA-типирования:

а) для подбора совместимой донорской крови или препаратов крови.

При многократных переливаниях крови, лейкоцитов, тромбоцитов может быть иммунизация реципиента по системе HLA-A, B, C. При этом могут развиваться фебрильные посттрансфузионные реакции. Для их профилактики надо переливать суспензию эритроцитов без лейкоцитов;

б) для подбора пары донор-реципиент при трансплантации органов и тканей.

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

в) для решения спорного отцовства.

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

г) для изучения генетической предрасположенности к заболеваниям.

Существует связь между возникновением и развитием ряда заболеваний при наличии в генотипе человека того или иного антигена HLA. При отсутствии на мембране лимфоцитов HLA-A, B, C (синдром оголенных лимфоцитов) больные страдают недостаточностью иммунитета и погибают в раннем детстве. Если на Т- и В-лимфоцитах нет антигенов HLA-D или снижена экспрессия антигенов HLA-A, B, C, развивается синдром сочетанного иммунодефицита. При наличии HLA-B₂₇ велика вероятность заболевания ревматическими заболеваниями, в частности, анкилозирующим спондилитом. При болезни Аддисона (атрофия надпочечников) антиген HLA-B₈ встречается

у 80 % больных, при хроническом гепатите — у 40–50 % больных, у здоровых — в 16 % случаев.

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

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ. ЛЕЙКОПОЭЗ. НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ И СПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Основные вопросы:

1. Лейкоциты. Количество и виды лейкоцитов. Особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Распределение лейкоцитов в сосудистом русле, в тканях, его особенности и физиологическое значение.

2. Лейкоцитопоз и его регуляция. Роль цитокинов, микроэлементов, витаминов и других факторов в регуляции лейкоцитопоза. Лейкоцитоз (физиологический, реактивный) и лейкопения. Лейкоцитарная формула: сдвиги лейкоцитарной формулы, возрастные особенности.

3. Гранулоциты: их разновидности, количество в лейкоцитарной формуле, функции, продолжительность жизни. Особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Гранулоцитопоз.

4. Агранулоциты, их разновидности, особенности созревания и дифференцировки, продолжительность жизни. Моноциты и тканевые макрофаги: особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Механизмы фагоцитоза. Моноцитопоз.

5. Т- и В-лимфоциты, их свойства и функции. Особенности лимфоцитопоза. Нулевые и плазматические клетки. Лейкоцитарные рецепторы и их лиганды.

6. Понятие о механизмах неспецифической и специфической резистентности организма. Классы и функции иммуноглобулинов. Понятие о системе комплемента.

7. Основные лейкоцитарные и другие показатели, определяемые при проведении общего анализа крови (ОАК).

8. Физиологическая оценка результатов ОАК. Диагностическое значение ОАК. Понятие о возрастных нормах основных показателей ОАК.

9. Принципы выполнения ОАК с использованием современных гематологических анализаторов.

Вопросы для самоподготовки:

1. Количество каких форменных элементов (эритроцитов или лейкоцитов) поддерживается в крови на более постоянном уровне и почему?

2. Какие показатели крови, определяемые при общем анализе крови, характеризуют дыхательную функцию крови?

3. В чем отличие физиологического и реактивного лейкоцитоза? Причины физиологического и реактивного лейкоцитозов.

4. Сделайте заключение по анализу крови мужчины 20 лет: эритроциты — $5 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 160 г/л; цветовой показатель, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $12 \times 10^9/л$ (базофилы — 0 %; эозинофилы — 1 %; юные нейтрофилы — 4 %, палочкоядерные нейтрофилы — 10 %; сегментоядерные нейтрофилы — 59 %; лимфоциты — 20 %; моноциты — 6 %); СОЭ — 30 мм/ч.

5. Сделайте заключение по анализу крови женщины 35 лет: эритроциты — $4,2 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 148 г/л; цветовой показатель, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $4 \times 10^9/л$ (базофилы — 1 %; эозинофилы — 5 %; юные нейтрофилы — 0 %, палочкоядерные нейтрофилы — 1 %; сегментоядерные нейтрофилы — 60 %; лимфоциты — 24 %; моноциты — 9 %); СОЭ — 5 мм/ч.

6. Сделайте заключение по анализу крови женщины 18 лет: эритроциты — $3,4 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 90 г/л; ретикулоциты — 5,2 %; цветовой показатель, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $7,2 \times 10^9/л$ (базофилы — 1 %; эозинофилы — 8 %; палочкоядерные нейтрофилы — 1 %; сегментоядерные нейтрофилы — 39 %; лимфоциты — 46 %; моноциты — 5 %); тромбоциты — $160 \times 10^9/л$; СОЭ — 18 мм/ч.

7. Сделайте заключение по анализу крови мужчины 40 лет: эритроциты — $2,9 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 90 г/л; цветовой показатель, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $3,1 \times 10^9/л$; тромбоциты — $86 \times 10^9/л$; СОЭ — 18 мм/ч.

8. Сделайте заключение по анализу крови 2-летней девочки: эритроциты — $4,2 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 125 г/л; цветовой показатель, МСН — рассчитайте; лейкоциты — $6,2 \times 10^9/л$ (базофилы — 0 %; эозинофилы — 3 %; палочкоядерные нейтрофилы — 1 %; сегментоядерные нейтрофилы — 26 %; лимфоциты — 62 %; моноциты — 8 %); тромбоциты — $280 \times 10^9/л$; СОЭ — 6 мм/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные (дополнительные) материалы настоящего пособия и компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 498–505, 531–532.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 474–479, 501–503.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 217–224, 235–238.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 4.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



«Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Видеотека» → «Методы исследования крови» (в подразделах):

1. «Определение количества эритроцитов и лейкоцитов» (0:47) — к работе 4.2.

Работа 4.2. ПОДСЧЕТ ЛЕЙКОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)

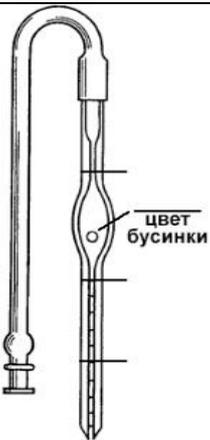


Просмотр учебного фильма и работа с микрофотографиями лейкоцитов в счётной камере (путь к видеофильму см. в работе 4.1).

Содержание лейкоцитов в крови в норме составляет $(4-9) \times 10^9/л$. Подсчёт общего количества лейкоцитов проводят в счётной камере, оценивая количество оставшихся ядер клеток после лизиса плазматических мембран форменных элементов крови.

Материалы и оборудование: кровь крысы, смеситель для лейкоцитов или пробирка, счетная камера, 5 % раствор уксусной кислоты, скарификаторы в стерилизаторах, пинцет, вата, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, ёмкость для обработанных материалов с дезраствором.

Для подсчета лейкоцитов кровь разбавляют в специальных смесителях. 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 гемолизует плазматические мембраны всех форменных элементов, а краситель метиленовый синий окрашивает ядра лейкоцитов. Встряхивают смеситель 1–2 мин. Первую каплю снимают ватой и заполняют камеру из ампулы смесителя. Подсчитывают лейкоциты (ядра лейкоцитов) при малом увеличении в 25 больших квадратах.

| | |
|---|--|
|  <p>1. Смеситель для лейкоцитов</p> | <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>2. Число лейкоцитов в 25 больших квадратах $L = \text{_____}$ клеток.</p> <p>3. Количество лейкоцитов (X) в 1 л крови рассчитывается по формуле: $X = \frac{L \times 4000 \times 20}{400} \times 10^6 = L \times 2 \times 10^8 / \text{л} = \text{_____} \times 10^8 / \text{л}$ $X = \text{_____} \times 10^9 / \text{л}$</p> <p>4. Количество лейкоцитов в норме: _____ $\times 10^9 / \text{л}$</p> <p>5. Вывод: _____</p> |
|---|--|

Работа 4.3. ПОДСЧЕТ ПРОЦЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФОРМ ЛЕЙКОЦИТОВ В МАЗКЕ КРОВИ (ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА)



Подсчет лейкоцитарной формулы осуществляется в мазке крови, окрашенной по Романовскому–Гимзе. При этом специалист перемещает мазок таким образом, чтобы охватить как можно большую площадь и не допустить повторного подсчета одних и тех же клеток крови. Подсчет лейкоцитов завершается, когда суммарно набирается 100 или 200 клеток, после чего рассчитывается их процентное соотношение.

Современные гематологические анализаторы подсчитывают значительно большее количество клеток, что позволяет повысить точность исследования. В то же время большинство широко распространенных простейших гемоанализаторов имеют возможность оценки только размеров клеток, что позволяет дифференцировать лишь лимфоциты (LYM), клетки средних размеров (MID или MON) и гранулоциты (GRA) (рис. 4.1). Хотя клетки средних размеров в основном представлены моноцитами (MON), в их число могут также попадать крупные лимфоциты, эозинофилы (EOS) и базофилы (BASO), особенно если они дегранулированы.

Под воздействием растворов, лизирующих эритроциты, различные формы лейкоцитов изменяют свои размеры в разной степени, что лежит в основе их разделения кондуктометрическим методом на три основные популяции: лимфоциты, гранулоциты и так называемые средние клетки.

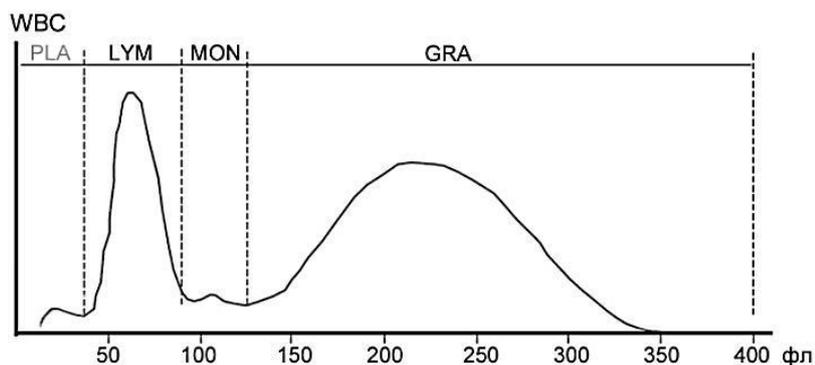


Рис. 4.1. Кривая распределения лейкоцитов и тромбоцитов

Гематологические анализаторы высокого уровня обеспечивают возможность дифференцированного счёта разных видов лейкоцитов путём оценки размеров клеток, наличия и вида гранул и сегментации ядра. Это достигается использованием различных дифференцировочных лизатов, фотометрии, кондуктометрии, лазерного светорассеивания, радиочастотного анализа, иммуноцитохимического метода, что значительно расширяет возможности исследования и позволяет определять до 30 параметров крови, включая полный анализ лейкоцитарной формулы и подсчет ретикулоцитов.

Малое количество клеток, анализируемое при ручном подсчете мазка крови, неравномерное распределение клеток различного размера на препарате, неправильное распознавание клеток являются главной причиной ошибок при микроскопии, так как вероятность ошибки зависит от количества подсчитанных лейкоцитов (например, если при анализе 100 клеток было обнаружено 10 % моноцитов, на самом деле это означает, что содержание моноцитов в крови может находиться в пределах от 4,9 % до 17,6 % (при 95 % доверительном интервале). Тот же показатель, полученный при анализе 10 000 клеток, соответствует содержанию моноцитов от 9,4 % до 10,7 %). С другой стороны, при микроскопическом исследовании специалист клинической лабораторной диагностики дифференцирует лейкоциты не только по их размерам, но и оценивает морфологию клетки (ядерно-цитоплазматическое отношение, структуру ядра, наличие зернистости, особенности окраски ядра, цитоплазмы и зернистости цитоплазмы), что позволяет ему с большой точностью отнести клетку к тому или иному виду лейкоцитов.

Так как идеальный вариант — подсчет очень большого количества клеток с детальной дифференцировкой — пока затруднителен и дорог, *оптимальным является обязательное сочетание исследования лейкогемограммы на гематологическом анализаторе с визуальной микроскопией мазка.*

Ход работы. Изучите морфологию различных видов лейкоцитов на микрофотографиях. С учётом размера клеток, формы ядра, характера окраски ядра и цитоплазмы, наличия или отсутствия гранул в цитоплазме и их окраски, величины ядерно-цитоплазматического соотношения, подсчитайте соотношение различных форм лейкоцитов (на 100 клеток) в окрашенном мазке крови по его фотографии, представленной на экране монитора («Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас» → «Занятие 4. Физиологические функции лейкоцитов. Лейкопоз. Неспецифическая и специфическая резистентность организма. Физиологическая оценка результатов общего анализа 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 другими студентами группы.
3. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

| ПРОТОКОЛ | | | | | | | | |
|--|------------------------|------------|-----|-------|-----------|-------------|------------|-----------|
| Содержание различных видов лейкоцитов в крови взрослого человека | | | | | | | | |
| Показатели | Общее число лейкоцитов | Нейтрофилы | | | Базо-филы | Эозино-филы | Лимфо-циты | Моно-циты |
| | | ю | п | с | | | | |
| Норма, % | 100 | 0-1 | 1-5 | 47-68 | 0-1 | 1-5 | 18-40 | 2-10 |
| В мазке, клеток | | | | | | | | |
| В мазке, в % | 100 | | | | | | | |

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

Работа 4.4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

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

- 1) содержание гемоглобина (г/л);
- 2) количество эритроцитов в 1 л крови;
- 3) расчет цветового показателя;
- 4) количество лейкоцитов в 1 л крови;
- 5) лейкоцитарная формула.
- 6) скорость оседания эритроцитов.

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

По показателям общего анализа крови (ОАК) врач может оценить дыхательную функцию крови (по показателям содержания гемоглобина, количеству эритроцитов); интенсивность эритропоэза (по количеству ретикулоцитов); предположить наличие инфекционно-воспалительных и аутоиммунных процессов в организме (по количеству лейкоцитов, сдвигу лейкоцитарной формулы влево и изменениям СОЭ) и т. д.

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

- при выполнении анализа первую каплю крови следует снять стерильным ватным тампоном, чтобы избежать разведения крови примесью тканевой жидкости;
- кровь сдаётся утром строго натощак (через 10–12 часов после приёма пищи);

- за два часа до сдачи крови следует воздержаться от курения, употребления сока, чая, кофе, можно пить негазированную питьевую воду;
- за два дня до исследования необходимо исключить из рациона жирную, жареную, острую пищу и алкоголь. Не следует голодать;
- перед сдачей крови необходимо избегать эмоционального напряжения, физических нагрузок (бег, подъем по лестнице), физиотерапевтических процедур, инструментального обследования, рентгенологического и ультразвукового исследований, массажа и других процедур, в течение 15–30 минут перед сдачей крови рекомендуется спокойно посидеть, отдохнуть;
- за день до анализа исключают интенсивные физические нагрузки (занятия в тренажерном зале), тепловые процедуры (сауна, баня);
- повторные анализы для динамического наблюдения необходимо проводить в той же лаборатории и в одно и то же время суток.

Сегодня вместо рутинных ручных методов гематологического анализа всё шире используются возможности, реализованные в гематологических анализаторах. Использование анализаторов позволило пополнить ОАК новыми диагностически значимыми параметрами, которые расширили понимание процессов, происходящих в крови в норме и при различных заболеваниях.

Большинством современных гематологических анализаторов используются следующие сокращения:

- RBC (*Red Blood Cells*) — количество эритроцитов;
- HGB (*Hemoglobin*) — содержание гемоглобина;
- HTC или Ht (*Hematocrit*) — показатель гематокрита;
- MCV (*Mean Corpuscular Volume*) — средний объём эритроцита;
- MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) — среднее содержание гемоглобина в эритроците;
- MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) — концентрация гемоглобина в одном эритроците;
- RDW (*Red Cell Distribution Width*) — ширина распределения эритроцитов по объёму;
- WBC (*White Blood Cells*) — количество лейкоцитов;
- NEU (*Neutrophils*) — процентное содержание нейтрофилов;
- LYM (*Lymphocytes*) — процентное содержание лимфоцитов;
- EOS (*Eosinophils*) — процентное содержание эозинофилов;
- BASO (*Basophils*) — процентное содержание базофилов;
- MID или MON, MONO (*Middle Cells or Monocytes*) — процентное содержание лейкоцитов среднего размера, в основном, моноцитов с примесью базофилов, эозинофилов и крупных лимфоцитов;
- GRA (*Granulocytes*) — процентное содержание лейкоцитов большого размера, т. е. нейтрофилов, эозинофилов и базофилов;
- PLT (*Platelets*) — количество тромбоцитов (нормальные значения см. в работе 7.2);
- MPV (*Mean Platelet Volume*) — средний объём тромбоцитов⁶;
- PCT (*Platelet Crit*) — тромбокрит;
- PDW (*Platelet Distribution Width*) — ширина распределения тромбоцитов по объёму;

⁶ Среди новых тромбоцитарных показателей в современных гематологических анализаторах используются: IPF (*Immature Platelet Fraction*) — фракция незрелых тромбоцитов. Отражает состояние костномозгового тромбоцитопозеза. 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.

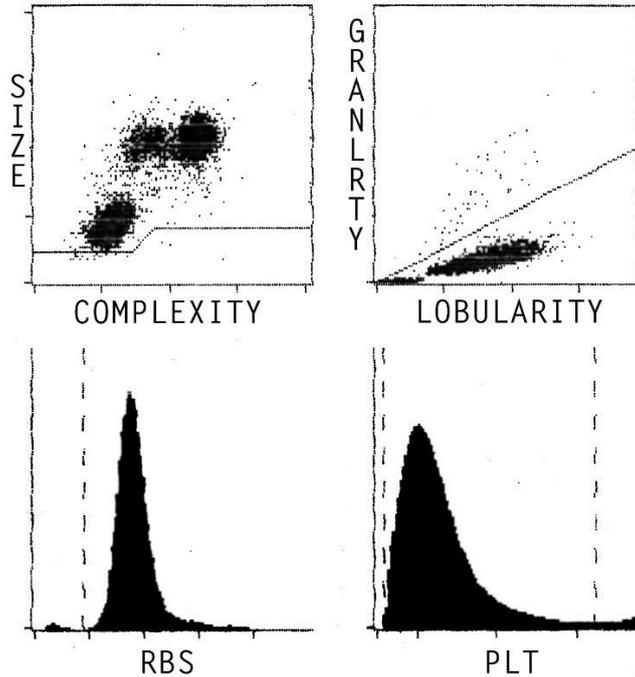
Ход работы. А. Проанализируйте результаты общего анализа крови, полученного при помощи гематологического анализатора. Сделайте заключение по результатам анализа.

SEX M AGE 21

WBC 4.86 $10^9/L$
 NEU 2.16 40.8 %N
 LYM 2.07 42.6 %L
 MON .502 10.0 %M
 EOS .058 6.20 %E
 BASO .067 0.38 %B

RBC 5.07 $10^{12}/L$
 HGB 14.1 g/dL
 HTC 41.5 %
 MCV 81.8 fL
 MCH 27.8 pg
 MCHC 34.0 g/dL
 RDW 13.7 %

PLT 209. $10^9/L$
 MPV 7.05 fL
 PCT .147 %
 PDW 16.0 %



Примечание: *size* — размер лейкоцитов; *complexity* — сложность строения; *granlnty* — гранулярность; *lobularity* — дольчатость ядер.

ПРОТОКОЛ

1. Рассчитайте ЦП: _____.
2. Вывод: _____

Б. Проанализируйте результаты ОАК *молодой женщины* (в том числе с учётом абсолютного количества разного вида лейкоцитов в лейкоцитарной формуле). Сделайте вывод о соответствии полученных результатов норме. При наличии отклонений от нормальных значений, укажите их в выводе.

ПРОТОКОЛ

| Показатель | Норма | Полученный результат |
|---------------------|--|-----------------------------|
| 1. Эритроциты | (3,9–5,1) × 10 ¹² /л у муж. (3,7–4,9) × 10 ¹² /л у жен. | 4,8 × 10 ¹² /л |
| 2. Гемоглобин | 130–170 г/л у муж. 120–150 г/л у жен. | 122 г/л |
| 3. Цвет. показатель | 0,8–1,05 | |
| 4. МСН | 25,4–34,6 нг | |
| 5. СОЭ | 1–10 мм/ч у муж. 2–15 мм/ч у жен. | 14 мм/ч |
| 6. Лейкоциты | (4–9) × 10 ⁹ /л | 12,2 × 10 ⁹ /л |
| 7. Лейкоц. формула: | 100 клеток (или 100 %) | 100 % |
| 7.1. Базофилы | 0–1 % | 0 % |
| 7.2. Эозинофилы | 1–5 % | 2 % |
| 7.3. Нейтрофилы: | | |
| миелоциты | 0 % | 0 % |
| юные | 0–1 % | 1 % |
| палочкоядерные | 1–5 % | 4 % |
| сегментоядерные | 47–68 % | 61 % |
| 7.4. Моноциты | 2–10 % | 5 % |
| 7.5. Лимфоциты | 18–40 % | 27 % |

Дополнительные показатели:

| | | |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|
| Индекс сдвига* | 0,05–0,1 | |
| Ретикулоциты | 0,5–1,2 % | 0,8 % |
| Тромбоциты | (140–450) × 10 ⁹ /л | 118 × 10 ⁹ /л |

* Индекс сдвига (индекс регенерации) — это отношение количества юных и палочкоядерных нейтрофилов к количеству сегментоядерных нейтрофилов.

Вывод: _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 4.1

Основные свойства и функции лейкоцитов

| Виды лейкоцитов | | Свойства и функции |
|-----------------|-------------------------------------|--|
| Гранулоциты | Нейтрофилы 47–76 % | <ul style="list-style-type: none"> • фагоцитоз (микрофаги); • способность к активному передвижению к очагу воспаления (хемотаксис); • секреция лизосомальных катионных белков, интерферона; • наличие рецепторов к антигенам, эндотоксинам бактерий и другим факторам; • продолжительность жизни — 4–7 дней. |
| | Базофилы 0–1 % | <ul style="list-style-type: none"> • содержат в гранулах гистамин, гепарин, серотонин, МРСА⁷ и др.; • регулируют проницаемость капилляров и агрегатное состояние крови; • осуществляют дегрануляцию при аллергических реакциях; • секретируют хемоаттрактанты для нейтрофилов и эозинофилов; • продолжительность жизни — месяцы и годы. |
| | Эозинофилы 1–5 % | <ul style="list-style-type: none"> • обезвреживание и разрушение токсинов белкового происхождения; • продукция гистаминазы и разрушение гистамина; • разрушение комплексов антиген–антитело; • противопаразитарный иммунитет; • слабая способность к фагоцитозу; • продолжительность жизни — 10–12 дней. |
| Агранулоциты | Моноциты 2–10 % | <ul style="list-style-type: none"> • фагоцитоз (макрофаги): способны фагоцитировать более крупные по сравнению с бактериями частицы; • хемотаксис; • выработка интерлейкина-1 и других цитокинов; • презентация антигенов; • наличие большого количества лизосом и пероксисом; • дифференциация в тканевые макрофаги, остеокласты; • продолжительность жизни — месяцы и годы. |
| | Лимфоциты: 18–40 % | <ul style="list-style-type: none"> • продолжительность жизни — месяцы и годы. |
| | Т-лимфоциты (60–80 % лимф.) | <ul style="list-style-type: none"> • дифференцировка в тимусе; • осуществление реакций клеточного иммунитета; • разрушение чужеродных клеток путем прямого контакта с ними (Т-киллеры разрушают чужеродные клетки, прикрепляясь к ним и выделяя перфорины и цитотоксические вещества в их цитоплазму); • участвуют в отторжении пересаженного органа; • секретируют цитокины. |
| | В-лимфоциты (15–20 % лимф.) | <ul style="list-style-type: none"> • дифференцировка в красном костном мозге; • осуществление реакций гуморального иммунитета; • синтезируют антитела против чужеродных антигенов; • после контакта с антигенами превращаются в плазмочиты, синтезирующие антитела. |
| | Нулевые клетки (≈ 10 % лимф.) | <ul style="list-style-type: none"> • предшественники Т- и В-лимфоцитов; • разрушение клеток, с которыми связались антитела; опухолевых и инфицированных вирусами клеток. |

⁷ МРСА — медленно реагирующая субстанция анафилаксии.

Основные характеристики иммуноглобулинов

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

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

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

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

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

IgE. Концентрация IgE возрастает при аллергических реакциях немедленного типа. Высокоаффинные рецепторы к IgE находятся на тучных клетках и базофилах. При связывании IgE, фиксированных на мембранах тучных клеток или

базофилов, с антигеном происходит высвобождение медиаторов воспаления. Именно этот механизм лежит в основе патогенеза анафилактических реакций.

Система комплемента

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

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

Компоненты комплемента можно условно разделить на три группы:

- 1) компоненты, запускающие классический путь активации комплемента;
- 2) компоненты, запускающие альтернативный путь активации комплемента;
- 3) эффекторные компоненты.

1. Классический путь активации комплемента начинается с присоединения C1 к иммунным комплексам, в состав которых входят IgG₁₋₃ или IgM и антиген.

2. Альтернативный путь активации комплемента начинается с расщепления C3. Биологический смысл такой активации комплемента заключается в том, что защита от чужеродного начинается еще до появления антител. Активацию комплемента по альтернативному пути вызывают инулин, зимозан, бактериальные полисахариды и агрегаты IgG₄, IgA или IgE.

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

| | |
|--------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Внимание! Для выполнения лабораторной работы на следующем занятии необходимо знание роста родителей.

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ»

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

Основные вопросы:

1. Строение и функции цитоплазматической мембраны клетки. Транспорт веществ через клеточные мембраны.
2. Обмен информацией между клеткой и окружающей средой. Понятия: информация, сигнал. Виды информационных сигналов.
3. Химическая сигнализация. Основные способы межклеточной коммуникации, их характеристика. Классификация и свойства сигнальных молекул (лигандов).
4. Молекулярные (клеточные) рецепторы. Классификация, структура и функции мембранных и внутриклеточных рецепторов.
5. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Основные пути внутриклеточной передачи сигнала с участием мембранных рецепторов. Первичные и вторичные посредники, их функции. Лиганды, действующие через мембранные рецепторы.
6. Внутриклеточная передача сигнала с участием внутриклеточных рецепторов. Лиганды, действующие через внутриклеточные рецепторы.
7. Основные физиологические эффекты лиганд-рецепторного взаимодействия на уровне клетки.
8. Общая характеристика эндокринной системы, её роль. Морфофункциональная классификация эндокринных желез.
9. Гормоны: определение понятия, классификации по химической структуре и выполняемой функции. Механизмы действия гормонов. Регуляция синтеза и секреции гормонов.
10. Понятие о методах оценки состояния функций эндокринной системы у человека.
11. Строение и функции гипофиза. Связи гипофиза с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции функций на гипоталамическом уровне.
12. Регуляция секреции гормонов гипофиза и гипоталамуса. Наиболее частые проявления нарушений эндокринной функции гипофиза и гипоталамуса: сахарный диабет, акромегалия и др.
13. Эндокринная функция шишковидной железы (эпифиза).

Вопросы для самоподготовки:

1. В чём заключается отличие первично-активного от вторично-активного транспорта веществ через мембраны?
2. С какими рецепторами связываются липофильные лиганды, и с какими — гидрофильные лиганды?
3. Какие вещества являются классическими вторичными посредниками? Какие вещества выполняют роль первичных посредников?

4. Какие ферменты активируются вторичными посредниками цАМФ, цГМФ и диацилглицеролом?
5. Какие основные пути регуляции функциональной активности белков клетки Вы знаете?
6. Какую функцию выполняет вторичный посредник инозитолтрифосфат (ИФ₃)?
7. Какие эффекты тиреоидных и кортикостероидных гормонов развиваются медленно по сравнению с эффектами катехоламинов, почему?
8. В чем заключается метаболический эффект гормонов? Анаболические и катаболические гормоны.
9. В чем заключается перmissive эффект гормонов?
10. Что такое первичные и вторичные посредники действия гормонов?
11. Какими способами можно оценить состояние функций эндокринной железы?
12. Каковы механизмы обратной связи для регуляции секреции гормонов гипофиза и гипоталамуса?
13. В чем заключается действие АКТГ? Чем тормозится его секреция?
14. Чем проявляется избыток и недостаток АКТГ в организме?
15. Как регулируется секреция ТТГ, в чем заключается его тиреоидное действие и как проявляется избыток и недостаток в организме ТТГ?
16. Что является стимулами для секреции вазопрессина (АДГ)?
17. Какие общие симптомы имеются при сахарном и несахарном диабете? Каковы причины этих двух разных заболеваний?

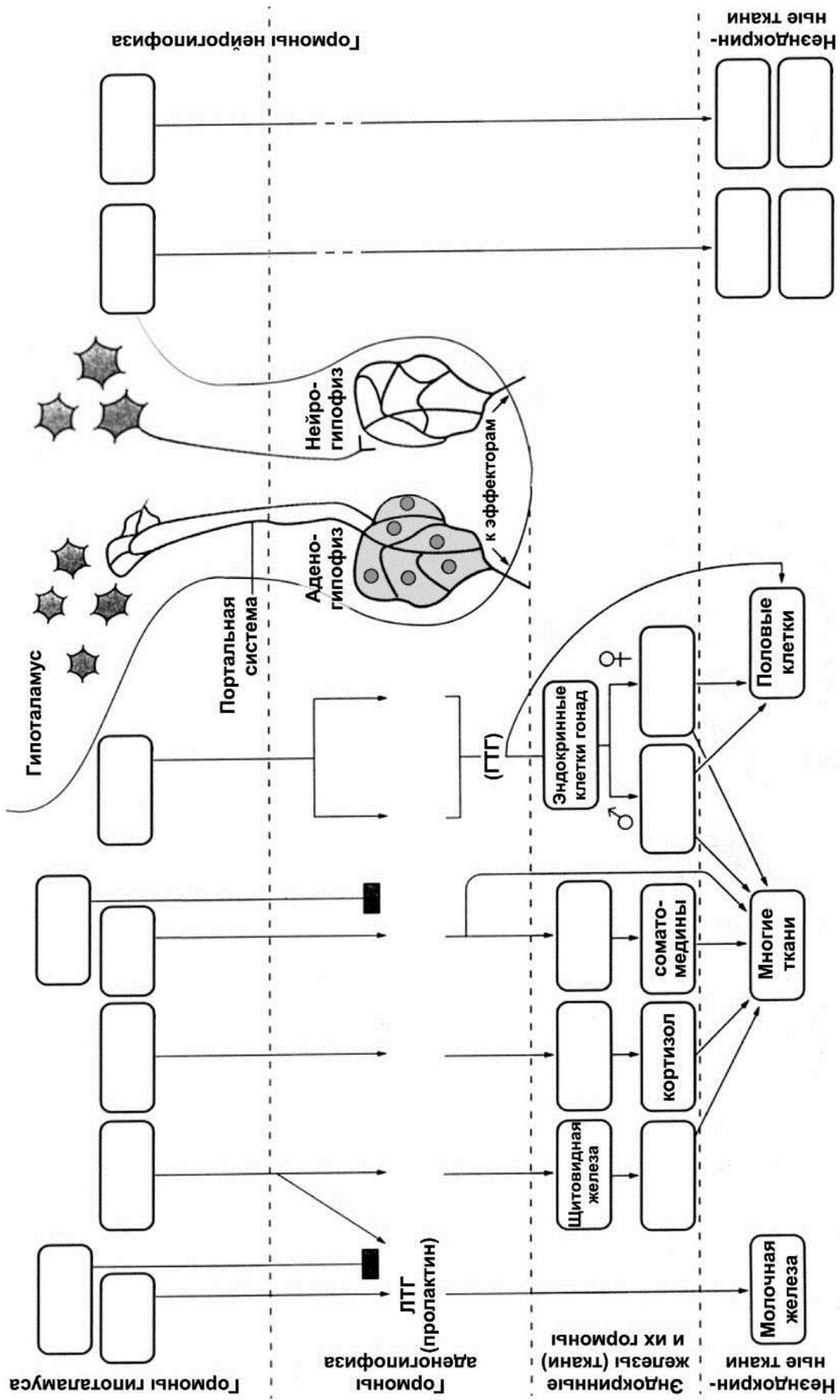
ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 28–47, 51–54, 73–81, 246–275.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 29–48, 52–55, 74–82, 245–268.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 14–28, 33–37, 180–187.*
5. *Кубарко, А. И. Физиология эндокринной системы. Учебно-методическая разработка к практическим занятиям по нормальной физиологии : учеб.-метод. пособие / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : МГМИ, 1995. 27с.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 5.1. 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».



Работа 5.2. ОЦЕНКА РОСТА ЧЕЛОВЕКА

Для выполнения работы необходимо знание роста родителей!

Рост человека — одна из основных характеристик его физического развития. Линейный рост — процесс неравномерный. Максимальная скорость роста отмечается у новорожденных и детей 1-го года жизни, затем скорость роста значительно понижается. Некоторое повышение скорости роста отмечается у девочек с 9 до 14 лет и у мальчиков с 11 до 16 лет, затем скорость роста снова снижается. К 16 годам у девушек и к 18 годам у юношей рост тела в длину практически завершается и в норме не превышает 1 см/год. Полное окостенение наступает к 20–23 годам в женском организме и к 21–25 годам в мужском. Рост взрослого человека в пределах 130–200 см у мужчин и 120–190 см у женщин рассматривается как нормальный. Мужчины ростом менее 130 см и женщины менее 120 см называются карликами. Люди-гиганты имеют рост более 190 см женщины и более 200 см мужчины.

Рост — интегральный показатель влияния генетических, гормональных, тканевых и внешних факторов на кость и другие ткани организма. Генетическая программа роста реализуется через гуморальную эндокринную систему, включающую все известные гормоны (тиреоидные, инсулин, кальцийрегулирующие, надпочечниковые, половые), но особое значение имеет гипоталамо-гипофизарная регуляция роста, центральным звеном которой является соматотропин (СТГ). СТГ способствует росту костей в длину, росту и дифференцированию внутренних органов, развитию мышечной ткани. Основные эффекты СТГ на уровне костной ткани состоят в стимуляции роста хряща, синтеза белка, индуцировании митоза клеток. Эффекты СТГ опосредуются инсулиноподобными факторами роста (ИФР-I, ИФР-II), или соматомединами, которые под влиянием гормона синтезируются, главным образом, в печени и почках. Линейный рост человека завершается с закрытием зон роста под влиянием половых гормонов.

Наиболее простым и доступным методом исследования соматотропной функции является антропометрический, т. е. оценка роста человека по сравнению с его прогнозируемым ростом, рассчитанным на основании среднего роста его родителей. Для определения границ конечного роста используется следующая формула:

| |
|---|
| Прогнозируемый конечный рост мужчины = (рост отца + рост матери + 13 см) : 2 |
|---|

| |
|---|
| Прогнозируемый конечный рост женщины = (рост отца + рост матери – 13 см) : 2 |
|---|

Измеренный рост взрослого человека должен совпадать с прогнозируемым ростом или отклоняться от расчетной величины роста не более чем на 2 стандартных отклонения (σ), т. е. **± 10 см к расчетной величине роста**. Отклонения измеренного роста более чем на 2σ от расчетной величины роста указывает на патологически низкий или высокий рост человека. В таком случае для выяснения причины нарушения роста необходимо проводить детальные исследования соматотропной функции гипофиза, а также изучение состояния других желез (прежде всего, половых и щитовидной).

Материалы и оборудование: ростомер.

Ход работы. Измерение роста проводят в положении стоя с помощью ростомера. 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. Планку ростомера опускают до уровня головы испытуемого. Измерения проводят на выдохе 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 полученный результат измерения, сравнив его с прогнозируемым ростом человека.
4. Ответьте, как повлияет избыток и недостаток гормона роста или половых гормонов в детском и юношеском возрасте на конечный рост человека.

ПРОТОКОЛ

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

2. Рост родителей испытуемого: матери _____ см; отца _____ см.

Расчет прогнозируемого роста испытуемого (*ПРИ*)

$$ПРИ = (\text{рост отца} + \text{рост матери} \pm 13 \text{ см}) / 2 = ______ \pm 10 \text{ см} = \text{от} ______ \text{ до} ______ \text{ см.}$$

3. **Вывод.** Рост испытуемого _____ (в норме, патологически высокий, патологически низкий).

Избыток в детском и юношеском возрасте гормона роста или недостаток половых гормонов могут привести к патологически _____ росту.

Недостаток в детском и юношеском возрасте гормона роста или избыток половых гормонов могут привести к патологически _____ росту.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 6. ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

1. Щитовидная железа: виды эндокринных клеток и их гормоны. Йодсодержащие тиреоидные гормоны: виды, структура, длительность циркуляции в крови, механизмы действия. Метаболические и другие физиологические эффекты йодсодержащих тиреоидных гормонов.

2. Образование йодсодержащих тиреоидных гормонов и регуляция их секреции, значение йода и селена. Суточная потребность в йоде и селене, источники их поступления в организм. Характерные проявления избыточного или недостаточного выделения тиреоидных гормонов.

3. Регуляция гомеостаза кальция и фосфатов в организме. Влияние кальцитонина, паратгормона и кальцитриола на обмен кальция и фосфатов. Регуляция синтеза и секреции этих гормонов.

4. Факторы сохранения здоровья костной ткани и зубов. Суточные потребности в кальции и витамине Д₃, источники их поступления в организм.

5. Надпочечники: особенности строения, функции. Гормоны коркового вещества надпочечников: структура, виды, механизмы действия. Особенности регуляции секреции минералокортикоидов и глюкокортикоидов.

6. Альдостерон как жизненно важный гормон. Метаболические и неметаболические эффекты глюкокортикоидов. Физиологическое значение половых гормонов надпочечников. Характерные проявления избыточной или недостаточной секреции гормонов коры надпочечников.

7. Гормоны мозгового вещества надпочечников: структура, виды, продолжительность действия. Эффекты и механизмы действия катехоламинов, регуляция их секреции.

8. Эндокринная функция поджелудочной железы. Роль инсулина и глюкагона в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена, регуляция секреции гормонов. Понятие о состояниях гипо- и гипергликемии.

9. Эндокринная функция половых желез. Механизмы действия половых гормонов и вызываемые ими эффекты, механизмы регуляции их секреции. Характерные проявления их избыточной или недостаточной секреции.

10. Понятие об эндокринной функции плаценты.

11. Вилочковая железа и её роль в различные возрастные периоды. Понятие об APUD-системе кишечника. Эндокринная функция сердца, печени, почек.

12. Гормональные механизмы регуляции водно-электролитного баланса в организме (антидиуретический гормон, альдостерон, предсердный натрийуретический пептид).

13. Участие желез внутренней секреции в приспособительной деятельности организма. Общий адаптационный синдром, стресс. Дистресс и эустресс. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы организма.

14. Понятие об общих принципах использования гормонов для коррекции функций организма.

Вопросы для самоподготовки:

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

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 275–327, 453–482.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 268–314, 449–451.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 187–205.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 6.1. СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛЫ МЫШЦ РУК У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

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

Материалы и оборудование: ручной динамометр.

Ход работы. Измерьте силу мышц ведущей руки (в кг) у всех студентов и студенток в группе с помощью ручного динамометра, как это описано в работе 10.1.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите значения абсолютных показателей силы мышц рук (в кг) у всех студентов и студенток.

2. Рассчитайте среднюю силу рук у мужчин и у женщин в каждой из групп.
3. Сравните между собой полученные результаты и сделайте заключение о причинах наблюдаемых различий.

| ПРОТОКОЛ | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|
| Сила рук, кг | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Среднее |
| у мужчин | | | | | | | | | |
| у женщин | | | | | | | | | |

Вывод. _____ (большая, меньшая) сила мышц рук у мужчин, чем у женщин, обусловлена высокой чувствительностью этих мышц к _____.

Работа 6.2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАТЕХОЛАМИНОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (демонстрационная компьютерная работа)



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

Подробное описание работы в программе дано в работе 1.1.

Выполнение работы позволяет проанализировать сходство и различия в действии гормонов мозгового вещества надпочечников.

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

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

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

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

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу. Обозначения: HR — Heart Rate (ЧСС), BP_{syst} — Systolic Blood Pressure ($AD_{cис}$), BP_{diast} — Diastolic Blood Pressure ($AD_{диа}$), BP_{mean} — Mean Hemodynamic Blood Pressure ($AD_{срд}$).

2. Схематично зарисуйте изменения артериального давления (АД) и ЧСС.

3. Сделайте вывод о механизмах влияния катехоламинов на сердечно-сосудистую систему.

| ПРОТОКОЛ | | | | | |
|--|-----|-------------------|-------------------|-------------------|----|
| Воздействия на сердце | ЧСС | АД _{сис} | АД _{диа} | АД _{срд} | ПД |
| Исходные показатели | | | | | |
| Введение noradrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + введение noradrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Phentolamine (α-адреноблокатор), 100 mg/kg + введение noradrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Введение adrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + введение adrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Phentolamine (α-адреноблокатор), 100 mg/kg + введение adrenaline, 5 µg/kg | | | | | |
| Стимуляция Symp. Nerves to adrenals T₆₋₈ | | | | | |

Введение noradrenaline

Введение adrenaline

Propranolol + noradrenaline

Propranolol + adrenaline

Phentolamine + noradrenaline

Phentolamine + adrenaline

Стимуляция Symp. Nerves to adrenals T₆₋₈

Вывод: гормоны _____ вещества надпочечников адреналин и норадреналин стимулируют _____-адренорецепторы сердца, _____ (↑ или ↓) частоту и силу его сокращений. Увеличение силы сокращений сердца проявляется _____ (↑ или ↓) АД_{сис}.

Норадреналин активирует _____-адренорецепторы сосудов, вызывая _____ (сужение или расширение) сосудов и _____ (↑ или ↓) более чем в 1,5 раза АД_{диа}, АД_{сис} и АД_{срд}.

Адреналин активирует _____-адренорецепторы сосудов, вызывая _____ (сужение или расширение) сосудов и _____ (↑ или ↓) АД_{диа} на фоне _____ (↑ или ↓) АД_{сис}.

Норадреналин имеет большее сродство к _____-адренорецепторам, адреналин (в физиологических концентрациях) — к _____-адренорецепторам.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 7. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ. ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ»

Основные вопросы:

1. Понятие физиологических функций, уровней их организации и регуляции. Характеристика основных составляющих замкнутого контура регулирования. Прямая и обратная связь, их характеристика. Регуляции по отклонению и по возмущению. Функциональная система регуляции физиологических функций по отклонению (П. К. Анохин).

2. Физиологические представления о гомеостазе как о постоянстве внутренней среды организма, функций и механизмов, их регулирующих. Нейрогуморальные механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма (на примере регуляции уровня глюкозы в крови с помощью инсулина и глюкагона).

3. Внутренняя среда организма. Жидкие среды организма (межклеточная жидкость, внутриклеточная жидкость, кровь, лимфа, ликвор и др.), их состав, объёмное распределение в организме. Понятие о гистогематических барьерах.

4. Система крови. Состав, количество, свойства, основные функции крови.

5. Гематокрит: определение, величина в норме. Основные факторы, влияющие на величину гематокрита.

6. Плазма крови. Органические и неорганические компоненты плазмы крови. Основные физиологические константы плазмы крови, характеризующие гомеостаз (вязкость, рН, осмотическое и онкотическое давление).

7. Кислотно-основное состояние крови. Физико-химические и физиологические механизмы, обеспечивающие постоянство рН крови. Буферные системы. Понятие об ацидозе и алкалозе.

8. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови. Вещества, создающие осмотическое давление. Гипо-, гипер- и изотонические растворы. Понятие о состоянии гипер- и дегидратации тканей, роль осмотического давления межклеточной жидкости.

9. Гемолиз и его виды. Плазмолиз. Неблагоприятные последствия гемолиза эритроцитов в организме.

10. Белки плазмы крови: классификация, функции, содержание. Вязкость крови.

11. Онкотическое давление плазмы и его роль в обмене воды между кровью и межклеточной жидкостью. Вклад различных белков плазмы крови в создание онкотического давления.

12. Гемопоз. Гемоцитопоз. Свойства и функции полипотентной стволовой кроветворной клетки, коммитированных клеток-предшественниц зрелых клеток крови. Современная схема гемопоза. Роль микроокружения стволовой клетки в гемопозе.

13. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемоцитопоза. Нейромедиаторы, гормоны и цитокины, влияющие на гемоцитопоз. Стимуляторы (ранне- и позднедействующие) и ингибиторы гемоцитопоза.

14. Потребности организма в незаменимых питательных веществах, витаминах и микроэлементах для поддержания нормального кроветворения. Общее понятие о нарушениях кроветворения при дефиците их поступления в организм.

15. Эритроциты. Количество эритроцитов в крови. Особенности строения и свойств эритроцитов, обеспечивающие выполнение их функций. Эритроцитоз и эритропения (анемия).

16. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Факторы, влияющие на СОЭ. Диагностическое значение СОЭ.

17. Гемоглобин, его строение, свойства и функции. Количество гемоглобина. Виды гемоглобина в различные возрастные периоды. Физиологические и патологические соединения гемоглобина.

18. Цветовой показатель (ЦП) и эритроцитарные индексы (MCH, MCHC, MCV, RDW), расчет ЦП и MCH. Кривая распределения эритроцитов. Значение эритроцитарных индексов в диагностике анемий (нормо-, гипо-, гиперхромные).

19. Эритрон. Эритроцитопоэз, его регуляция. Роль эритропоэтина, цитокинов, микроэлементов, витаминов. Разрушение эритроцитов. Продукты разрушения эритроцитов, их физиологическая роль, пути утилизации. Ретикулоциты.

20. Роль железа, витаминов В₁₂ и В₉ в образовании гемоглобина. Суточная потребность в железе, источники его поступления, обмен железа в организме.

21. Тромбоциты, их количество, строение и функции. Методы подсчета. Тромбоцитоз и тромбоцитопения. Тромбоцитопоэз и его регуляция.

22. Понятие о системе гемостаза и её механизмах. Первичный (сосудисто-тромбоцитарный) и вторичный (плазменно-коагуляционный) гемостаз: значение, методы оценки. Роль тромбоцитов. Понятие о противосвёртывающей и фибринолитической системах крови, антикоагулянтах.

23. Лейкоциты. Количество и виды лейкоцитов. Особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Распределение лейкоцитов в сосудистом русле, в тканях, его особенности и физиологическое значение.

24. Лейкоцитопоэз и его регуляция. Роль цитокинов, микроэлементов, витаминов и других факторов в регуляции лейкоцитопоэза. Лейкоцитоз (физиологический, реактивный) и лейкопения. Лейкоцитарная формула, сдвиг лейкоцитарной формулы.

25. Гранулоциты. Их разновидности, количество в лейкоцитарной формуле, функции, продолжительность жизни. Особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Гранулоцитопоэз.

26. Агранулоциты, их разновидности, количество, особенности созревания и дифференцировки, продолжительность жизни.

27. Моноциты и тканевые макрофаги. Моноцитопоэз. Особенности строения и свойств, обеспечивающие выполнение ими функций. Механизмы фагоцитоза.

28. Т- и В-лимфоциты, их свойства и функции. Особенности лимфоцитопоэза. Нулевые и плазматические клетки. Лейкоцитарные рецепторы и их лиганды.

29. Понятие о механизмах неспецифической и специфической резистентности организма.

30. Основные лейкоцитарные и другие показатели, определяемые при проведении общего анализа крови (ОАК). Принципы выполнения ОАК с использованием современных гематологических анализаторов.

31. Группы крови. Антигены клеток крови. Важнейшие системы эритроцитарных антигенов — АВ0 и Rh.

32. Система АВ0. Антигены (агглютиногены) и антитела (агглютинины) групп крови, их характеристика.

33. Определение группы крови в системе АВ0. Стандартные сыворотки. Моноклональные сыворотки. Последствия переливания крови, несовместимой по системе АВ0.

34. Система антигенов резус (Rh), её характеристика. Формирование системы Rh в онтогенезе, её характеристика, отличия от системы АВ0. Последствия переливания крови, несовместимой по системе Rh. Резус-конфликт.

35. Другие системы групп крови. Система лейкоцитарных антигенов HLA, её значение.

36. Донорская кровь: её компоненты и препараты. Основные принципы переливания препаратов и компонентов донорской крови.

37. Факторы риска для реципиента при переливании крови и её компонентов.

38. Исследования, обязательно проводимые перед переливанием донорской крови и её компонентов (определение группы крови реципиента /А/ и эритроцитов донора /Б/ по системам АВ0 и Rh, пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора /В/, биологическая проба /Г/).

39. Строение и функции цитоплазматической мембраны клетки. Транспорт веществ через клеточные мембраны.

40. Обмен информацией между клеткой и окружающей средой. Понятия: информация, сигнал. Виды информационных сигналов.

41. Химическая сигнализация. Основные способы межклеточной коммуникации, их характеристика. Классификация и свойства сигнальных молекул (лигандов).

42. Молекулярные (клеточные) рецепторы. Классификация, структура и функции мембранных и внутриклеточных рецепторов. Основные физиологические эффекты лиганд-рецепторного взаимодействия на уровне клетки.

43. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Основные пути внутриклеточной передачи сигнала с участием мембранных рецепторов. Первичные и вторичные посредники, их функции. Лиганды, действующие через мембранные рецепторы.

44. Внутриклеточная передача сигнала с участием внутриклеточных рецепторов. Лиганды, действующие через внутриклеточные рецепторы.

45. Общая характеристика эндокринной системы, её роль. Морфофункциональная классификация эндокринных желез. Понятие о методах оценки состояния функций эндокринной системы у человека.

46. Гормоны: определение понятия, классификации по химической структуре и выполняемой функции. Механизмы действия гормонов. Регуляция синтеза и секреции гормонов.

47. Строение и функции гипофиза. Связи гипофиза с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции функций на гипоталамическом уровне.

48. Регуляция секреции гормонов гипофиза и гипоталамуса. Наиболее частые проявления нарушений эндокринной функции гипофиза и гипоталамуса: несахарный диабет, акромегалия и др.

49. Щитовидная железа: виды эндокринных клеток и их гормоны. Йодсодержащие тиреоидные гормоны: виды, структура, длительность циркуляции в крови, механизмы действия. Метаболические и другие физиологические эффекты тиреоидных гормонов.

50. Образование йодсодержащих тиреоидных гормонов и регуляция их секреции, значение селена. Суточная потребность в йоде и селене, источники их поступления в организм. Характерные проявления избыточного или недостаточного выделения тиреоидных гормонов.

51. Регуляция гомеостаза кальция и фосфатов в организме. Влияние кальцитонина, паратгормона и кальцитриола на обмен кальция и фосфатов. Факторы сохранения здоровья костной ткани и зубов. Суточные потребности в кальции и витамине Д₃, источники их поступления в организм.

52. Надпочечники: особенности строения, функции. Гормоны коркового вещества надпочечников: структура, виды, механизмы действия. Особенности регуляции секреции минералокортикоидов и глюкокортикоидов.

53. Альдостерон как жизненно важный гормон. Метаболические и неметаболические эффекты глюкокортикоидов. Физиологическое значение половых гормонов надпочечников. Характерные проявления избыточной или недостаточной секреции гормонов коры надпочечников.

54. Гормоны мозгового вещества надпочечников: структура, виды, длительность действия. Эффекты и механизмы действия катехоламинов, регуляция их секреции.

55. Эндокринная функция поджелудочной железы. Роль инсулина и глюкагона в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена, регуляция секреции гормонов. Понятие о состояниях гипо- и гипергликемии.

56. Эндокринная функция половых желез. Механизмы действия половых гормонов и вызываемые ими эффекты, механизмы регуляции их секреции. Характерные проявления их избыточной или недостаточной секреции.

57. Гормональные механизмы регуляции водно-электролитного баланса в организме (антидиуретический гормон, альдостерон, предсердный натрийуретический пептид).

58. Участие желез внутренней секреции в приспособительной деятельности организма. Общий адаптационный синдром, стресс. Дистресс и эустресс. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы организма.

Практические навыки:

1. Мероприятия по профилактике ВИЧ-инфицирования при исследованиях крови и других биологических материалов. Техника взятия капиллярной крови (знание).

2. Принципы ручных и полуавтоматических методов подсчета эритроцитов (знание). Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

3. Принципы ручных и полуавтоматических методов подсчета лейкоцитов (знание). Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

4. Метод определения гемоглобина в крови, принцип метода (знание). Вычисление цветового показателя. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

5. Методы определения групповой принадлежности крови (система АВ0) с использованием стандартных сывороток и моноклональных антител (знание). Возможные ошибки при определении групповой принадлежности крови (по системе АВ0) и пути их предупреждения (знание).

6. Основные правила подбора препаратов крови для переливания. Правила определения индивидуальной совместимости препаратов крови донора и крови реципиента, проведения биологическая проба (знание).

7. Метод определения резус-принадлежности крови. Возможные ошибки при определении групповой принадлежности крови (по системе Rh) и пути их предупреждения (знание).

8. Автоматические и полуавтоматические методы определения основных показателей общего анализа крови. Эритроцитарные индексы (MCH, MCV, MCHC). Физиологическая оценка получаемых показателей (знание).

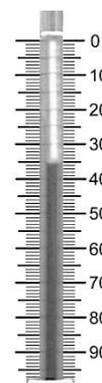
9. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) (знание). Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

10. Физиологические методы оценки функций эндокринной системы (рост, масса тела, температура тела и др.) (умение).

Ситуационные задачи:

1. При заборе крови врач поцарапал руку скарификатором, загрязнённым кровью пациента. Опишите последовательность действий врача по профилактике ВИЧ-инфицирования.

2. Для определения СОЭ лаборант смешал четыре части 5 % цитрата натрия с одной частью крови и на 1 час поставил в прибор Панченкова. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.

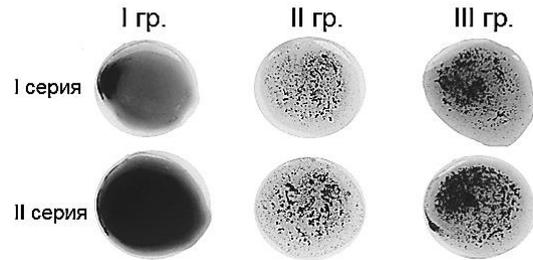


3. Определите групповую принадлежность крови с использованием моноклональных антител. Требуется ли дополнительные исследования для подтверждения полученных результатов?



4. Определите групповую принадлежность крови по системе АВ0 (исследование проводилось при температуре воздуха 12 °С). Есть ли вероятность ошибки определения?

Стандартные изогемагглютинирующие сыворотки



5. Определите резус-принадлежность крови в пробирках, помеченных «О» и «К». Какие исследования проводятся для подтверждения полученных результатов?

6. При проведении биологической пробы реципиенту трижды вливали кровь донора по 10–15 мл с интервалом 10 мин. Сразу после окончания последнего вливания врач начал гемотрансфузию. Оцените правильность выполнения биологической пробы.

7. Рассчитайте цветовой показатель (ЦП) и среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН), если количество эритроцитов $3,7 \times 10^{12}/л$, содержание гемоглобина — 125 г/л. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.

8. Дайте физиологическую оценку результатов общего анализа крови мужчины: эритроциты — $4,1 \times 10^{12}/л$, гемоглобин — 125 г/л, ретикулоциты — 2,7 %. Цветовой показатель, МСН — рассчитайте.

9. Дайте физиологическую оценку результатам общего анализа крови (сделан в 14.00): лейкоциты — $9,5 \times 10^9/л$ (юные — 0 %, палочкоядерные — 1 %, сегментоядерные нейтрофилы — 60 %, базофилы — 1 %, эозинофилы — 3 %, лимфоциты — 29 %, моноциты — 6 %). СОЭ 9 мм/ч.

10. Дайте физиологическую оценку результатам общего анализа крови двухлетнего ребёнка (сделан в 8.00)⁸: лейкоциты — $9,0 \times 10^9/л$ (юные — 0 %, палочкоядерные — 0 %, сегментоядерные нейтрофилы — 30 %, базофилы — 0 %, эозинофилы — 10 %, лимфоциты — 52 %, моноциты — 8 %).

11. У пациента длительно наблюдается небольшое повышение температуры тела, снизилась масса тела, появилась повышенная возбудимость, тахикардия, наблюдается отрицательный азотистый баланс. С изменением каких процессов в организме и функции какой эндокринной железы это может быть связано?

12. У пациентки наблюдается избыточный рост длинных, жёстких, пигментированных волос на лице, груди, руках (гирсутизм), увеличение мышечной массы, огрубение голоса, усиление полового влечения. С изменением каких процессов в организме и функции каких эндокринных желез это может быть связано?

⁸ Для студентов, обучающихся по специальности «Педиатрия».

13. У пациента наблюдаются усиленный гликогенолиз и глюконеогенез, концентрация глюкозы в плазме крови 9,6 ммоль/л. Какие гормоны могут вызывать наблюдаемые явления?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 27–81, 246–327, 483–534.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 28–82, 245–313, 459–503.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 33–37, 180–238.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 7.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → **Леч. ф-т. Итоговое: Физиология крови. Физиология эндокринной системы** или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.

2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Работа 7.2. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА (выполняется студентом дома самостоятельно)

1. Кровь.

1.1. Количество крови 6–8 % от массы тела.

1.2. Гематокрит (доля форменных элементов в общем объеме крови, НТС или Ht): у мужчин: 0,40–0,49 (40–49 %);

у женщин: 0,36–0,42 (36–42 %).

Объем плазмы: 51–64 % от общего объема крови.

1.3. Осмотическое давление плазмы крови 290 ± 10 мосмоль/кг (7,3 атм. или 5600 мм рт. ст., или 745 кПа).

1.4. Онкотическое давление плазмы крови: 25–30 мм рт. ст.

1.5. pH крови: 7,35–7,45.

1.6. 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).

- 1.7. Относительная плотность крови: 1,050–1,062 г/мл.
Относительная плотность плазмы: 1,029–1,032 г/мл.
- 1.8. 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.
- 1.9. Содержание глюкозы в цельной крови: 3,3–5,5 ммоль/л.
- 1.10. Показатели красной крови.

Таблица 7.1

| Группа | Эритроциты $\times 10^{12}/л$ | Ретикулоциты, % | Гемоглобин, г/л | MCV, фл | MCH, пг | MCHC, г/дл |
|------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|---------|-----------|---------------|
| Новорождённые | 5,0–7,0 | 12–15 | 192–232 | 101–128 | 25,4–34,6 | 30–37 |
| Взрослые Мужчины | 3,9–5,1 | 0,8–1,5 | 130–170 | 80–100 | 25,4–34,6 | 30–37 |
| Взрослые Женщины | 3,7–4,9 | 0,8–1,5 | 120–150 | 79–98 | 25,4–34,6 | 30–36 |

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

- 1.11. СОЭ у мужчин: 1–10 мм/ч;
у женщин: 2–15 мм/ч.
- 1.12. Осмотическая устойчивость эритроцитов:
минимальная — 0,46–0,48 % NaCl.
максимальная — 0,32–0,34 % NaCl.
- 1.13. Содержание лейкоцитов:
у новорождённого — до $25 \times 10^9/л$.
в 1 год — $(6–12) \times 10^9/л$.
у взрослого — $(4–9) \times 10^9/л$.
- 1.14. Лейкоцитарная формула (процентное соотношение разных видов лейкоцитов). Расчитайте абсолютное количество лейкоцитов каждого вида в 1 мкл крови.

Таблица 7.2

| Гранулоциты | | | Агранулоциты | | | |
|----------------|------------------|---------------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|
| Нейтрофилы | | | Базофилы | Эозинофилы | Лимфоциты | Моноциты |
| Юные | палочко-ядерные | сегментоядерные | | | | |
| 0–1 % | 1–5 % | 47–68 % | 0–1 % | 1–5 % | 18–40 % | 2–10 % |
| 0–90 кл/мкл | 40–450 кл/мкл | 1880–6120 кл/мкл | 0–90 кл/мкл | 40–450 кл/мкл | 720–3600 кл/мкл | 80–900 кл/мкл |

СДВИГ ВЛЕВО



СДВИГ ВПРАВО



1.15. Физиологический перекрест лейкоцитов:

первый — на 5–7 день.

второй — в 5–7 лет.

1.16. Показатели тромбоцитов у взрослых:

Таблица 7.3

| Тромбоциты × 10 ⁹ /л | PCT, % | MPV, фл | PDW, % |
|---------------------------------|-----------|---------|--------|
| 140–450 | 0,15–0,40 | 6,5–12 | 10–20 |

Примечание. PCT (Platelet Crit) — тромбоцитрит; MPV (Mean Platelet Volume) — средний объём тромбоцитов; PDW (Platelet Distribution Width) — ширина распределения тромбоцитов по объёму.

1.17. Протромбиновый индекс капиллярной крови: 93–107 %.

1.18. Международное нормализованное отношение (МНО): 0,85–1,25.

2. Ликвор.

2.1. Количество ликвора: 10 % от массы мозга или 120–150 мл.

2.2. Суточная продукция ликвора: 500 мл.

2.3. Цвет ликвора — бесцветный; прозрачность ликвора — прозрачный.

2.4. pH ликвора: 7,31–7,33.

2.5. Осмотическое давление ликвора: 290 ± 10 мосмоль/кг.

2.6. Содержание белков в цистернальном ликворе: 0,15–0,35 г/л.

Содержание альбуминов: 0,14–0,18 г/л.

Содержание глобулинов: 0,01–0,06 г/л.

2.7. Содержание глюкозы: глюкоза крови × 0,5.

2.7. Содержание хлоридов: 120–130 ммоль/л.

2.7. Относительная плотность ликвора: 1,005–1,009 г/мл.

2.8. Количество клеток в ликворе (цитоз): (1–5) × 10⁶/л.

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

Занятие 8. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. ЗАКОНЫ РЕАГИРОВАНИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ. ИЗМЕНЕНИЕ ВОЗБУДИМОСТИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

Основные вопросы:

1. Биопотенциалы как носители информации в живом организме. Общие свойства возбудимых тканей. Раздражимость, возбудимость. Возбуждение и формы его проявления. Виды электрических сигналов, их физиологическое значение и сравнительная характеристика.

2. Параметры возбудимости, определяющие возникновение ответной реакции ткани (пороги силы и времени, минимальный градиент). Кривая «сила–длительность». Хронаксия, хронаксиметрия.

3. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Примеры структур и потенциалов, реагирующих в соответствии с законом силы, законом «всё или ничего». Реакция возбудимых тканей на действие постоянного тока.

4. Активный и пассивный транспорт веществ через биологические мембраны. Характеристика Na^+ - K^+ насоса. Каналы утечки, потенциал- и лигандзависимые каналы мембран возбудимых клеток, особенности их структуры и функции. Селективность ионных каналов.

5. Мембранный потенциал покоя, механизмы его поддержания. Факторы, определяющие величину потенциала покоя.

6. Сенсорные рецепторы, их классификация, строение и функции.

7. Рецепторный потенциал (РП), его характеристика, механизм возникновения (на примере механорецептора).

8. Потенциал действия (ПД), фазы и ионные механизмы его развития, их графическое изображение. Роль потенциалзависимых ионных каналов.

9. Изменение возбудимости в процессе возбуждения. Рефрактерность, её причины и физиологическое значение. Лабильность.

10. Сравнительная характеристика РП, локального ответа и ПД.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какой показатель позволяет сравнить возбудимость различных тканей и клеток? Сравните возбудимость нервной и поперечно-полосатой мышечной ткани.

2. Нормальные величины хронаксии для двуглавой мышцы плеча — 0,0016 с и для трехглавой мышцы — 0,0032 с. У испытуемого данные показатели составили 0,0040 с и 0,0060 с соответственно. Дайте оценку этим результатам.

3. Почему сердечная мышца реагирует на действие раздражителя по закону «все или ничего», а скелетная мышца — по закону силы?

4. Как и почему изменится величина потенциала покоя при увеличении внеклеточной концентрации ионов калия?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 81–115.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 82–115.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 45–66.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 8.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



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

Работа 8.2. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ Na^+ И K^+ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ И ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ



Работа выполняется в программе «Нервно-мышечное соединение» (NMJ).

Схема эксперимента: **Help, Preparation**. Выход из схемы: **Continue**.

Мышечное волокно, помещенное в раствор, можно стимулировать через нерв и прямым воздействием на мышцу (в работе используется стимуляция через нерв). Потенциал действия, возникающий в мышечном волокне в результате действия стимула, демонстрируется на экране. Мембранный потенциал покоя в милливольтках («Membrane Pot. (mV)») указывается в правой нижней части экрана. Амплитуда потенциала действия измеряется на графике студентом самостоятельно.

Полученные потенциалы для последующего сравнения можно копировать на расположенную справа «доску»: меню **Clipboard**, затем **Copy to Clipboard**.

Ход работы.

А. Влияние сдвигов внеклеточной концентрации ионов калия на величину мембранных потенциалов.

Влияние K^+ (Potassium). Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. При нормальной внеклеточной концентрации K^+ (5 mM) регистрируются нормальные потенциалы: мембранный потенциал покоя — -85 mV ; пик потенциала действия — $+45 \text{ mV}$; амплитуда потенциала действия — 130 mV .

Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**.

Для изменения концентрации K^+ выберите команды **Ions** → **Potassium**, затем вводите новые значения концентрации.

9 mM — гиперкалиемия (гиперкалигистия): мембранный потенциал изменяется в сторону деполяризации (-70 mV), т. е. возбудимость мышцы повышается; потенциал действия не изменяется.

Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**. Сравните изменения потенциалов.

2 mM — гипокалиемия: мембранный потенциал изменяется в сторону гиперполяризации до -109 mV , т. е. возбудимость мышцы снижается; потенциал действия не изменяется.

Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**. Оцените характер изменения потенциалов при изменении внеклеточной концентрации ионов K^+ . Обратите внимание, что концентрация K^+ оказывает влияние прежде всего на величину потенциала покоя.

Очистите «доску»: **Clipboard** → **Clear Clipboard**. Восстановите исходные значения концентрации ионов: **Ions** → **Reset to Normal**.

Б. Влияние сдвигов внеклеточной концентрации ионов натрия на величину мембранных потенциалов.

Влияние Na^+ : 120 mM — нормальная внеклеточная концентрация натрия. Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. Пик потенциала действия достигает +45 mV.

Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**.

Для изменения концентрации Na^+ выбирайте команды **Ions** → **Sodium**, затем вводите новые значения концентрации.

160 mM — гипернатриемия: потенциал покоя не изменяется;

Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. Пик потенциала действия достигает +55 mV. Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**. Сравните изменения потенциалов.

80 mM — гипонатриемия: потенциал покоя не изменяется;

Стимулируйте нерв: **Stimulate** → **Nerve**. Пик потенциала действия снижается до +40 mV. Скопируйте полученный потенциал: **Clipboard** → **Copy to Clipboard**. Оцените характер изменения потенциалов при изменении внеклеточной концентрации ионов Na^+ . Отметьте, что концентрация ионов Na^+ определяет амплитуду фазы деполяризации потенциала действия.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицы 8.1 и 8.2.
2. Сделайте выводы о том, как потенциалы покоя и действия зависят от концентрации Na^+ и K^+ вне клетки, а также от разности концентраций этих ионов внутри и снаружи клетки.

ПРОТОКОЛ

Таблица 8.1

Влияние K^+ на мембранный потенциал

| Концентрация K^+ , mM | Мембранный потенциал, mV | Возбудимость по сравнению с исходной |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 5 mM (норма) | | — |
| 9 mM | | |
| 2 mM | | |

Таблица 8.2

Влияние Na^+ на потенциал действия

| Концентрация Na^+ , mM | Изменение мембранного потенциала | Пик потенциала действия, mV |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 120 mM (норма) | — | |
| 160 mM | | |
| 80 mM | | |

Выводы _____

Работа 8.3. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ (ПД) И ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ В ПРОЦЕССЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Ход работы. Работы выполняется на основе просмотра учебного видеofilmа «Электрические потенциалы в живых тканях».

Указания к оформлению протокола. Используя материалы лекции, учебника, ЭУМК, учебного фильма нарисуйте потенциал действия нервного волокна (рис. 8.1, Б), *синхронные* графики ионных токов (рис. 8.1, А) и *синхронное* изменение возбудимости нервного волокна в ходе возбуждения (рис. 8.1, В). На рис. 8.1, Б обозначьте локальный ответ и фазы ПД (деполяризация, реполяризация со следовой деполяризацией, следовая гиперполяризация), на рис. рис. 8.1, В — фазы возбудимости (абсолютной рефрактерности, относительной рефрактерности, супернормальной и субнормальной возбудимости). Опишите механизмы формирования фаз ПД (табл. 8.3) и правильно соотнесите между собой фазы возбудимости и фазы ПД (табл. 8.4).

ПРОТОКОЛ

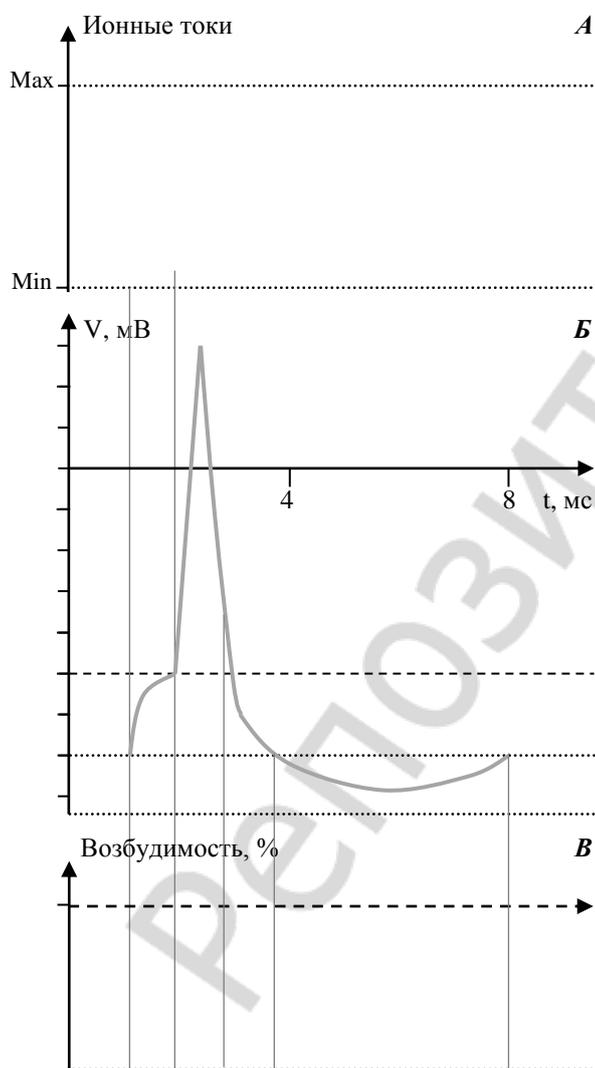


Рис. 8.1. Изменение возбудимости в процессе возбуждения

Таблица 8.3

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

Таблица 8.4

| Фаза возбудимости | Соответствующая фаза ПД |
|-------------------|-------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

Заполните пропуски в рис. 8.2. Укажите активационные и инактивационные ворота потенциалзависимых Na^+ -каналов; обозначьте процесс их инактивации и реактивации; отметьте величину заряда мембраны, соответствующую различным состояниям этих ионных каналов.

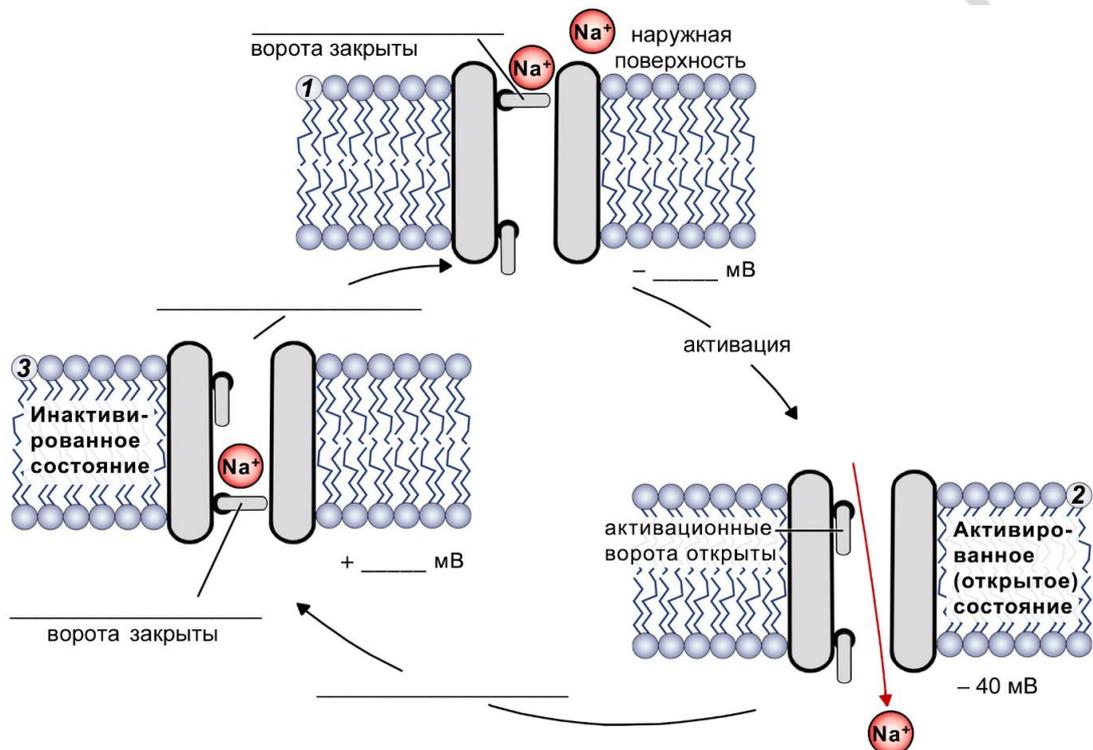


Рис. 8.2. Изменение состояния потенциалзависимых Na^+ -каналов в процессе возбуждения

Расшифруйте названия биопотенциалов возбудимых клеток (рис. 8.3):

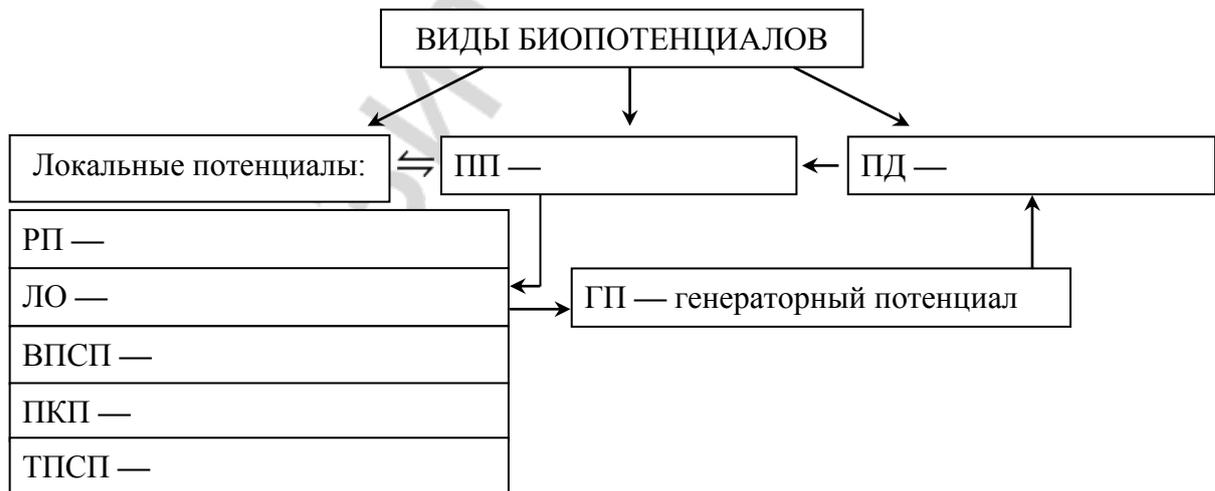


Рис. 8.3. Виды биопотенциалов возбудимых клеток

| | |
|--------------------------------|--|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 9. ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Основные вопросы:

1. Кодирование информации о качестве и силе раздражителя. Понятие об особенностях кодирования информации в рецепторах с различной способностью к адаптации. Аналоговое и дискретное кодирование.

2. Физиологическая роль структурных элементов нервного волокна. Роль афферентных и эфферентных нервных волокон.

3. Классификация нервных волокон. Роль нервных волокон различных типов. Скорости проведения возбуждения.

4. Механизмы проведения возбуждения по миелиновым и безмиелиновым нервным волокнам, законы проведения возбуждения. Аксональный транспорт.

5. Классификация синапсов, их физиологическая роль. Строение электрического и химического синапса.

6. Виды нейромедиаторов и рецепторов к ним в центральных и периферических синапсах. Ионотропные и метаботропные рецепторы. Классификация, синтез и секреция нейромедиаторов. Комедиаторы и нейромодуляторы.

7. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах на примере нервно-мышечного синапса. Роль ионов кальция. Белки пресинаптической терминали, участвующие в процессе выделения медиатора.

8. Возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП) и его разновидность потенциал концевой пластинки (ПКП): механизмы возникновения, роль в генерации потенциала действия. Процессы, обеспечивающие восстановление готовности синапса к проведению следующего импульса. Роль ацетилхолинэстеразы.

9. Функциональные свойства синапсов.

10. Возможности фармакологического влияния на процессы передачи сигналов в синапсах (на примере нервно-мышечного синапса): блокада экзоцитоза ацетилхолина; ингибирование АХЭ (обратимое или необратимое); блокада или стимуляция никотинчувствительных холинорецепторов.

Вопросы для самоподготовки:

1. Как можно нарушить физиологическую целостность нерва?

2. Каким образом местные анестетики прекращают проведение возбуждения по нервному волокну?

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

4. Какие факторы определяют реакцию эффекторной клетки на действие нейромедиатора? Каково современное понимание принципов Дейла?

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

6. Возможна ли суммация постсинаптических потенциалов и почему?

7. Возможно ли проведение сигнала через синапс при отсутствии ионов Ca^{2+} ?

8. Каковы причины снижения лабильности синапса при утомлении?

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

10. Как изменится передача сигнала в нервно-мышечном синапсе под действием веществ, обладающих антихолинэстеразным действием? Предположите, в чём будет заключаться разница в результатах влияния на нервно-мышечную передачу обратимых (прозерин, физостигмин) и необратимых ингибиторов ацетилхолинэстеразы (боевые отравляющие вещества — зарин, зоман).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 115–143.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 115–144.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 66–81.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 9.1. ДЕМОНСТРАЦИЯ РАЗВИТИЯ ЭФФЕКТА МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ДЕЙСТВИЯ



Механизм действия местных анестетиков заключается в блокаде быстрых натриевых потенциал-зависимых каналов мембраны афферентных нервных волокон. В результате такой блокады потенциал действия на мембране нервного волокна не генерируется. Импульсы от болевых рецепторов не достигают ЦНС, и болевое ощущение не формируется. Блокада натриевых каналов — процесс, требующий некоторого времени (обычно нескольких минут). Время развития эффекта зависит от дозы анестетиков и от индивидуальной чувствительности к ним.

Ход работы. Программа «NERVE» → «Nerve Physiology» → Menu → 7. **The effect of procaine.** На экране появляется запись потенциалов действия, вызванных в эксперименте прямой электрической стимуляцией периферического нерва. Последовательное нажатие кнопок с указанием времени в секундах воспроизводит на экране записи потенциалов действия, полученные непосредственно после введения прокаина (0 s), через 1 мин (60 s), 1.5 мин (90 s), 2 мин (120 s), 4 мин (240 s) и 6 мин (360 s).

Указания к оформлению протокола:

1. Проследите, как изменяется амплитуда суммарного потенциала действия нервных волокон, входящих в состав нерва, и скорость развития деполяризации. Отметьте момент практически полного прекращения генерации суммарного потенциала действия, заполните протокол.
2. Сделайте вывод о том, какое время требуется для достижения эффекта местной анестезии в исследуемых условиях.

ПРОТОКОЛ

1. Амплитуда суммарного ПД по мере развития анестезии _____ (↑, ↓), скорость развития деполяризации _____ (↑, ↓).
2. **Вывод:** для достижения эффекта местной анестезии требуется около _____ мин.

Работа 9.2. ИЗУЧЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН И ПУТЕЙ ВЛИЯНИЯ НА СИНАПТИЧЕСКУЮ ПЕРЕДАЧУ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ (выполняется дома самостоятельно)

Ход работы. Работа выполняется студентом дома самостоятельно при подготовке к лабораторному занятию.

Указания к оформлению протокола. Используя лекции, учебник, ЭУМК, заполните и выучите таблицы 9.1 и 9.3, ознакомьтесь с материалом табл. 9.2.

ПРОТОКОЛ

Таблица 9.1

Классификация нервных волокон теплокровных (по Эрлангеру–Гассеру)

| Тип волокна | Диаметр, мкм | Скорость проведения, м/с | Миелинизация | Функция |
|-------------|--------------|--------------------------|--------------|---|
| A α | 12–22 | | | Моторные волокна скелетных мышц. Аfferентные волокна от мышечных рецепторов |
| | 8–12 | | | Afferентные волокна от рецепторов прикосновения |
| | 4–8 | | | Моторные волокна к мышечным веретенам. Аfferентные волокна от рецепторов прикосновения и давления. |
| | 1–4 | | | Afferентные волокна от некоторых рецепторов холода, давления, боли |
| | 1–3,5 | | | Пре- и постганглионарные вегетативные волокна |
| | 0,5–2,0 | | | Постганглионарные вегетативные волокна (симпатические). Аfferентные волокна от некоторых рецепторов тепла, давления, боли |

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица 9.2

Классификация аfferентных нервных волокон теплокровных (по Ллойд–Ханту)

| Тип волокна | Диаметр, мкм | Скорость проведения, м/с | Миелинизация | Сенсорные рецепторы, от которых берут начало аfferентные волокна |
|-------------|--------------|--------------------------|--------------|---|
| I α | 18–22 | 90–120 | + | Afferентные рецепторы мышечных веретён |
| I β | 15–18 | 70–90 | + | Сухожильные рецепторы Гольджи |
| II | 8–12 | 40–70 | + | Вторичные мышечные веретёна, все механорецепторы кожи |
| III | 1–5 | 3–30 | \pm | Свободные нервные окончания, воспринимающие давление, рецепторы боли и холода |
| IV | < 2 | 0,5–2,0 | – | Рецепторы тепла, давления, боли |

**Влияние биологически активных веществ на передачу сигналов
в нервно-мышечном синапсе**

| Типы влияния | Результат | Пример вещества |
|--|---|---|
| Блокада выделения медиатора (АХ) | Полная блокада синаптической передачи, паралич мышц | Токсин ботулизма (ботокс) |
| Блокада рецепторов постсинаптической мембраны | Блокада 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 | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 10. ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ

Основные вопросы:

1. Скелетная мышца как орган. Структура скелетных мышечных волокон. Саркомер. Белки миофиламентов, их роль. Фактор, вызывающий сокращение скелетных мышц.
2. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом. Электромеханическое сопряжение, роль ионов кальция.
3. Физиологические свойства скелетных мышц. Соотношение возбуждения, возбудимости и сокращения скелетного волокна.
4. Виды и режимы сокращения скелетных мышц. Одиночное сокращение, его фазы. Суммация сокращений, тетаническое сокращение, его виды.
5. Моторные единицы, их виды и характеристика (структурные, метаболические и функциональные особенности). Тонус мышц.
6. Сила и работа скелетных мышц. Факторы, определяющие силу и точность движения мышцы. Утомление мышц. Обеспечение метаболизма мышц. Изменения в мышцах при бездействии и денервации.
7. Гладкие мышцы. Физиологические свойства и особенности.
8. Факторы, вызывающие сокращение гладкомышечных клеток. Мембранные рецепторы и ионные каналы, участвующие в запуске сокращения. Роль кальция, источники и механизмы повышения его концентрации в саркоплазме.
9. Механизм сокращения и расслабления гладкой мышцы. Тонус гладких мышц. Возможности влияния на тонус гладких мышц (воздействие на мембранные рецепторы и ионные каналы гладких миоцитов).
10. Понятие о миоэпителиальных клетках и их функциях.

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. В медицине используется 10 % раствор CaCl_2 , который вводят медленно внутривенно. Можно ли этот раствор ввести внутримышечно? К каким последствиям приведёт такое введение?
3. Что является естественным стимулом для сокращения скелетной мышцы? Какие факторы могут вызвать сокращение гладкой мышцы?
4. Назовите источники Ca^{2+} для сокращения скелетной и гладкой мышц.
5. Основные виды кальциевых каналов плазматической мембраны гладкомышечной клетки (ГМК) (1, 2, 3) и эндоплазматического ретикулаума ГМК (1, 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 143–159, 169–174.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 144–158, 170–175.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 82–94.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 10.1. ДИНАМОМЕТРИЯ РУЧНАЯ И СТАНОВАЯ

Ход работы. Силу правой и левой кисти рук определяют с помощью ручного динамометра. Динамометр подготавливают к измерению, устанавливая при помощи кнопки возврата на задней панели стрелку в нулевое положение. Держа динамометр в вытянутой в сторону руке, с максимальной силой сжимают его. Измерение повторяют несколько раз и выбирают максимальную величину мышечной силы руки (в кг). Для сравнения мышечной силы у людей с разной массой тела рассчитывают показатель силы руки (ПСР):

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

Удовлетворительный показатель силы руки для мужчин составляет 55 ед., для женщин — 50 ед.

Становая динамометрия позволяет оценить силу мышц-разгибателей спины. Для её определения динамометр прикрепляют к подставке таким образом, чтобы спина была наклонена вперёд под углом 30°, при этом ноги стоят на подставке и выпрямлены в коленях. Взявшись за рукоять прибора двумя руками, при помощи мышц спины с максимальной силой выпрямляются. Определяют силу по шкале динамометра. Данное исследование противопоказано лицам с грыжами брюшной стенки или межпозвоночных дисков, с выраженной миопией, беременным, в период менструации, страдающим нарушениями ритма сердца.

Определение становой силы также проводят несколько раз и выбирают максимальную величину. Для оценки показателя становой силы (ПСС) используют отношение силы мышц-разгибателей спины к массе испытуемого:

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

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

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите полученные данные в протокол.
2. Оцените силу мышц испытуемого и укажите, с какой целью рассчитываются показатели силы.

| ПРОТОКОЛ | | |
|--|---------------|----------------------|
| Масса тела испытуемого ___ кг, пол испытуемого ___ (м/ж) | | |
| Мышцы | Сила мышц, кг | Показатель силы, ед. |
| Правой руки | | |
| Левой руки | | |
| Разгибатели спины | | |

Вывод: показатель силы правой руки _____ (удовлетворительный, неудовлетворительный), левой руки — _____. Показатель становой силы — _____. Показатели силы рассчитывают для _____

Работа 10.2. СОКРАЩЕНИЕ МОТОРНЫХ ЕДИНИЦ И МЫШЦЫ В ЦЕЛОМ



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 наблюдайте 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 создает 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: А — нерастянутая (*unstretched*), В — умеренно растянутая (*moderately stretched*) и С — сильно растянутая (*overstretched*).

Щелкните мышкой по кнопке А. 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 В. 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 образуется максимальное количество поперечных мостиков. Стимуляция мышцы (*Stimulator*) дает максимальную амплитуду сокращения и сте-

пень развиваемого напряжения, что хорошо видно на графике. Наконец, выберите кнопку С. 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 трудно⁹.

Страница 17: Резюме.

| ПРОТОКОЛ | |
|--|--|
| <p>Заключение. Опишите, как влияют перечисленные ниже факторы на развиваемое мышцей напряжение:</p> | |
| <p>частота стимуляции: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | |
| <p>количество вовлеченных моторных единиц: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | |
| <p>исходная длина мышцы: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

⁹ 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.

Занятие 11. РОЛЬ И ФУНКЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ЕЁ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ТОРМОЖЕНИЕ В ЦНС. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КООРДИНАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦНС

Основные вопросы:

1. Функции нервной системы, её роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма и его взаимоотношений с внешней средой.

2. Нейрон. Функциональная классификация нейронов. Физиологические свойства нервных клеток и функции структурных элементов нейрона (сома, аксон, дендриты).

3. Морфологические и биофизические особенности нейронов, обеспечивающие их функции (восприятие, интеграция, передача информации). Особенности возникновения и распространения возбуждения в нейроне.

4. Объединение нейронов в нервные цепи. Виды и функции нейронных цепей. Основные принципы распространения возбуждения в нервных цепях (дивергенция, конвергенция, реверберация и др.). Детерминированность нейронных цепей, понятие о их пластичности. Понятие о проводящих путях и их функциях.

5. Особенности строения и функций синапсов ЦНС в сравнении с нервно-мышечными синапсами. Нейромедиаторы центральных синапсов. Рецепторы постсинаптической мембраны. Понятие о нейромедиаторных системах мозга.

6. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Рефлекс. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги. Обратная связь, её значение. Многоуровневая организация рефлекса.

7. Физиологическое понятие нервного центра. Представление о структуре и функциях нервных центров и ядер. Свойства нервных центров, их тонус.

8. Торможение в ЦНС, его виды и роль. Формы проявления торможения. Первичное и вторичное торможение, их разновидности и механизмы.

9. Тормозные нейромедиаторы. Механизмы функционирования тормозных синапсов (на примере ГАМК-ергического тормозного синапса). Тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП).

10. Интегративная деятельность нейрона. Механизмы взаимодействия процессов возбуждения и торможения на нейроне. Суммация возбуждения.

11. Координационная деятельность ЦНС и её принципы.

12. Функции нейроглии. Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), структура и функции. Особенности барьерной функции ГЭБ в различных отделах ЦНС.

13. Роль ликвора в жизнедеятельности мозга. Показатели, характеризующие состав, свойства ликвора и ликвородинамику в норме.

14. Особенности метаболизма мозга и его обеспечение системой мозгового кровообращения. Продолжительность жизни нейронов в условиях аноксии. Возможности восстановления функций мозга. Влияние гипотермии, гипертермии. Время реанимации.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем сходство и различие анатомического и физиологического представления о нервном центре? В чём отличие от нервного ядра?

2. Как и почему изменится функциональная активность (тонус) нервного центра: при снижении поступления к нему афферентных нервных импульсов; гипоксии; действии токсических веществ, угнетающих метаболизм; усилении частоты афферентной импульсации?

3. Почему именно в мозге при высокой активности нейронов концентрация внеклеточного калия может существенно возрасти? К каким последствиям это может приводить и какой механизм предотвращает эти последствия в физиологических условиях?

4. Объясните причины основных функциональных различий нервно-мышечного и межнейронного синапсов.

5. В чем отличие первичного и вторичного торможения?

6. Может ли нейронная цепь в составе: альфа-мотонейрон – клетка Реншоу – альфа-мотонейрон сохранять информацию?

7. В чем заключается физиологический смысл реципрокного торможения? Приведите примеры нарушений, которые могут наблюдаться в отсутствие реципрокности.

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

9. Почему при изучении миотатических рефлексов кроме оценки их силы необходимо сравнение однотипных рефлексов с правой и левой стороны?

10. Ребенку, страдающему врожденной 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

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 70–72, 122–143, 177–208.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 72–74, 122–144, 179–209.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 38, 94–113.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 11.1. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕННОГО И АХИЛЛОВА РЕФЛЕКСОВ

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

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

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

В случае отсутствия рефлекса, для дифференциальной диагностики повреждения афферентного и других звеньев рефлекторной дуги, испытуемого просят осуществить произвольное движение в соответствующем суставе.

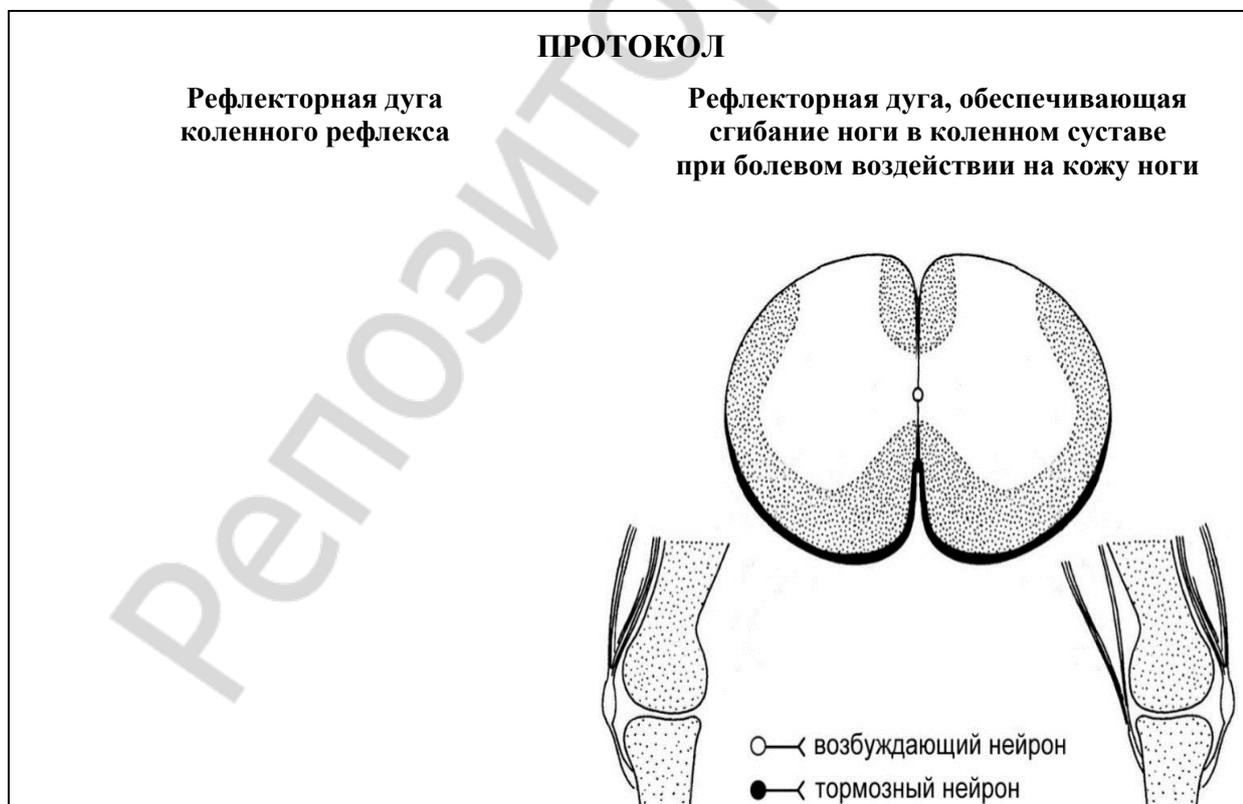
Материалы и оборудование. Неврологический молоточек.

Ход работы.

А. Коленный рефлекс.

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. Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

Указания к оформлению протокола: нарисуйте рефлекторную дугу коленного рефлекса.



Б. Ахиллов рефлекс.

Обследуемый должен стать коленями на стул так, чтобы ступни ног свободно свисали. Нанесите удар молоточком по ахиллову сухожилию. Пронаблюдайте характер подошвенного сгибания стопы. Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлексов, их симметричность.
2. Укажите уровни замыкания рефлекторных дуг коленного и ахиллова рефлексов в спинном мозге.
3. Сделайте заключение о состоянии рефлекторной реакции.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого коленный и ахиллов рефлексy _____ (выражены, отсутствуют), _____ (симметричны, асимметричны).
2. Уровни замыкания в спинном мозге рефлекторных дуг: коленного рефлекса — _____; ахиллова рефлекса — _____.
3. **Вывод:** состояние рефлекторной реакции _____ (в норме, рефлексы асимметричны, не вызываются).

Работа 11.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ АХИЛЛОВА РЕФЛЕКСА

135

Материалы и оборудование. Электромиорефлексомер, марля, электроды, электропроводящая паста или 3 % раствор NaCl, спирт.

Ход работы. Для регистрации электромиограммы обследуемому на обезжиренную кожу в области икроножной мышцы накладывают электроды. Время рефлекса определяется от момента нанесения раздражения до появления биоэлектрического компонента ответной двигательной реакции.

Включение миллисекундомера рефлексометра осуществляется при замыкании контактов во время удара молоточком по ахиллову сухожилию, выключение — при появлении рефлекторно вызванных биопотенциалов в мышце.

Измерение времени рефлекса проводят 3 раза и находят среднее значение.

Указания к оформлению протокола:

1. Определите среднее значение времени сухожильного рефлекса.
2. Объясните, почему время сухожильного рефлекса самое короткое по сравнению с другими рефлексами.

ПРОТОКОЛ

1. Время рефлекса: 1) _____ мс; 2) _____ мс; 3) _____ мс.
Среднее значение времени ахиллова рефлекса равно _____ мс.
2. Время сухожильного рефлекса самое короткое, так как _____

Работа 11.3. ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ

135

Электромиография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности мышцы. Электромиограмма (ЭМГ) отражает состояние тонуса мышцы в покое и её функциональную активность при сокращении.

Во время бодрствования человека в состоянии покоя регистрируется ЭМГ, имеющая характер непрерывных частых осцилляций очень низкой амплитуды (от 5 до 10 мкВ). При слабом сокращении и напряжении мышцы наблюдается повышение электрической активности, достигающее максимума при произвольном сокращении (амплитуда колебаний может достигать 1000–2000 мкВ, частота колебаний — 100 Гц). Электромиографические исследования применяются в клинике, физиологии труда и спорта. Они позволяют оценить функциональное состояние исследуемых мышц и иннервирующих их нервов, уточнить уровень нарушения в системе «ЦНС – нерв – синапс – мышца».

Материалы и оборудование. Поверхностные (кожные) электроды, электромиограф или электроэнцефалограф, позволяющий регистрировать ЭМГ, набор грузов в диапазоне 0,5–2 кг, марля, электроды, электропроводящая паста или 3 % раствор NaCl, спирт.

Ход работы. Испытуемому накладывают электроды (биполярно) на руку на поверхность кожи в области двухглавой мышцы и присоединяют электроды к электромиографу.

Записывают ЭМГ в различных условиях: а) покой; б) сгибание руки в локтевом суставе; в) разгибание руки; г) напряжение двухглавой мышцы руки при возрастающей нагрузке.

В последнем случае испытуемый стоит, свободно опустив руки вниз. Затем испытуемый сгибает локоть так, чтобы предплечье оказалось в горизонтальном положении. На ладонь испытуемого положите грузы, возрастающие по весу, например, 0,5, 1 и 2 кг, попросив испытуемого удерживать предплечье в горизонтальном положении.

Указания к оформлению протокола:

1. Результат исследования: визуально сравните характер ЭМГ в различных условиях исследования (амплитуда и частота импульсов). Нарисуйте наблюдаемую ЭМГ.

2. В выводе сделайте заключение о изменении активности моторного центра, иннервирующего двухглавую мышцу плеча.

| ПРОТОКОЛ | | | |
|--|---------------|-----------------|--|
| 1. Рисунок ЭМГ двухглавой мышцы в разных условиях | | | |
| Покой | Сгибание руки | Разгибание руки | При напряжении (удержании груза) |
| | | | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; height: 40px;"></div> <div style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; height: 40px;"></div> </div> |
| <p>2. Вывод: электрическая активность двухглавой мышцы плеча и активность нервных центров, её иннервирующих, при сгибании руки в локтевом суставе и особенно при дополнительном напряжении мышцы для удержания груза, относительно состояния покоя значительно _____ (↑ или ↓), об этом свидетельствует _____ (↑ или ↓) амплитуды и частоты волн ЭМГ.</p> | | | |

Работа 11.4. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦИПРОКНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

135

Материалы и оборудование. Поверхностные (кожные) электроды, электромиограф, марля, электроды, электропроводящая паста или 3–5 % раствор NaCl, спирт.

Ход работы. Испытуемому накладывают электроды (биполярно) на обезжиренную поверхность кожи руки в области двуглавой и трехглавой мышц и присоединяют электроды к электромиографу.

Записывают ЭМГ в различных условиях:

- а) покой;
- б) сгибание руки в локтевом суставе;
- в) разгибание руки;
- г) синергичное напряжение двуглавой и трехглавой мышц руки.

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте ЭМГ, записанную в различных условиях.
2. Сделайте заключение о состоянии активности моторных центров, иннервирующих двуглавую и трехглавую мышцы плеча в условиях опыта.

| ПРОТОКОЛ | | | | |
|--|-------|---------------|-----------------|------------------------|
| Запись ЭМГ от мышцы | покой | сгибание руки | разгибание руки | синергичное напряжение |
| Двуглавой | | | | |
| Трехглавой | | | | |
| <p>2. Вывод: активность моторных центров, иннервирующих двуглавую и трехглавую мышцу в условиях покоя _____ (высокая или минимальная); при сгибании и разгибании руки в локтевом суставе соответственно _____</p> <p>(повышается или понижается); при синергичном напряжении мышц плеча _____ (одинаковая или нет в обоих центрах).</p> | | | | |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 12. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

Основные вопросы:

1. Общие свойства возбудимых тканей. Раздражимость, возбудимость. Возбуждение и формы его проявления. Параметры возбудимости. Хронаксиметрия. Реобаза и хронаксия. Кривая «сила–длительность».

2. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Примеры структур и потенциалов, реагирующих в соответствии с законом силы, законом «всё или ничего». Реакция возбудимых тканей на действие постоянного тока.

3. Сенсорные рецепторы, классификация, строение и функции. Кодирование информации о качестве и силе раздражителя. Аналоговое и дискретное кодирование. Адаптация рецепторов.

4. Биопотенциалы как носители информации в живом организме. Виды электрических сигналов в организме, их сравнительная характеристика.

5. Активный и пассивный транспорт веществ через биологические мембраны. Характеристика Na^+ - K^+ насоса. Каналы утечки, потенциал- и лигандзависимые каналы мембран возбудимых клеток, особенности их структуры и функции. Селективность ионных каналов.

6. Мембранный потенциал покоя, механизмы его поддержания. Факторы, определяющие величину потенциала покоя.

7. Рецепторный потенциал, его характеристика, механизм возникновения (на примере механорецептора).

8. Потенциал действия, фазы и ионные механизмы его развития их графическое изображение. Роль потенциалзависимых ионных каналов.

9. Изменение возбудимости в процессе возбуждения. Рефрактерность, её причины и физиологическое значение. Лабильность.

10. Сравнительная характеристика рецепторного потенциала, локального ответа, потенциала действия.

11. Физиологическая роль структурных элементов нервного волокна. Роль афферентных и эфферентных нервных волокон.

12. Классификация нервных волокон. Роль нервных волокон различных типов. Скорости проведения возбуждения.

13. Механизм проведения возбуждения по миелиновым и безмиелиновым нервным волокнам, законы проведения возбуждения. Аксональный транспорт.

14. Классификация синапсов, их физиологическая роль. Строение электрического и химического синапса. Функциональные свойства синапсов.

15. Виды нейромедиаторов и рецепторов к ним в центральных и периферических синапсах. Комедиаторы и нейромодуляторы. Факторы, определяющие реакцию эффекторной клетки на действие нейромедиатора.

16. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах на примере нервно-мышечного синапса. Роль ионов кальция. Белки пресинаптической терминали, участвующие в процессе выделения медиатора.

17. Возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП) и его разновидность потенциал концевой пластинки (ПКП): механизмы возникновения, роль в генерации потенциала действия. Процессы, обеспечивающие восстановление

готовности синапса к проведению следующего импульса. Роль ацетилхолинэстеразы.

18. Возможности фармакологического влияния на процессы передачи сигналов в химических синапсах (на примере нервно-мышечного синапса): блокада экзоцитоза ацетилхолина; ингибирование АХЭ (обратимое или необратимое); блокада или стимуляция никотинчувствительных холинорецепторов.

19. Структура скелетных мышечных волокон. Саркомер. Белки миофиламентов, их роль. Фактор, вызывающий сокращение скелетных мышц.

20. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом. Электромеханическое сопряжение, роль ионов кальция.

21. Физиологические свойства скелетных мышц. Соотношение возбуждения, возбудимости и сокращения скелетного волокна.

22. Виды и режимы сокращения мышц. Одиночное сокращение, его фазы. Суммация сокращений, тетаническое сокращение, его виды.

23. Обеспечение метаболизма мышц. Утомление мышц. Изменения в мышцах при бездействии и денервации.

24. Моторные единицы, их виды и характеристика (структурные, метаболические и функциональные особенности). Факторы, определяющие силу и точность сокращения мышцы. Тонус мышц.

25. Гладкие мышцы. Физиологические свойства и особенности. Факторы, вызывающие сокращение гладкомышечных клеток. Мембранные рецепторы и ионные каналы, участвующие в запуске сокращения. Роль кальция, источники и механизмы повышения его концентрации в саркоплазме.

26. Механизм сокращения и расслабления гладкой мышцы. Тонус гладких мышц. Возможности влияния на тонус гладких мышц (воздействие на мембранные рецепторы и ионные каналы гладких миоцитов).

27. Функции нервной системы, её роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма и его взаимоотношений с внешней средой. Нейрон. Функциональная классификация нейронов. Физиологические свойства нервных клеток и функции структурных элементов нейрона.

28. Объединение нейронов в нервные цепи. Виды и функции нейронных цепей. Основные принципы распространения возбуждения в нервных цепях. Детерминированность нейронных цепей, понятие о их пластичности.

29. Особенности строения и функций синапсов ЦНС в сравнении с нервно-мышечными синапсами. Нейромедиаторы центральных синапсов. Рецепторы постсинаптической мембраны. Понятие о нейромедиаторных системах мозга.

30. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Рефлекс. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги. Обратная связь, её значение. Многоуровневая организация рефлекса.

31. Физиологическое понятие нервного центра. Представление о структуре и функциях нервных центров и ядер. Свойства нервных центров, их тонус.

32. Торможение в ЦНС, его виды и роль. Формы проявления торможения. Первичное и вторичное торможение, их разновидности и механизмы.

33. Тормозные нейромедиаторы. Механизмы функционирования тормозных синапсов (на примере ГАМК-ергического тормозного синапса). Тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП).

34. Интегративная деятельность нейрона. Механизмы взаимодействия процессов возбуждения и торможения на нейроне. Суммация возбуждения.

35. Координационная деятельность ЦНС и её принципы (конвергенция, дивергенция, реципрокность, общий конечный путь, доминанта, обратная связь).

36. Функции нейроглии. Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), структура и функции. Особенности барьерной функции ГЭБ в различных отделах ЦНС.

37. Роль ликвора в жизнедеятельности мозга. Показатели, характеризующие состав, свойства ликвора и ликвородинамику в норме.

38. Особенности метаболизма мозга и его обеспечение системой мозгового кровообращения. Продолжительность жизни нейронов в условиях аноксии. Возможности восстановления функций мозга. Влияние гипотермии, гипертермии. Время реанимации.

Практические навыки:

1. Определение силы мышечных сокращений. Динамометрия ручная и станочная. Расчёт показателей силы. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

2. Электромиография. Физиологическое значение и оценка получаемых показателей (знание).

Ситуационные задачи:

1. При проведении рефлексометрии время ахиллова рефлекса составило 51 мс, а время рефлекторного разгибания ноги в голеностопном суставе при действии болевого раздражителя — 146 мс. Нарисуйте рефлекторные дуги рефлексов. Объясните полученные различия.

2. При исследовании коленного рефлекса исследуемый рефлекс не выявляется. На каком уровне ЦНС наблюдается повреждение? Как отличить повреждение афферентного звена от повреждения других звеньев рефлекторной дуги, влияния вышележащих структур ЦНС? Как исключить возможную симуляцию со стороны пациента?

3. Зарисуйте изменения на электромиограмме при сгибании и разгибании руки, удержании груза (синхронно записывается электромиограмма мышц-сгибателей и мышц-разгибателей руки). Объясните причины изменения электромиограммы.

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

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 35–159, 169 – 173, 177 – 209.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 34–158, 170 – 175, 179 – 209.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 29–32, 37, 38–114.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 12.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → Леч. ф-т. Итоговое: Физиология возбудимых тканей или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.
2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Раздел «ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ»

Занятие 13. РОЛЬ И ФУНКЦИИ СПИННОГО МОЗГА, ПРОДОЛГОВАТОГО И СРЕДНЕГО МОЗГА, МОЗЖЕЧКА, РЕТИКУЛЯРНОЙ ФОРМАЦИИ

Основные вопросы:

1. Спинной мозг. Функции спинного мозга. Основные спинальные рефлексы. Последствия повреждения спинного мозга, его корешков. Спинальный шок.
2. Спинальный уровень регуляции мышечного тонуса, позы и движения. Изменение тонуса мышц при повреждении различных звеньев рефлекторной дуги.
3. Продолговатый мозг и мост. Сенсорные, соматические и вегетативные функции. Жизненно важные центры, рефлекторная деятельность. Защитные рефлексы.
4. Средний мозг. Сенсорные, соматические и вегетативные функции. Зрачковые и другие рефлексы. Глазодвигательные функции.
5. Понятие о децеребрационной ригидности и механизме её возникновения.
6. Роль среднего мозга, моста и продолговатого мозга в регуляции мышечного тонуса.
7. Мозжечок. Сенсорные, соматические и вегетативные функции. Участие мозжечка в механизмах регуляции тонуса мышц, позы и осуществления движений.
8. Основные симптомы нарушения функций мозжечка.
9. Ретикулярная формация ствола мозга, её нисходящие влияния на рефлекторную деятельность спинного мозга и восходящие активирующие влияния на кору больших полушарий. Важнейшие нервные центры ретикулярной формации, её соматические и вегетативные функции.

Вопросы для самоподготовки:

1. В каких сегментах спинного мозга расположены центры рефлексов: коленного, ахиллова, сухожильного рефлекса сгибателя верхней конечности, сухожильного рефлекса разгибателя верхней конечности? К какому виду рефлексов они относятся?
2. 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?
3. Почему при перерезке задних корешков спинного мозга тонус мышц резко снижается?
4. Что такое спинальный шок? Когда он возникает?
5. Каковы основные функции нейронов холмиков четверохолмия?
6. У человека выявлено нарушение зрачковых рефлексов. Какие структуры зрительной системы могут быть повреждены?
7. Почему при аккомодации и конвергенции глаз происходит сужение зрачков?
8. Какие симптомы возникают при нарушении функций мозжечка?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 331–394, 405–420, 236 (рис.).
3. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 394 (рис.), 397 (рис.), 497–501.
4. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 317–374, 384–399, 236 (рис.).
5. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. 623 с. С. 402 (рис.), 405 (рис.).
6. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 114–128, 132–135.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 13.1. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СУХОЖИЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА (нижнечелюстной, рефлекс сгибателя верхней конечности, рефлекс разгибателя верхней конечности)

Сухожильные рефлексы в клинике исследуются с целью оценки функционального состояния ЦНС и топической диагностики заболеваний ЦНС.

Материалы и оборудование. Неврологический молоточек.

Ход работы:

а) нижнечелюстной рефлекс. Нанесите легкий удар молоточком по подбородку при слегка открытом рте, наблюдайте сокращение жевательных мышц;

б) сухожильный рефлекс сгибателя верхней конечности (локтевой рефлекс). левой рукой поддерживайте предплечье обследуемого в полусогнутом положении, подставив ладонь своей руки под его локоть. Нанесите удар молоточком по сухожилию двуглавой мышцы. Пронаблюдайте сгибание руки в локтевом суставе;

в) сухожильный рефлекс разгибателя верхней конечности. Станьте сбоку от обследуемого, отведите пассивно его плечо кнаружи до горизонтального уровня, поддерживая его левой рукой у локтевого сгиба так, чтобы предплечье свисало под прямым углом. Нанесите удар молоточком по сухожилию мышцы у самого локтевого сгиба. Пронаблюдайте разгибание предплечья.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлексов.
2. Укажите уровни замыкания рефлекторных дуг сухожильных рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности в спинном мозге.
3. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных реакций.

ПРОТОКОЛ

1. Рефлексы _____ (выражены, отсутствуют, асимметричны).
2. Рефлекторные дуги сухожильных рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности замыкаются на уровне _____ и _____ шейных сегментов спинного мозга соответственно. Рефлекторная дуга нижнечелюстного рефлекса замыкается в ядрах _____ пары черепных нервов (*n. trigeminus*).
3. **Вывод:** состояние рефлекторных реакций _____ (в норме, нарушено).

Работа 13.2. ЗРАЧКОВЫЕ РЕФЛЕКСЫ

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

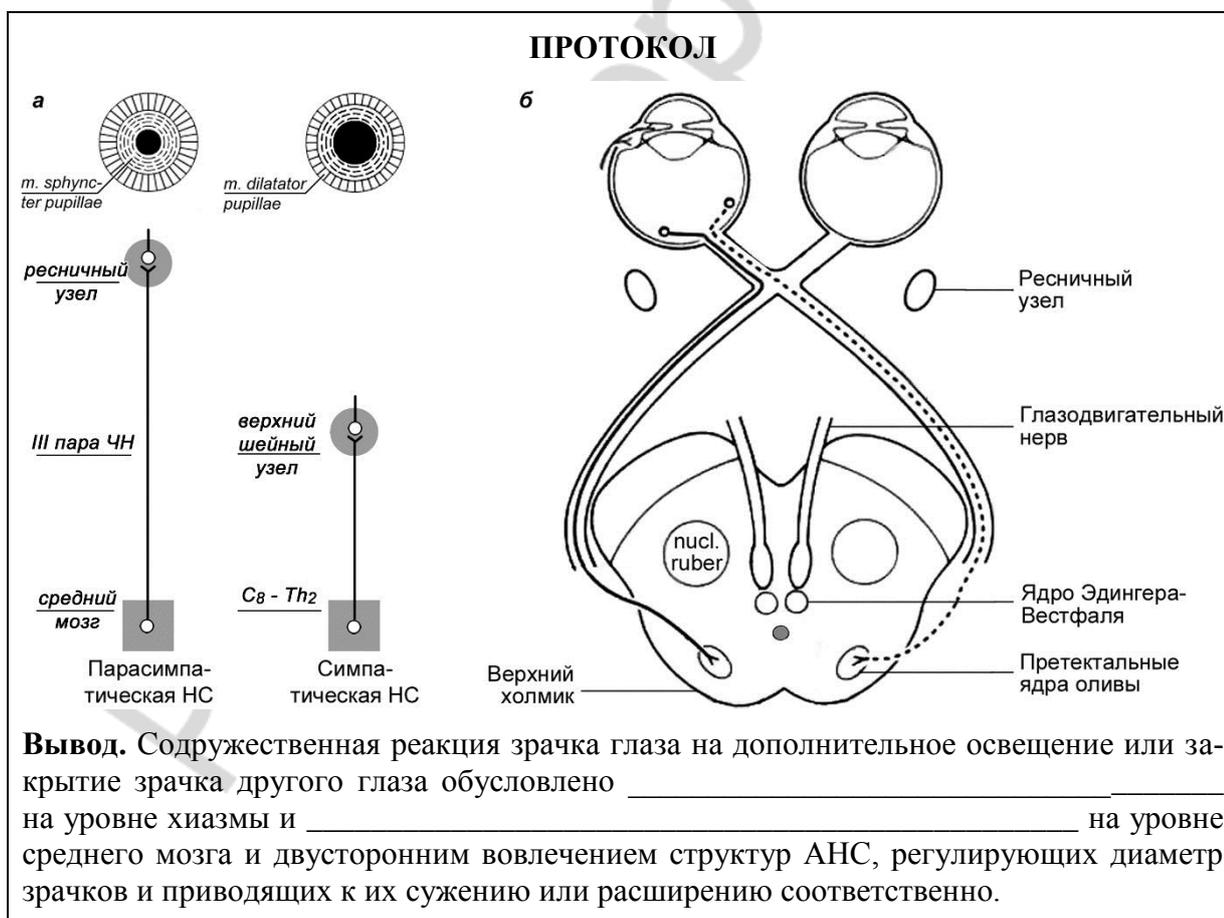
Обследуемый должен сесть лицом к источнику света, закрыть один глаз рукой. Поочередно закрывайте второй глаз испытуемого экраном и открывайте его. Пронаблюдайте за изменением величины зрачка.

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.

Указания к оформлению протокола: (а) нарисуйте иннервацию мышц, регулирующих просвет зрачка; (б) нарисуйте рефлекторную дугу содружественной реакции зрачков на дополнительное освещение одного глаза (используйте рис. в [2–5]).



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.

ПРОТОКОЛ

1. Диаметр зрачков изменялся от ____ до ____ мм. Их форма _____ (округлая, неправильная), величина _____ (одинаковая, анизокория).
2. При конвергенции глаз зрачки _____, а при дивергенции _____.
3. **Вывод.** Зрачковые рефлексы _____ (выражены, нарушены).

Работа 13.3. 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 13.4. 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 13.5. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИЙ МОЗЖЕЧКА

Эфферентные сигналы из мозжечка регулируют активность нейронов вестибулярных (Дейтерса) и красных ядер, ядер таламуса, а через них активность периферических (α - и γ -мотонейронов спинного мозга и ядер черепных нервов) и центральных (корковых) двигательных нейронов. *Через указанные пути эфферентные сигналы из мозжечка регулируют силу мышечных сокращений, обеспечивают способность к длительному тоническому сокращению мышц, позволяют соотносить объём произвольного движения с расстоянием до цели этого движения, быстро переходить от сгибания к разгибанию и наоборот. Мозжечок обеспечивает синергию сокращений разных мышц при сложных движениях.*

При нарушениях функции мозжечка у человека наблюдаются расстройства двигательных функций, что проявляется: снижением силы сокращения мышц (**астения**); утратой способности к длительному сокращению мышц, что затрудняет стояние, сидение (**астазия**); произвольным изменением тонуса мышц (**дистония**); дрожанием пальцев рук, усиливающимся во время завершения движения (**тремор**); расстройством точности движений в виде излишнего либо недостаточного движения (**дисметрия**); нарушением координации движения (**атаксия**), которая проявляется «пьяной» (шаткой) походкой и т. д.; расстройством организации речевой моторики (**дизартрия**); крупноразмашистым ритмическим подергиванием глазных яблок (**нистагм**); нарушением чередования противоположных движения (**адиадохокинез**) и др.

Материалы и оборудование: стакан, книга.

Ход работы. Испытуемый выполняет движения и упражнения, указанные в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Исследование мозжечкового контроля двигательной активности скелетных мышц

| Вид исследования | Методика |
|---|---|
| Поза Ромберга (оценка координации движений или проба на абазию) | Испытуемый должен стоять со сдвинутыми ногами и вытянутыми вперед руками сначала с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме человек сохраняет равновесие в позе Ромберга (т. е. проба на абазию отрицательная) |
| Походка (оценка координации движений или проба на атаксию) | 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) |
| Проба на дисметрию | Испытуемый должен взять со стола и затем поставить назад (в то же место) какой-либо предмет (книгу, стакан). В норме человек ставит предмет на то же место с ошибкой не более ± 2 см (т. е. проба на дисметрию отрицательная) |
| Речь (проба на дизартрию) | Испытуемый должен повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование или др.). Отмечайте, нет ли замедления, растянутости или толчкообразности речи |

| Вид исследования | Методика |
|---|--|
| Пальценосовая проба (на дисметрию и тремор) | Испытуемый должен 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 (т. е. проба на дисметрию и тремор становится положительной) |

Указания к оформлению протокола:

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

2. Сделайте заключение о качестве мозжечкового контроля двигательной активности.

| ПРОТОКОЛ |
|--|
| <p>1. У испытуемого пробы на атаксию были _____ (+ или -), так как в позе Ромберга он _____ (сохранял или нет) равновесие, походка была _____ (нормальная или нарушенная); пробы на дисметрию и тремор были _____ (+ или -); дизартрия _____ (выявлена или нет).</p> |
| <p>2. Вывод. Мозжечковый контроль двигательной активности у испытуемого _____ (в норме или нарушен).</p> |

| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
|--------------------------------|---|
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 14. РОЛЬ И ФУНКЦИИ ТАЛАМУСА, ГИПОТАЛАМУСА, БАЗАЛЬНЫХ ЯДЕР, ЛИМБИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И КОРЫ ПОЛУШАРИЙ МОЗГА. СИСТЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА МЫШЦ И ДВИЖЕНИЙ

Основные вопросы:

1. Электрофизиологические методы исследования ЦНС. ЭЭГ. Понятие о современных средствах визуализации физиологических функций (функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), компьютерная ЭЭГ, метод вызванных потенциалов и др.).

2. Таламус. Функциональная характеристика ядер таламуса. Сенсорные и моторные функции. Участие таламуса в формировании болевых ощущений и в осуществлении высших интегративных функций мозга.

3. Гипоталамус. Центры и функции гипоталамуса. Нейросекреторные клетки. Собственно сенсорные нейроны (осмо-, термочувствительные и др.) Интеграция соматических, вегетативных и эндокринных функций. Участие гипоталамуса в механизмах формирования высших психических функций.

4. Базальные ядра. Морфофункциональная организация. Интегрирующая функция базальных ядер в организации и осуществлении сложных движений. Роль дофаминовых и ацетилхолиновых медиаторных систем. Последствия повреждений базальных ганглиев.

5. Лимбическая система: структурно-функциональная организация; роль в формировании мотиваций и эмоций, организации памяти. Участие структур лимбической системы в интегративной деятельности ЦНС.

6. Кора больших полушарий головного мозга. Морфофункциональная организация. Сенсорные и моторные функции, участие в организации движений. Интеграция сенсорных, моторных и вегетативных функций организма.

7. Многоуровневая система регуляции мышечного тонуса, позы и движений. Роль обратной афферентации.

8. Современные представления о локализации функций в коре. Последствия повреждений различных зон коры больших полушарий.

Вопросы для самоподготовки:

1. Как изменится пищевое поведение животного при повреждении латеральных или вентро-медиальных ядер гипоталамуса?

2. В чем отличие афферентных проекций специфических и неспецифических ядер таламуса?

3. Перечислите основные симптомы нарушения функций базальных ганглиев.

4. Образование какого медиатора ЦНС нарушено при паркинсонизме?

5. Почему уставшие солдаты могут заснуть в строю и продолжать маршировать без нарушения ритма ходьбы?

6. Перечислите основные функции лимбической системы.

7. Какие отделы мозга и почему в условиях гипоксии и гипогликемии страдают в первую очередь?

8. При каких состояниях человека на ЭЭГ регистрируется бета-ритм, альфа-ритм? Каковы их частоты?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 328–331, 394–405, 421–453.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 314–317, 374–384, 399–430.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 129–132, 135–155.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 14.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Работа выполняется путём просмотра учебных фильмов в компьютерном классе кафедры.

1. «Техника изготовления стеклянных микроэлектродов» (5:31).
2. «Стереотаксическая методика» (6:26).

Работа 14.2. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

135

Электроэнцефалография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга.

Ход работы. Для регистрации ЭЭГ обследуемого усаживают в кресло в экранированной, заземленной камере со световой и звуковой изоляцией. В точках наложения электродов кожу головы протирают смесью спирта с эфиром для обезжиривания. Четыре пары электродов 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.

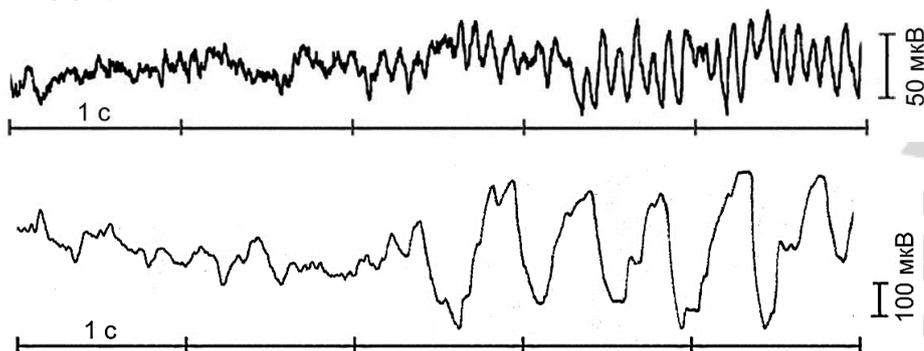
Обследуемого снова просят расслабить мышцы и закрыть глаза. Через несколько минут, когда на записи появится отчетливо выраженный альфа-ритм, внезапно включают звуковой раздражитель и наблюдают изменения ЭЭГ. Альфа-ритм сменяется бета-ритмом при открывании глаз, при внезапном действии звуковых и других раздражителей, а также при счете в уме, при обдумывании ответов на вопросы и т. д.

Указания к оформлению протокола:

1. Результат исследования: подсчитайте частоту колебаний волн ЭЭГ в 1 с и их амплитуду, обозначьте ритмы ЭЭГ. Стрелкой отметьте реакцию синхронизации.
2. Заполните таблицу:

ПРОТОКОЛ

1. Фрагмент ЭЭГ.



2. Характеристика ритмов ЭЭГ

| Ритм | Диапазон нормы | | Средние измеренные значения | |
|---------------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | Частота, Гц | Амплитуда, мкВ | Частота, Гц | Амплитуда, мкВ |
| Альфа (α) | | | | |
| Бета (β) | | | | |
| Тета (θ) | | | | |
| Дельта (δ) | | | | |

Работа 14.3. ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ПЕРЕДНЕГО МОЗГА В ФОРМИРОВАНИИ СЕНСОРНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ

Формирование сенсорного ощущения происходит в результате интеграции сенсорной информации на разных уровнях ЦНС. В частности, для полноценного ощущения вкуса необходима интеграция информации из вкусовой, обонятельной и соматосенсорной систем, которая осуществляется на уровне таламуса и ассоциативной орбитофронтальной коры (где и формируется осознаваемое ощущение вкуса и запаха).

Материалы: твердые кусочки фруктов, нарезанные кубиками, или жевательная резинка (леденец), зажим для носа или ватные шарики.

Ход работы. Испытуемый закрывает нос зажимом или ватными шариками, закрывает глаза. После этого ему предлагают определить вкус кусочка фрукта или жевательной резинки. Снимают с носа зажим и просят повторно определить вкус тестового стимула.

Указания к оформлению протокола:

1. Отметьте изменения вкуса после включения в анализ обоняния.
2. Объясните механизм наблюдаемого явления.

ПРОТОКОЛ

1. С закрытым носом испытуемый определил вкус _____ (правильно, не правильно). После восстановления носового дыхания вкус _____ (изменился, не изменился) и _____ (был, не был) верно распознан.
2. **Вывод.** Важную роль в формировании сенсорных модальностей играет _____ афферентной информации на уровне _____ и _____. Информация о воспринимаемых запахах поступает в ядра таламуса из _____.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

КРАТКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИЙ ЦНС

1. *Электроэнцефалография (ЭЭГ)* — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга для получения информации о локальных и генерализованных изменениях его функции. Метод широко применяется в физиологии высшей нервной деятельности, физиологии труда (операторов и др.), клинической медицине (неврологии) и т. д. В дополнение к информации, содержащейся в учебнике, следует добавить, что нормальная ЭЭГ здорового человека в покое характеризуется доминированием во всех отведениях регулярного α -ритма с амплитудой в затылочных областях 30–75 мкВ (в других отведениях ниже). В одноименных отведениях левого и правого полушария форма записи должна быть почти одинаковой (симметричной). Для нормальной ЭЭГ допустимо наличие симметричных низкоамплитудных, не организованных в ритм медленных волн (тета-волн — до 10 % и дельта-волн — до 5 %), а также наличие β -ритма, выраженного в лобных отведениях до 10–15 мкВ. В последние годы в дополнение к классическим визуальным, широкое распространение получили методы компьютерного анализа ЭЭГ (компьютерная ЭЭГ). Их использование позволяет получить статистические характеристики распределения ритмической активности в разных отведениях, осуществить картирование различных областей головного мозга, выявлять минимальные изменения в его работе.

Запись биопотенциалов мозга часто сочетают с методом вызванных потенциалов и стереотаксическим методом.

2. *Вызванный потенциал* — это закономерный биопотенциал, который регистрируется на ЭЭГ при однократном воздействии адекватного раздражителя на периферические рецепторы (соматосенсорные, зрительные, слуховые и т. д.), нервные волокна или при выполнении умственной задачи. Поскольку амплитуда вызванного потенциала (ВП) гораздо меньше амплитуды ЭЭГ в состоянии бодрствования, то для его выделения проводят усреднение сигнала: стимул предъявляется несколько раз, после чего компьютер суммирует отрезки ЭЭГ, которые следуют сразу после предъявления стимула. В результате постоянные компоненты ВП суммируются и выделяются, а «случайные» компоненты ЭЭГ, наложившиеся на запись во время регистрации ВП, нивелируются. Метод вызванных потенциалов широко применяется в экспериментальной физиологии и клинической практике для картирования коркового представительства периферических рецепторов и нервов, изучения проводящих путей, оценки их функционального состояния, изучения действия лекарственных средств и т. д.

3. *Стереотаксический метод* используется в экспериментальной физиологии и фармакологии, клинической неврологии и психиатрии для введения электродов или микропипеток в различные структуры мозга по стереотаксическим координатам с применением стереотаксического прибора. Электроды или микропипетки вводят обычно через трепанационное отверстие с целью регистрации биоэлектрической активности от нейронов, с целью адресного введения лекарственных веществ или же с целью их разрушения. Чтобы рассчитать стереотаксические координаты определённой структуры ЦНС, необходимо иметь стереотаксический атлас, представляющий собой собрание схематических и (или) фотографических изображений последовательных срезов головного мозга человека или животных, предназначенное для определения положения различных структур мозга в системе стереотаксических координат. В настоящий момент

созданы стереотаксические атласы для экспериментальных животных (крысы, кролика, кошки, собаки), а также для человека.

4. *Магнитоэнцефалография* — регистрация параметров магнитного поля, возникающего при работе головного мозга. Она применяется для исследования работы мозга в экспериментальной биологии и медицине.

5. *Компьютерная томография мозга (КТМ)* — один из наиболее информативных методов исследования, позволяющий получить послойные или трёхмерные изображения анатомических структур головы и головного мозга. Исследуемый орган (например, голову) помещают между излучателем и приемным устройством, и вся система делает полный оборот вокруг оси тела человека, регистрируя поглощение рентгеновских лучей на всех стадиях вращения. Данный метод даёт информацию только о морфологии структур мозга, не позволяя напрямую оценивать их функциональное состояние. При помощи КТМ лучше визуализируются плотные ткани, менее проницаемые для рентгеновских лучей.

6. *Магнитно-резонансная томография (МРТ)* — основана на измерении электромагнитного отклика ядер водорода (протонов) в мощном электромагнитном поле, генерируемом томографом. При помощи МРТ хорошо визуализируются ткани, содержащие большое количество воды. С помощью этого метода можно получить четкие изображения «срезов» мозга в различных плоскостях без использования ионизирующего облучения человека. Одним из видов МРТ является функциональная МРТ (фМРТ) — метод картирования структур головного мозга, позволяющий определять точную индивидуальную локализацию различных функциональных областей, отвечающих за локомоцию, речь, зрение, ориентацию в пространстве, память и т. д. Метод основан на том, что кровоток в отдельных областях мозга увеличивается при усилении их работы в ответ на выполнение определённых заданий. Полученные с помощью фМРТ изображения после усреднения накладываются на обычную МРТ головного мозга.

7. *Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)* — метод, позволяющий изучить структуру и функциональную активность органов или их частей на основании степени поглощения ультракороткоживущих изотопов (радиоактивные «метки» в виде C^{11} или O^{15} в составе глюкозы или кислорода). Их вводят внутривенно или через дыхательные пути. Глюкоза или кислород более активно поглощаются активно функционирующими клетками. ПЭТ-томография позволяет осуществлять прижизненное картирование регионального обмена веществ и кровотока на «срезах» мозга, изучать локализацию функций в ЦНС.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 15. ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

1. Роль автономной нервной системы (АНС) в обеспечении жизнедеятельности целостного организма, её функции. Эффекторныe клетки, органы и ткани.
2. Центры АНС. Тонус центров АНС и его механизмы. Вегетативные рефлексy. Взаимодействие соматической и АНС в регуляции функций организма. Адаптационно-трофическая функция АНС. Вегетативное обеспечение соматических функций.
3. Сравнительная характеристика общего плана строения и физиологических свойств АНС и соматической нервной системы (афферентные, центральные, эфферентные отделы).
4. Сравнительная характеристика строения и функций симпатического и парасимпатического отделов АНС. Синергизм и относительный антагонизм влияний симпатического и парасимпатического отделов АНС. Метасимпатическая нервная система.
5. Рефлекторная дуга вегетативного рефлекса. Преганглионарные и ганглионарные нейроны и их аксоны: морфологические, функциональные и нейрохимические различия. Нейромедиаторы, рецепторы нервных и эффекторных клеток. Морфофункциональные особенности эффекторных нервных окончаний и синапсов в АНС.
6. Влияния симпатического отдела АНС на эффекторные органы, сенсорные функции. Механизмы их реализации.
7. Влияния парасимпатического отдела АНС на эффекторные органы, сенсорные функции. Механизмы их реализации.
8. Понятие о принципах коррекции функций эффекторных клеток посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы в ганглиях АНС и на уровне эффекторных клеток.
9. Основные показатели, отражающие функциональное состояние различных отделов АНС.

Вопросы для самоподготовки:

1. От чего зависит характер реакции различных эффекторных клеток на действие одного и того же нейромедиатора?
2. Опишите особенности иннервации мозгового вещества надпочечников.
3. Опишите особенности иннервации нейронами АНС потовых желез.
4. Каким образом симпатический отдел АНС регулирует тонус сосудов?
5. Какое действие оказывает симпатические нервы на: диаметр зрачка; работу сердца; тонус бронхов; секрецию желудочного сока; тонус сфинктеров и моторику ЖКТ; сосуды кожи; сосуды скелетных мышц; жировую ткань; потовые железы; активность ЦНС?
6. Какие изменения функций организма вызывает антагонист мускариновых рецепторов атропин?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 209–246.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 209–245.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 155–179.

5. *Переверзев, В. А. Физиология вегетативной нервной системы* : учеб.-метод. разраб. / В. А. Переверзев, А. И. Кубарко. Минск : МГМИ, 1995. 25 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

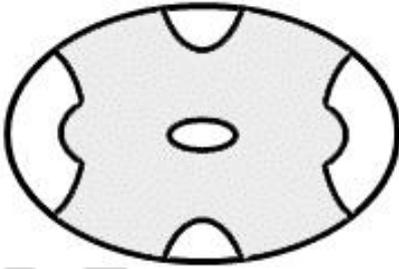
Работа 15.1. СХЕМА СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ АВТОНОМНОЙ (СИМПАТИЧЕСКОЙ) И СОМАТИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (выполняется дома самостоятельно)

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

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте рефлекторные дуги указанных рефлексов, обозначьте нейромедиаторы и рецепторы к ним.

2. Заполните таблицу в протоколе.

| ПРОТОКОЛ | |
|---|--|
| Схема соматического рефлекса | Схема автономного (симпатического) рефлекса |
|  | |
| Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса: | Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса: |
| 1. Рецепторное звено представлено следующими рецепторами: 1.1. _____; 1.2 _____. | 1. Рецепторное звено представлено, главным образом, _____ рецепторами. |
| 2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____. | 2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____. |
| 3. Вставочное звено _____. | 3. Вставочное звено _____. |
| 4. Эfferентное звено представлено _____ или _____ мотонейронами, которые находятся в _____. | 4. Эfferентное звено представлено двумя нейронами, которые находятся в _____ и в _____ соответственно. |

| | |
|---|--|
| 5. Рабочие органы. Ими являются _____ - и _____ мышечные волокна скелетных мышц. | 5. 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 _____. |
| 7. Нейромедиатором в нервно-мышечном синапсе является _____, который действует на _____ тип _____ рецепторов _____ подтип. | 7. Главным нейромедиатором в нейроэффекторном образовании является _____, который действует на _____ и _____ типы _____-рецепторов. |
| 8. Рисунок нервно-мышечного синапса | 8. Рисунок нейроэффекторного образования |

Работа 15.2. КЛИНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Исследование рефлекса 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 1–6 уд/мин. Замедление пульса более чем на 6 уд/мин указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца. Отсутствие реакции или парадоксальный её характер — учащение пульса — указывает на преобладание тонуса симпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца.

Материалы и оборудование: кушетка, секундомер.

Ход работы. У испытуемого в положении стоя после 4–6 мин отдыха несколько раз определяют пульс до получения стабильных показателей. Затем через 45 с после перехода испытуемого в положение лежа ещё раз в течение 15 с подсчитывают пульс, умножают на 4.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса в положении стоя, затем лежа, подсчитайте разность пульса. Разность пульса записывайте со знаком «+» или «-».

2. Сделайте заключение о балансе тонуса 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 15.3. ОРТОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Исследование рефлекса позволяет определить функциональное состояние симпатических и парасимпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения лежа в положение стоя частота сердечных сокращений увеличивается в норме 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 45 с повторно считают пульс в течение 15 с, умножают на 4.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении лежа и стоя, подсчитайте разность пульса. Разность пульса записывайте со знаком «+» или «-».
2. Сделайте заключение о балансе тонуса 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 15.4. ДЫХАТЕЛЬНО-СЕРДЕЧНЫЙ РЕФЛЕКС ГЕРИНГА

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

Материалы и оборудование: секундомер.

Ход работы. У испытуемого, находящегося в положении сидя, подсчитывают пульс, затем просят его сделать глубокий вдох и задержать дыхание. В это время ещё раз подсчитывают пульс в течение 15 с, умножают на 4.

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 балансе тонуса симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого.

| ПРОТОКОЛ | | |
|--------------------------|----------------------|--|
| Частота пульса, уд/мин | | |
| до задержки дыхания (ЗД) | во время ЗД на вдохе | разность пульса [ЧП на вдохе – ЧП до ЗД] |
| | | |

Вывод: _____

Работа 15.5. АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ СИМПАТИЧЕСКОГО И ПАРАСИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ АНС НА РАБОТУ СЕРДЦА (демонстрационная компьютерная работа)



Ход работы. Используется программа «**PHYSIOL 2**», позволяющая выполнять виртуальные эксперименты на крысах. Подробные указания по работе с программой даны в работе 1.1.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу. Обозначения: HR — Heart Rate (ЧСС), BP_{syst} — Systolic Blood Pressure ($АД_{сис}$), BP_{diast} — Diastolic Blood Pressure ($АД_{диа}$), BP_{mean} — Mean Hemodynamic Blood Pressure ($АД_{срд}$).

2. Зарисуйте изменения ЧСС и АД.

3. Сделайте заключение о характере влияния на силу и частоту сокращения сердца со стороны симпатического и парасимпатического отделов АНС, а также о нейромедиаторных механизмах реализации этих влияний.

| ПРОТОКОЛ | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|
| Воздействия на сердце | ЧСС | $АД_{сис}$ | $АД_{диа}$ | $АД_{срд}$ |
| Исходные показатели | | | | |
| Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1 | | | | |
| Введение noradrenaline, 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ | | | | |
| Phentolamine (α -адреноблокатор), 100 mg/kg + Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1 | | | | |
| Propranolol (β -адреноблокатор), 100 mg/kg + Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1 | | | | |
| Стимуляция Vagus Nerve to heart | | | | |
| Введение acetylcholine, 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ | | | | |
| Atropine (M -холиноблокатор), 10.0 mg/kg + Стимуляция Vagus Nerve to heart | | | | |
| <p>АД_{сис} АД_{диа} ЧСС Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1</p> | <p>Стимуляция Vagus Nerve to heart</p> | | | |
| <p>Введение noradrenaline</p> | <p>Введение acetylcholine</p> | | | |
| <p>Propranolol + Стимуляция Symp. Nerves to heart T_1</p> | <p>Atropine + Стимуляция Vagus Nerve to heart</p> | | | |

Вывод: Нейромедиатором постганглионарных волокон симпатического отдела АНС, иннервирующих сердце, является _____. Он стимулирует _____- рецепторы сердца, _____ (↑ или ↓) частоту и силу его сокращений. _____ силы сокращений сердца проявляется _____ (↑ или ↓) АД.

Нейромедиатором постганглионарных волокон парасимпатического отдела АНС, иннервирующих сердце, является _____. Он стимулирует _____- рецепторы сердца, _____ (↑ или ↓) частоту и силу его сокращений. _____ силы сокращений сердца проявляется _____ (↑ или ↓) АД.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»

Занятие 16. ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ. ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Основные вопросы:

1. Понятие об органах чувств, анализаторах, сенсорных системах. Учение И.П. Павлова об анализаторах. Общие принципы функционирования, общие свойства сенсорных систем, роль в поддержании функционального состояния организма.

2. Классификация и функции сенсорных систем. Значение сенсорных систем в развитии мозга и процессах познания.

3. Рецепторный отдел. Классификация и свойства сенсорных рецепторов. Механизмы функционирования первично- и вторичночувствующих рецепторов. Аналоговое и дискретное кодирование в рецепторах. Адаптация рецепторов. Классификация рецепторов по их способности к адаптации.

4. Проводниковый отдел. Понятие о специфических и неспецифических путях передачи информации.

5. Процессы высшего коркового анализа афферентных сигналов. Сенсорные поля и ядра, ассоциативные поля. Взаимодействие сенсорных систем.

6. Адаптация в сенсорных системах, её периферические и центральные механизмы.

7. Зрительная система. Строение, функции. Особенности строения и свойств глаза, обеспечивающие функцию зрения. Оптические среды глаза. Рефракция и аккомодация. Понятие о миопии, гиперметропии, пресбиопии, астигматизме и принципах их коррекции.

8. Строение и функции сетчатки глаза. Фотохимические процессы в рецепторах сетчатки при действии света. Функции пигментных, горизонтальных, биполярных, амакриновых и ганглиозных клеток сетчатки. Механизмы адаптации зрения.

9. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах зрительной системы. Коровый отдел зрительной системы. Формирование зрительных образов.

10. Теории цветоощущения. Основные формы нарушения цветового восприятия.

11. Движения глаз. Центральные и периферические механизмы координации зрительной и глазодвигательной функций.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются первичночувствующие рецепторы от вторичночувствующих?

2. В чем проявляется адаптация рецепторов? Какие рецепторы относятся к быстро адаптирующимся и какие — к медленно адаптирующимся?

3. Какие механизмы обеспечивают четкое видение предметов, находящихся на разном расстоянии? Что такое «ближняя точка наилучшего видения»?

4. Что понимают под остротой зрения? Какая формула используется для определения остроты зрения?

5. Исследование остроты зрения проводилось с расстояния 3,3 м. Используя таблицу Сивцева, определите остроту зрения обследуемого, если при исследовании правого глаза он без ошибок назвал все символы третьей снизу, а левого глаза — второй снизу строки.

6. В чем причины близорукости? Какие линзы нужны для её коррекции?

7. Какие фоторецепторы обеспечивают восприятие света и цвета в условиях низкой и высокой освещенности?

8. Какие явления регистрируются на мембране фоторецептора при его освещении? Какими ионными механизмами они обусловлены?

9. При исследовании полей зрения пациента обнаружено выпадение левых половин полей зрения с обеих сторон. В какой части зрительных путей имеется повреждение?

10. При исследовании границ ахроматического поля зрения были получены следующие результаты. Левый глаз: сверху — 60° , кнаружи — 90° , книзу — 65° , кнутри — 60° . На 16° кнаружи было выявлено очаговое выпадение чувствительности (скотома) обоих глаз в виде округлого пятна. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 379–438.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. 623 с. С. 385–451.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 462–478, 498–499, 501.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 16.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

Под **остротой зрения** понимают способность глаза воспринимать две точки, расположенные на минимальном расстоянии друг от друга, как отдельные. Две точки будут восприниматься раздельно, если их изображения на сетчатке (два активированных фоторецептора) будут разделены как минимум одним невозбужденным фоторецептором, в ином случае изображение сольётся.

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). 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 единиц¹⁰.

¹⁰ У детей предметное зрение появляется в возрасте 2–3 мес. Острота зрения в возрасте 4 мес. составляет около 0.01, к году — 0.1–0.3. Острота зрения, равная 1.0, формируется к 5–15 годам.

Материалы и оборудование: таблицы для определения остроты зрения для дали (Головина или Сивцева) и для близости, указка, рулетка на 5 м, 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 специальным 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 в разбивку оптотипов 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 необходимости рассчитывают остроту зрения 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.

Указания к оформлению протокола:

Определите остроту зрения обоих глаз и сравните с нормой.

ПРОТОКОЛ

1. Острота зрения правого глаза (*vis OD*) _____, левого глаза (*vis OS*) _____.
2. **Вывод.** Острота зрения правого глаза: _____ (нормальная, миопия).
Острота зрения левого глаза: _____ (нормальная, миопия).

Работа 16.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ (ПЕРИМЕТРИЯ)

Поле зрения называется пространство, видимое глазом человека при фиксации взора в одной точке. Величина поля зрения неодинакова у различных людей и зависит от функционального состояния сетчатки глаза, глубины расположения глазного яблока, размеров и формы надбровных дуг и носа. Различают цветное (хроматическое) и бесцветное (ахроматическое) поле зрения. Ахроматическое поле зрения больше хроматического, так как оно обусловлено наличием палочек, расположенных преимущественно на периферии сетчатки. Для различных цветов поле зрения также неодинаково: больше всего оно для синего цвета, а самое узкое для зеленого. Примерные границы ахроматического поля зрения составляют кнаружи 90° , кверху — 50° , кнутри — 55° , книзу — 65° .

Материалы и оборудование: периметр Форстера, объекты разных цветов, линейка, цветные карандаши.

Ход работы. Исследование проводится с помощью периметра Форстера, представляющего собой штатив с подвижной металлической дугой с делениями (в градусах) на боковой поверхности. Испытуемый должен сесть спиной к окну и установить подбородок на подставку штатива справа (при исследовании левого глаза) или слева (при исследовании правого глаза). Высоту подставки отрегулиру-

руйте так, чтобы нижний край глазницы находился на уровне визирной пластинки. На протяжении всего опыта взор обследуемого глаза остается фиксированным на белой точке периметра, другой глаз закрывается щитком. Начинайте исследование с горизонтального положения периметра. Медленно двигайте объект (белый квадрат или кружок диаметром 5–10 мм) по внутренней поверхности дуги от периферии к центру; испытуемый должен назвать момент появления объекта в поле зрения и указать его цвет. По шкале на дуге периметра отметьте границу поля зрения. Повторите исследование при двух косых и вертикальном положении периметра для объектов белого, а затем синего, красного или зеленого цветов. Необходимо в каждом меридиане проводить тест-объект до центра, чтобы убедиться в сохранности зрительных функций на всем протяжении поля зрения. Результаты (в градусах) внесите в таблицу.

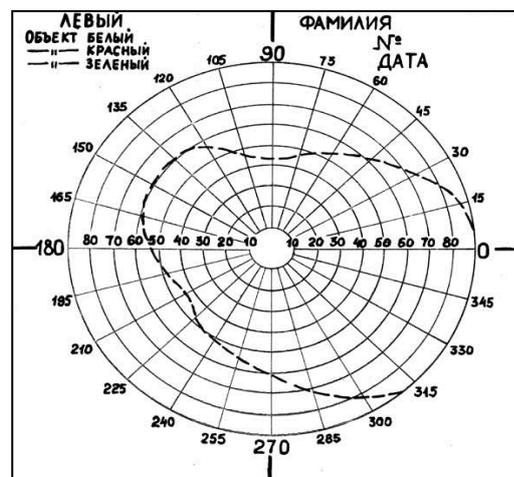
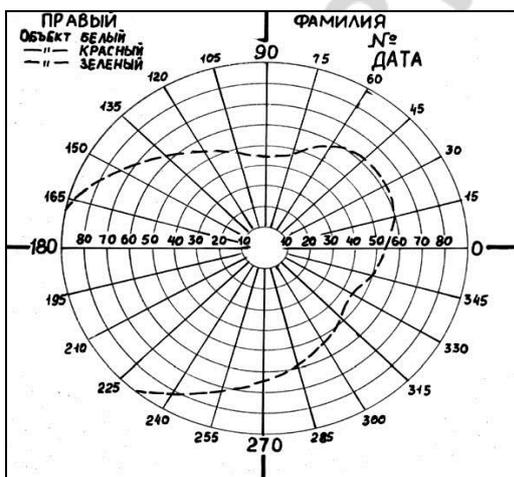
Указания к оформлению протокола:

По полученным результатам начертите границы полей зрения для белого и других цветов. Сравните величину поля зрения для белого цвета с отмеченной на схеме нормой и с полями зрения для других цветов, объясните причину различия между ними.

ПРОТОКОЛ

Таблица 16.1

| Направления осей | Величина поля зрения глаз, ° | | | |
|-----------------------------|------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | для белого цвета | | для _____ цвета | |
| | правого | левого | правого | левого |
| 0° (180°) (кнаружи) | | | | |
| 45° (135°) (кверху кнаружи) | | | | |
| 90° (кверху) | | | | |
| 135° (45°) (кверху кнутри) | | | | |
| 180° (0°) (кнутри) | | | | |
| 225° (315°) (книзу кнутри) | | | | |
| 270° (книзу) | | | | |
| 315° (225°) (книзу кнаружи) | | | | |



Вывод: _____

Работа 16.3. 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, 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 треугольника¹¹:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{\text{Расстояние от крестика до середины разрыва полосы}}{\text{Расстояние от крестика до глаза}} \right)$$

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.



¹¹ Для расчёта угла α можно воспользоваться интернет-сервисами, например, <http://www.fxzy.ru>.

Указания к оформлению протокола:

Укажите локализацию слепого пятна. Рассчитайте угловое расстояние от него до зрительной оси. Опишите механизм исчезновения дефекта изображения.

ПРОТОКОЛ

1. $\alpha = \arctg (\text{_____} / \text{_____}) = \text{_____}^\circ$.
2. **Вывод.** Слепое пятно расположено в _____ половине поля зрения на расстоянии примерно _____ $^\circ$ от зрительной оси. Механизм исчезновения слепого пятна заключается _____

Работа 16.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ СЕТЧАТКИ



Определение чувствительности центральных областей сетчатки имеет важное значение, так как она во многом определяет остроту зрения. Чувствительность зависит не только от функционального состояния нейронов этой части сетчатки, но и от кровотока в её сосудах, состояния зрительного нерва, зрительных путей, зрительной коры и других факторов.

Ход работы. Работа выполняется с помощью программы «Eye_Tests» → «Field sensitivity test». 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.

Работа выполняется 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. 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.

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. Не забывайте, что взгляд все время не переводится и остается фиксированным на центре экрана.

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 ро-

зового 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

1. На экране преобладают точки _____ цветов.
2. Участок сниженной чувствительности (физиологическая скотома) на 15–25° кнаружи отражает проекцию _____.
3. **Вывод.** Чувствительность сетчатки исследуемого глаза _____ (высокая, нормальная /т.е., средняя/ или сниженная).

Работа 16.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛАЗА ПРИ ПОМОЩИ АДАПТОМЕТРА (демонстрация)

135

Способность зрительного анализатора реагировать на изменение величины светового потока является фундаментальным свойством зрительной системы и определяется абсолютной световой чувствительностью. Абсолютная световая чувствительность характеризуется наименьшим количеством световой энергии, при воздействии которой на сетчатку глаза возникает ощущение света. В норме абсолютный порог световой чувствительности глаза человека при полной темновой адаптации продолжительностью 60 мин и более равен $8,7923 \cdot 10^{-8} - 2,355 \cdot 10^{-6}$ апостильб (асб), а при 10-минутной адаптации колеблется от $1,75 \cdot 10^{-4}$ до $1,1 \cdot 10^{-5}$ асб (в среднем $4,2 \cdot 10^{-5}$ асб).

Материалы и оборудование. Адаптометр, стол, кресло, ватно-марлевые салфетки, 70 % раствор этанола.

Ход работы. Определение световой чувствительности и остроты зрения проводят в условиях затемнения, после 10–15-минутной адаптации испытуемого к темноте. В поле зрения адаптометра устанавливают какую-либо фигуру (квадрат, круг или крест). Начинают исследование при полном затемнении поля зрения светофильтрами. Медленно увеличивают яркость света путем уменьшения количества светофильтров и изменения размера диафрагмы до момента появления у испытуемого ощущения света, не исчезающего в течение 10–15 с. Полученная величина яркости представляет **абсолютный порог** световой чувствительности, который выражается в асб. Затем продолжают увеличивать яркость фигуры, до тех пор, пока испытуемый правильно не определит её форму (например, квадрат). Данная величина яркости представляет **порог различения**. Разница между величинами порога различения и абсолютной световой чувствительности представляет собой **разностный порог** различения.

ПРОТОКОЛ

| Условия проведения исследования | Порог световой чувствительности | |
|---|---------------------------------|------------------|
| | абсолютный | порог различения |
| суммарная плотность светофильтров и диафрагмы | | |
| яркость, асб | | |

Разностный порог составляет _____ асб.

Выводы: (по величине абсолютного порога оцените световую чувствительность сетчатки глаз испытуемого при 10-минутной темновой адаптации) _____

Как зависит светочувствительность от продолжительности адаптации?

Работа 16.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ



Глаз человека может различать как оттенки черного, белого и серого цветов, так и все цвета и оттенки радуги. Способность правильно различать основные цвета называется *нормальной трихромазией*, люди с нормальным цветоощущением — *нормальными трихроматами*.

У некоторых людей, чаще у мужчин, встречаются различные нарушения цветового восприятия. Выделяют три типа врожденных дефектов цветового зрения: дефект восприятия красного цвета (*протанопия*), зеленого (*дейтеранопия*) и синего (*тританопия*). Состояние, при котором понижено восприятие какого-либо цвета, называется *аномальной трихромазией*. Полная слепота на определённый цвет называется *дихромазией* (различаются лишь два цвета), а слепота на все цвета (черно-белое восприятие) — *монохромазией*. Полная цветовая слепота встречается крайне редко.

Исследование цветового зрения имеет особое значение для лиц, которым по роду профессии необходимо хорошо ориентироваться во всех цветах — дизайнерам, косметологам, врачам, химикам и т. д.

Для диагностики дефектов цветового зрения широко используются полихроматические таблицы Е. Б. Рабкина. Они состоят из разноцветных кружков одинаковой яркости. Некоторые из них, окрашенные в один цвет, образуют на фоне остальных, окрашенных в другой цвет, какую-нибудь цифру или фигуру. Эти выделяющиеся по цветам знаки легко различимы при нормальном цветоощущении, но сливаются с окружающим фоном при неполноценном цветовосприятии. Кроме того, в таблице есть скрытые знаки, отличающиеся от фона не по цвету, а по яркости составляющих их кружков. Эти скрытые знаки различают только лица с нарушенным цветоощущением.

Материалы и оборудование: полихроматические таблицы Е. Б. Рабкина, экран для закрытия одного глаза, сантиметровая лента.

Ход работы.

Исследование проводится при дневном освещении. Обследуемый сидит спиной к источнику света. Каждую таблицу следует устанавливать вертикально

на уровне глаз испытуемого на расстоянии 1 м от него. Продолжительность экспозиции одной таблицы около 5 с, но не более 10 с. Каждый глаз обследуется отдельно, при этом второй глаз закрывается специальным щитком. Если исследуемый пользуется очками, то он должен рассматривать таблицы в очках. При массовых профессиональных отборах, с целью экономии времени, допустимо производить проверку двух глаз одновременно.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите результаты исследования цветовосприятия.
2. В случае выявления нарушений укажите, к какому виду они относятся.

| |
|---|
| ПРОТОКОЛ |
| Испытуемый _____ (различил, не различил) все цифры, буквы, фигуры, рисунки в таблице Рабкина. |
| Вывод _____ |
| _____ |

Работа 16.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОСТОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ



Скорость сенсомоторной реакции характеризует затраты времени на осуществление таких физиологических процессов как восприятие зрительного сигнала сетчаткой глаз, передача афферентных нервных импульсов из сетчатки в первичную зрительную кору, передача сигналов из зрительной коры в двигательные области коры лобных долей и передача оттуда эфферентных сигналов по кортикоспинальным путям к мотонейронам спинного мозга, аксоны которых иннервируют мышцы предплечья и пальцев кисти.

Ход работы. Выберите программу «Eye_Tests» → «Reaction test», нажмите «Enter». В центре экрана появляется яркий треугольный объект. Всякий раз после появления объекта как можно скорее нажимайте клавишу «Enter». После каждого предъявления объекта (кроме 1-го) компьютер показывает среднее значение скорости Вашей сенсомоторной реакции.

Указания к оформлению протокола: для характеристики полученных значений скорости Вашей реакции сравните его со средним значением скорости реакции для студентов Вашей группы. Внесите данные в протокол.

| |
|---|
| ПРОТОКОЛ |
| 1. Средняя скорость сенсомоторной реакции (из 5–6 определений) _____ мс. |
| 2. Средняя скорость сенсомоторной реакции у студентов группы _____ мс. |
| 3. Вывод. Средняя скорость сенсомоторной реакции у испытуемого отличается от средней скорости в группе на _____ %. |

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Работа 16.8. ОЦЕНКА ПОРОГОВ ЦВЕТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗРЕНИЯ



Работа выполняется с помощью программы «Eye_Tests» → «Color test» после темновой адаптации зрения в полутемненной комнате. При вклю-

чении программы «Color test» на экране появляются два освещенных квадрата.

А. Постепенно увеличивая интенсивность цвета левого квадрата путем нажатия клавиши «**D**», найдите пороговую величину интенсивности цвета квадрата, при которой испытуемый уверенно определит её цвет. Нажмите клавишу «**Enter**» и запишите условную пороговую величину различения данного цвета. Попросите испытуемого не смотреть на экран и нажатием клавиши «**S**» и «**W**» смените цвет на другой, уменьшите его интенсивность до нуля последовательным нажатием клавиши «**A**». Затем увеличивайте интенсивность цвета, нажимая на клавишу «**D**», и найдите пороговую величину интенсивности цвета левого квадрата, при которой испытуемый уверенно определит новый цвет. Нажмите клавишу «**Enter**» и запишите условную пороговую величину различения данного цвета. Повторите определение порогов различения для других цветов.

Б. Установите произвольную, близкую к средней, интенсивность окраски левого квадрата последовательным нажатием клавиши «**D**». Испытуемый должен нажатием клавиш → или ← подобрать идентичную интенсивность окраски правого квадрата. 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.

Указания к оформлению протокола:

1. Отметьте величины порогов различения различных цветов. Сравните полученные результаты с другими студентами группы и укажите цвета, для которых пороги различения максимальны и минимальны.
2. Определите величину разностного порога цветовосприятия для одного из цветов.
3. В случае выявления нарушений укажите, к какому виду они относятся.

ПРОТОКОЛ

1. Значения порогов различения цветов составляют: красный _____; желтый _____; зеленый _____; синий _____.
2. Значение разностного порога восприятия _____ цвета составляет _____.
3. **Вывод.** Порог различения максимален для _____ цвета и минимален для _____ цвета. Нарушения цветового зрения: _____ (не выявлены; если выявлены, то какие).

| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
|--------------------------------|--|
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 17. ФИЗИОЛОГИЯ СЛУХОВОЙ, ВЕСТИБУЛЯРНОЙ, ВКУСОВОЙ, ОБОНЯТЕЛЬНОЙ И СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНОЙ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Основные вопросы:

1. Слуховая система. Особенности строения и свойств звукопроводящего аппарата. Защитные рефлексы. Звуковоспринимающий аппарат слуховой системы. Структуры внутреннего уха, их функции. Механизм возбуждения волосковых клеток. Слуховая адаптация.

2. Механизмы восприятия и анализа звуков. Кодирование частоты и силы звуков. Локализация источника звука. Бинауральный слух. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах слуховой системы. Слуховая кора.

3. Вестибулярная система, её функции. Особенности строения и свойств рецепторного отдела. Функции вестибулорецепторов преддверия и полукружных протоков. Механизм восприятия и оценки положения тела и его перемещения в пространстве. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах вестибулярной системы. Реакции организма на раздражение вестибулярного аппарата.

4. Вкусовая система. Вкусовая рецепция. Проводящие пути и центральные отделы вкусовой системы. Восприятие вкуса. Классификация вкусовых ощущений. Реакции организма на вкусовые раздражения. Вкусовая адаптация.

5. Обонятельная система. Рецепция запахов. Проводящие пути и центральные отделы обонятельной системы. Восприятие и классификация запахов. Реакции организма на раздражение обонятельной системы. Адаптация. Защитные рефлексы.

6. Соматовисцеральная сенсорная система. Кожная чувствительность. Механорецепция. Виды рецепторов. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах.

7. Терморецепция. Роль кожи, внутренних органов, сосудов и центральной нервной системы в терморецепции. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах. Реакции организма на действие тепла и холода.

8. Проприоцептивная чувствительность. Рецепторные механизмы. Особенности строения проводящих путей и центральных отделов. Роль в восприятии и оценке положения тела в пространстве, в формировании мышечного тонуса, позы и движений.

9. Интероцептивная чувствительность. Рецепторные механизмы. Виды интероцептивной чувствительности. Реакции организма на раздражение интероцепторов. Роль интероцепции в поддержании гомеостаза.

10. Ноцицепция. Боль и её значение. Современные представления о ноцицепции и центральных механизмах боли. Теории боли. Виды боли. Антиноцицептивная система. Нейрохимические механизмы антиноцицепции. Понятие о принципах обезболивания.

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 (базиллярной) 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. Благодаря чему на линейные ускорения и ускорения силы тяжести реагируют рецепторы отолитового аппарата и не реагируют рецепторы полукружных каналов?

5. К каким вкусовым веществам чувствительность человека максимальна?

6. Какие участки кожи обладают наибольшей пространственно-различительной способностью?

7. 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? Какие зоны коры головного мозга участвуют в формировании исследуемого чувства?

8. На человека действует болевой раздражитель. Можно ли, не спрашивая отчета об его ощущениях, узнать, что он чувствует боль?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 438–504.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. 623 с. С. 451–526.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 478–502.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 17.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ЗВУКА

Человек и животные обладают пространственным слухом, который позволяет установить место расположения источника звука, степень его удаленности и направление его перемещения, а также увеличивает четкость восприятия. Временные характеристики пространственного слуха базируются на объединении данных, получаемых от обеих ушей (бинауральный слух). Бинауральный слух определяется двумя основными факторами. Для низких частот основным фактором является различие во времени достижения звуковой волной правого и левого уха, для высоких частот — различия в интенсивности звука.

Материалы и оборудование: камертон, фонендоскоп с трубками разной длины.

Ход работы. Испытуемый с закрытыми глазами должен определить направление источника звука, создаваемого постукиванием (например, карандашом о карандаш) или звуком камертона справа, слева, спереди, сзади за спиной испы-

туемого. Затем вставьте в уши испытуемого оливы фонендоскопа, одна из трубок которого значительно длиннее другой. Фонендоскоп должен находиться у испытуемого за спиной. Повторите опыт с определением направления источника звука.

Указания к оформлению протокола:

1. Отметьте правильность определения локализации источника звука.
2. Укажите, как зависит восприятие локализации источника звука от длины трубок фонендоскопа.
3. Объясните механизм наблюдаемого явления.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый определяет локализацию источника звука _____ (правильно, неправильно).
2. При проведении исследования с фонендоскопом испытуемый локализует источник звука со стороны _____.
3. **Вывод.** Одним из факторов, лежащих в основе определения локализации источника звука, является _____. Это происходит вследствие _____ активации волосковых клеток уха, расположенного ближе к источнику звука.

Работа 17.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОСТНОЙ И ВОЗДУШНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

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 _____.

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 воздушной 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. При выявлении нарушений объясните полученные результаты.

| ПРОТОКОЛ | | |
|----------|-----------------------|-----------|
| Ухо | Время проводимости, с | |
| | костной | воздушной |
| правое | | |
| левое | | |

Вывод. Опыт Ринне _____

Работа 17.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СЛУХОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОТ ЧАСТОТЫ ЗВУКА (АУДИОМЕТРИЯ)



Ухо человека воспринимает звуковые колебания в диапазоне **16–20000 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.

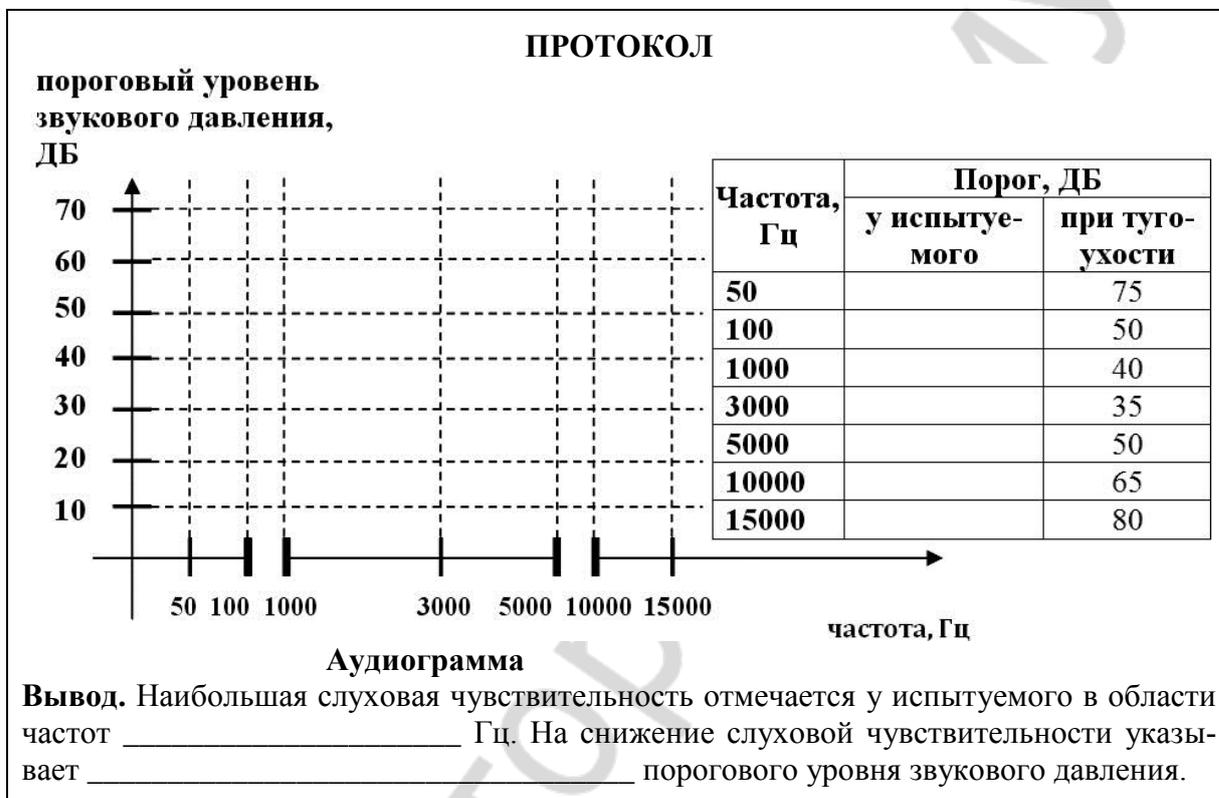
Материалы и оборудование: аудиометр, наушники.

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?



Работа 17.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ.

ЭСТЕЗИОМЕТРИЯ (ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОРОГОВ)

Тактильная чувствительность изучается методом эстеziометрии. Различают пространственную чувствительность, которая характеризуется пространственным порогом, и чувствительность, которая определяется по силовому порогу. **Пространственный порог** тактильной чувствительности характеризуется тем *наименьшим расстоянием* между двумя точками кожи, при одновременном раздражении которых возникает *ощущение двух прикосновений*. Он характеризует пространственно-различительную способность кожи.

Материалы и оборудование: эстеziометр (циркуль Вебера).

Ход работы. Испытуемого должен сидеть с закрытыми глазами. Эстеziометром с максимально сведёнными браншами прикасаются к определенному участку кожи. Необходимо следить за тем, чтобы обе иглы эстеziометра прикасались одновременно и с одинаковым давлением. Повторяют прикосновение, постепенно увеличивая расстояние между браншами эстеziометра (каждый раз на 1 мм), и находят то минимальное расстояние, при котором возникает ощущение двух отдельных 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 17.5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА СОМАТИЧЕСКИЕ И ВЕГЕТАТИВНЫЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА

135 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 вращательного движения наблюдается нистагм головы, который характеризуется тем, что вначале голова медленно поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения, а затем быстро возвращается в исходное положение. При вращении также наблюдается ритмический **окуломоторный нистагм**. Он включает два компонента: медленный, являющийся проявлением статокинетического рефлекса на угловое ускорение, и сменяющий его быстрый, который характеризуется движением глазного яблока (скачком) в обратном направлении (по нём судят о направлении нистагма). Медленный компонент нистагма возникает в начале движения, когда эндолимфа более медленно движется в сторону ампулы под влиянием ускорения, и всегда направлен в сторону, противоположную вращению. Во время самого вращения нистагма нет, так как эндолимфа движется с той же скоростью, что и полукружные каналы. В момент остановки или замедления движения, т. е. при наличии отрицательного углового ускорения, эндолимфа по инерции перемещается, но уже в обратном направлении — возникает поствращательный нистагм. Глазной нистагм, возникающий при поворотах головы или при вращении, имеет важное приспособительное значение, так как обеспечивает сохранение нормальной зрительной ори-

ентации и позволяет фиксировать изображение предметов на сетчатке в период изменения позы и положения головы.

Материалы и оборудование: кресло Барани, пульсотонометр кистевой, секундомер.

Ход работы. А. Измерение длительности нистагма. Вращают испытуемого в кресле Барани со скоростью 10 оборотов за 20 с. Во время вращения глаза должны быть закрыты. После остановки испытуемый должен зафиксировать взгляд на неподвижном предмете. Характер наблюдающегося нистагма глазных яблок зависит от преимущественного раздражения тех или иных полукружных каналов, что определяется положением головы испытуемого во время вращения. Горизонтальный нистагм наблюдается при вращении с наклоном головы вперед на 15°, ротаторный нистагм — при наклоне головы вперед на 90°, вертикальный — при наклоне головы к левому или правому плечу. С помощью секундомера измеряют длительность нистагма (в норме — от 20 до 30 с). Результаты внесите в табл. 17.1.

Таблица 17.1

Влияние стимуляции вестибулярных рецепторов центробежным ускорением на продолжительность поствращательного нистагма

| Положение головы | Активация каналов вестибулярного аппарата | Вид нистагма | Длительность нистагма, с |
|-----------------------|---|----------------|--------------------------|
| Наклон вперед на 15° | Горизонтальные каналы | Горизонтальный | |
| Наклон вперед на 90° | Вертикальные каналы | Ротаторный | |
| Наклон головы к плечу | Сагиттальные каналы | Вертикальный | |

Б. Влияние стимуляции вестибулярного аппарата на частоту сердечных сокращений. Испытуемого усаживают в кресло Барани и определяют среднее ЧСС в каждом из трех положений головы в покое. Для стимуляции вестибулярных рецепторов используют вращение вокруг оси со скоростью 10 оборотов за 20 с. После вращения в каждом из трех положений повторно измеряют ЧСС. Полученные данные внесите в табл. 17.2.

Таблица 17.2

Влияние стимуляции вестибулярного аппарата на частоту сердечных сокращений (ЧСС)

| Показатель | Покой | | | После вращения | | |
|-------------|----------|---------|-----------|----------------|---------|-----------|
| | горизонт | ротатор | вертикаль | горизонт | ротатор | вертикаль |
| ЧСС, уд/мин | | | | | | |

Указания к оформлению протокола: объясните механизм нистагма и влияние вестибулярного аппарата на сердечно-сосудистую систему. Перечислите другие раздражения, вызывающие нистагм.

| ПРОТОКОЛ | |
|--|--|
| 1. Вывод. Продолжительность поствращательного нистагма _____ (в норме, увеличена, снижена). Появление нистагма вызвано _____. | |
| К изменению продолжительности нистагма может привести повреждение _____. | |
| Симуляция вестибулярного аппарата вызывает _____ ЧСС. Механизм влияния стимуляции вестибулярной системы на ЧСС: _____ | |

Работа 17.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ВКУСОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ВКУСОВОЙ АДАПТАЦИИ К ОСНОВНЫМ ВКУСОВЫМ ВЕЩЕСТВАМ

Материалы: растворы поваренной соли, сахара, лимонной кислоты, глутамата Na и хинина, 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 (хинин или кофеин) | |
| 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 | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 18. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ». ЗАЧЁТ

Основные вопросы:

1. Спинной мозг. Функции спинного мозга. Основные спинальные рефлексы. Последствия повреждения спинного мозга. Спинальный шок.
2. Спинальный уровень регуляции мышечного тонуса, позы и движения. Изменение тонуса мышц при повреждении различных звеньев рефлекторной дуги.
3. Продолговатый мозг и мост. Сенсорные, соматические и вегетативные функции. Жизненно важные центры, рефлекторная деятельность. Защитные рефлексы.
4. Средний мозг. Сенсорные, соматические и вегетативные функции. Зрачковые и другие рефлексы. Глазодвигательные функции. Понятие о децеребрационной ригидности и механизме её возникновения.
5. Роль среднего мозга, моста и продолговатого мозга в регуляции мышечного тонуса.
6. Мозжечок: сенсорные, соматические и вегетативные функции. Роль мозжечка, в механизмах поддержания тонуса мышц, позы и осуществлении движений.
7. Ретикулярная формация ствола мозга, её нисходящие влияния на рефлекторную деятельность спинного мозга и восходящие активирующие влияния на кору больших полушарий. Важнейшие нервные центры в пределах ретикулярной формации. Соматические и вегетативные функции.
8. Таламус. Функциональная характеристика ядер таламуса. Сенсорные и моторные функции. Участие таламуса в формировании болевых ощущений и в осуществлении высших интегративных функций мозга.
9. Гипоталамус. Центры и функции гипоталамуса. Нейросекреторные клетки. Собственно сенсорные нейроны (осмо-, термочувствительные и др.). Интеграция соматических, вегетативных и эндокринных функций.
10. Лимбическая система. Структурно-функциональная организация. Её роль в формировании мотиваций, эмоций, организации памяти. Участие структур лимбической системы в интегративной деятельности ЦНС.
11. Базальные ядра. Структурно-функциональная организация. Интегрирующая функция базальных ядер в организации и осуществлении сложных движений.
12. Кора больших полушарий головного мозга. Морфофункциональная организация. Современные представления о локализации функций в коре. Последствия повреждений различных зон коры больших полушарий. Многоуровневая система регуляции мышечного тонуса, позы и движений. Роль обратной афферентации.
13. Роль автономной (вегетативной) нервной системы (АНС) в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Функции АНС. Сравнительная характеристика общего плана строения и физиологических свойств АНС и соматической нервной системы (афферентные, центральные, эфферентные отделы).
14. Сравнительная характеристика строения и функций симпатического и парасимпатического отделов АНС. Синергизм и относительный антагонизм

влияний симпатического и парасимпатического отделов АНС. Понятие о метасимпатической нервной системе.

15. Рефлекторная дуга вегетативного рефлекса. Преганглионарные и ганглионарные нейроны и их аксоны: морфологические, функциональные и нейрохимические различия. Нейромедиаторы, рецепторы нервных и эффекторных клеток. Морфофункциональные особенности эффекторных нервных окончаний и синапсов в АНС.

16. Влияния симпатического отдела АНС на эффекторные органы, сенсорные функции. Механизмы их реализации.

17. Влияния парасимпатического отдела АНС на эффекторные органы, сенсорные функции. Механизмы их реализации.

18. Центры автономной нервной системы. Тонус центров АНС и его механизмы. Вегетативные рефлексы. Взаимодействие соматической и АНС в регуляции функций организма. Адаптационно-трофическая функция АНС. Вегетативное обеспечение соматических функций.

19. Понятие об органах чувств, анализаторах, сенсорных системах. Учение И.П. Павлова об анализаторах. Общие принципы функционирования, общие свойства сенсорных систем, роль в поддержании функционального состояния организма. Классификация и функции сенсорных систем.

20. Рецепторный отдел. Классификация и функциональные свойства сенсорных рецепторов. Механизмы функционирования первично- и вторично-чувствующих рецепторов.

21. Зрительная система. Строение, функции. Особенности строения и свойств глаза, обеспечивающие функцию зрения. Оптические среды глаза. Рефракция и аккомодация. Понятие о миопии, гиперметропии, пресбиопии, астигматизме и принципах их коррекции.

22. Строение и функции сетчатки глаза. Фотохимические процессы в рецепторах сетчатки при действии света. Функции пигментных, горизонтальных, биполярных, амакриновых и ганглиозных клеток сетчатки.

23. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах зрительной системы. Кортикальный отдел зрительной системы.

24. Теории цветоощущения. Основные формы нарушения цветового восприятия. Движения глаз. Центральные и периферические механизмы координации зрительной и глазодвигательной функций.

25. Слуховая система. Особенности строения и свойств звукопроводящего аппарата. Защитные рефлексы.

26. Звуковоспринимающий аппарат слуховой системы. Структуры внутреннего уха, их функции. Механизм возбуждения волосковых клеток. Слуховая адаптация.

27. Механизмы восприятия и анализа звуков. Кодирование частоты и силы звуков. Локализация источника звука. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах слуховой системы. Слуховая кора.

28. Вестибулярная система, её функции. Особенности строения и свойств рецепторного отдела. Функции вестибулорецепторов преддверия и полукружных протоков.

29. Вестибулярная система. Механизм восприятия и оценки положения тела и его перемещения в пространстве. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах вестибулярной системы.

30. Реакции организма на раздражение вестибулярного аппарата (соматические, сенсорные, вегетативные реакции).

31. Обонятельная система. Рецепция запахов. Проводящие пути и центральные отделы обонятельной системы. Восприятие и классификация запахов. Реакции организма на раздражение обонятельной системы. Адаптация. Защитные рефлексy.

32. Вкусовая система. Вкусовая рецепция. Проводящие пути и центральные отделы вкусовой системы. Восприятие вкуса. Классификация вкусовых ощущений. Реакции организма на вкусовые раздражения. Вкусовая адаптация.

33. Боль и её значение. Современные представления о ноцицепции и центральных механизмах боли. Теории боли. Виды боли. Антиноцицептивная система. Нейрохимические механизмы антиноцицепции. Понятие о принципах обезболивания.

34. Соматовисцеральная сенсорная система. Кожная чувствительность. Механорецепция. Виды рецепторов. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах.

35. Терморецепция. Роль кожи, внутренних органов, сосудов и центральной нервной системы в терморецепции. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах. Реакции организма на действие тепла и холода.

36. Проприоцептивная чувствительность. Рецепторные механизмы. Особенности строения проводящих путей и центральных отделов. Роль в восприятии и оценке положения тела в пространстве, в формировании мышечного тонуса, позы и движений.

37. Интероцептивная чувствительность. Виды интероцептивной чувствительности. Реакции организма на раздражение интероцепторов. Роль интероцепции в поддержании гомеостаза.

Практические навыки:

1. Методы изучения функций ЦНС (стереотаксический, рефлексометрия, метод вызванных потенциалов). Физиологическое значение (знание).

2. Исследование основных сухожильных рефлексов: коленного, ахиллова, рефлексов сгибателя и разгибателя верхней конечности. Уровни замыкания рефлексов. Принципы оценки результатов. Возможные ошибки при выполнении и пути их предупреждения (умение).

3. Исследование зрачковых рефлексов (умение). Физиологическое значение.

4. Методы исследования состояния функций мозжечка (умение).

5. Электроэнцефалография, принципы анализа ЭЭГ. Ритмы ЭЭГ при различных функциональных состояниях ЦНС (знание).

6. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы: клиностагический рефлекс (умение).

7. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы: ортостагический рефлекс (умение).

8. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы: дыхательно-сердечный рефлекс Геринга (умение).

9. Методы изучения функций зрительного анализатора: цветовосприятие (умение)

10. Методы изучения функций зрительного анализатора: исследование границ поля зрения (умение).

11. Методы изучения функций зрительного анализатора: определение чувствительности центральных областей сетчатки (статическая компьютерная периметрия) (знание).

12. Методы изучения функций зрительного анализатора: исследование остроты зрения (умение).

13. Методы исследования слухового анализатора: аудиометрия (знание).

14. Методы исследования слухового анализатора: опыты Вебера и Ринне (умение).

15. Методы изучения вкусового анализатора: определение порогов вкусовой чувствительности (умение).

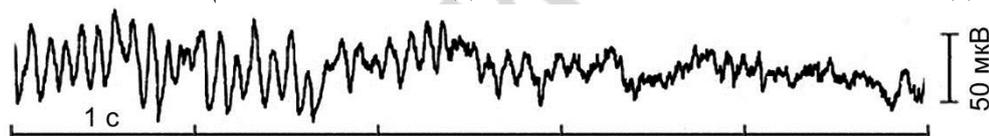
16. Методы исследования функции соматосенсорного анализатора (исследование тактильной, болевой, температурной, проприоцептивной чувствительности, эстеziометрия) (умение).

17. Методы исследования вестибулярного анализатора. Измерение длительности нистагма (знание).

Ситуационные задачи:

1. При исследовании коленного рефлекса исследуемый рефлекс не выявляется. На каком уровне ЦНС наблюдается повреждение? Как отличить повреждение афферентного звена от повреждения других звеньев рефлекторной дуги, влияния вышележащих структур ЦНС? Как исключить возможную симуляцию со стороны пациента?

2. Определите ритмы на представленной ЭЭГ. При каких функциональных состояниях ЦНС они наблюдаются? Как называется наблюдаемый процесс?



3. При освещении левого глаза диаметр зрачка правого глаза не изменился. Дайте физиологическую оценку полученной реакции. Какие структуры ЦНС вовлечены в её реализацию?

4. На визите к врачу пациент жалуется на нарушение походки и чувства равновесия (пошатывается, падает вправо при ходьбе), нарушение памяти на недавно произошедшие события, изменение величины зрачков (стали разновеликими), изменение почерка (стал неровным, крупным) и дрожание рук при движении, повышенную вспыльчивость и раздражительность. Какие из указанных жалоб могут указывать на нарушение функций мозжечка?

5. Почему при сильном волнении вкусовые ощущения человека могут быть ослаблены? Почему при этом может нарушаться глотание, речь?

6. При исследовании границ ахроматического поля зрения были получены следующие результаты. Левый глаз: сверху — 40°, кнаружи — 90°, книзу — 65°,

кнутри — 55°. На 20° кнаружи было выявлено очаговое выпадение чувствительности (скотома) обоих глаз в виде округлого пятна. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.

7. На приёме пациент жалуется, что перестал замечать движущиеся предметы слева от себя. Объясните причину наблюдаемого явления.

8. На приёме 55-летняя женщина жалуется на снижение возможностей различения мелких предметов, необходимость отодвигать тексты при чтении на расстояние около 0,5 м. Как называется наблюдаемое явление? Назовите его причины.

9. У молодого человека, часто слушающего громкую музыку с использованием аудиоплеера, при аудиометрии в диапазоне частот 1–5 кГц пороги слуховой чувствительности составили 38–43 дБ. Дайте физиологическую оценку состоянию слуховой системы пациента. Объясните, чем могут быть обусловлены полученные результаты.

10. При исследовании слухового анализатора была выявлена латерализация звука вправо. Слева время костной проводимости составило 22 с, воздушной проводимости — 37 с. Справа время костной проводимости составило 55 с, воздушной проводимости — 55 с. Дайте физиологическую оценку полученным результатам.

11. При обследовании пациента было выявлено значительное увеличение длительности поствращательного нистагма. Аналогичный результат был получен при проведении калорических проб с вливанием в наружный слуховой проход теплой и холодной воды. С нарушением функции каких структур вестибулярной сенсорной системы это, предположительно, может быть связано?

12. При пассивном сгибании ноги в коленном суставе пациент утверждает, что нога не изменила своего положения. С нарушением функции какого анализатора это может быть связано? Какие зоны коры головного мозга участвуют в формировании исследуемого чувства?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 209–245, 328–453.

3. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 379–504.

4. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 209–245, 314–430.

5. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. 623 с. С. 385–526.

6. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 114–178, 462–502.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 18.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ ЗАЧЁТ

К зачёту допускаются студенты, не имеющие пропусков учебных занятий или своевременно их отработавшие, и успешно защитившие предусмотренные учебной программой лабораторные работы. Необходимо помнить, что студенты, не допущенные к сдаче зачёта или получившие по нему отметку «не зачтено», к экзаменационной сессии *не допускаются!* Передача зачёта допускается не более двух раз. При выставлении зачёта преподавателем могут быть учтены результаты работы студента в семестре (занятия 1–17) при наличии рейтинга студента не менее 6 баллов (4 баллов для студентов МФИУ). *Для подготовки к зачёту студент изучает вопросы всех итоговых занятий семестра.*

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → **Леч. ф-т. Итоговое: Частная физиология нервной системы. Физиология сенсорных систем** или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос. Студентам, получившим неудовлетворительные отметки по результатам предыдущих итоговых занятий или имеющим низкий рейтинговый балл, может быть предложено выполнить тест **Леч. ф-т. Зачёт за 3 семестр** или ответить на дополнительные вопросы по материалам предыдущих итоговых занятий.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.
2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

Занятие 19. ГЕМОДИНАМИКА. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ. МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ

Основные вопросы:

1. Роль системы кровообращения в обеспечении метаболизма. Круги кровообращения, их функциональная характеристика.
2. Морфологическая и функциональная классификация сосудов. Факторы, обуславливающие движение крови по сосудам.
3. Основной закон гемодинамики — взаимосвязь между давлением крови, объёмной скоростью кровотока и периферическим сопротивлением кровотоку. Факторы, определяющие сопротивление кровотоку.
4. Кровяное давление, его виды и роль. Давление крови в различных участках сосудистого русла. Факторы, определяющие величину артериального давления (АД).
5. Методики измерения кровяного давления. Понятие о суточном мониторинге АД. Нормальные величины АД, возрастные изменения АД.
6. Объёмная и линейная скорости кровотока в различных отделах сосудистого русла. Площадь поперечного сечения сосудов различных отделов сосудистого русла.
7. Основные показатели кровотока (давление крови, скорость кровотока, сопротивление) в артериальном, микроциркуляторном и венозном участках сосудистого русла, их графическое изображение.
8. Артериальный пульс, его происхождение и клинико-физиологические характеристики. Сфигмография, анализ сфигмограммы. Скорость распространения пульсовой волны.
9. Структурно-функциональная характеристика основных компонентов микроциркуляторного русла. Механизмы трансапиллярного обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями.
10. Уравнение Старлинга. Фильтрация и реабсорбция жидкости в капиллярах. Факторы, влияющие на трансапиллярный обмен.
11. Строение и функции лимфатической системы. Лимфообразование и лимфоотток, механизмы их регуляции.
12. Ток крови в венозных сосудах, венозный возврат крови. Давление крови в венах. Центральное венозное давление.
13. Кровоток в коронарных, церебральных, лёгочных, почечных, чревных и кожных сосудах.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем отличия системного, органного и местного кровотока?
2. Во сколько раз изменится кровоток в миокарде при уменьшении диаметра коронарной артерии в 2 раза?
3. Перечислите факторы, определяющие величину АД.

4. Как изменяется величина венозного возврата крови к сердцу при глубоком вдохе и глубоком выдохе?
5. Как изменится величина венозного возврата при веноконстрикции и венодилатации? Как это отразится на величине ударного объёма (УО)?
6. От каких факторов зависит наполнение и напряжение пульса?
7. Как рассчитывается пульсовое АД? Среднее гемодинамическое АД? Назовите их нормальные величины в большом круге кровообращения.
8. Чем опасно повреждение вен шеи, синусов твёрдой мозговой оболочки?
9. В чем разница между понятиями «скорость пульса», «скорость распространения пульсовой волны» и «линейная скорость кровотока»?
10. Нарисуйте изменения линейной и объёмной скорости кровотока, давления крови в различных отделах сосудистого русла.
11. Какой вид транспорта через стенку капилляра характерен для кислорода, углекислого газа, воды, липо- и гидрофильных низкомолекулярных веществ, для высокомолекулярных соединений?
12. Гидростатическое давление крови в капилляре — 30 мм рт. ст., гидростатическое давление интерстициальной жидкости — 2 мм рт. ст., коллоидно-осмотическое давление крови — 25 мм рт. ст., коллоидно-осмотическое давление интерстициальной жидкости — 2 мм рт. ст. Рассчитайте результирующую разность давлений, обеспечивающую фильтрацию (или реабсорбцию). Какова будет скорость фильтрации, если коэффициент фильтрации составляет 3 мл/мин/мм рт. ст.
13. Перечислите основные факторы, способствующие превышению фильтрации над реабсорбцией и развитию интерстициального отёка.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 6, 53–55, 68–103, 139–144.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 6, 55–56, 68–102, 136–140.
4. *Гемодинамика*. Функциональные показатели кровообращения в вопросах и ответах : учеб.-метод. пособие / А. И. Кубарко, Д. А. Александров, Н. А. Башаркевич. Минск : БГМУ, 2012. 26 с.
5. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 271–273; 297–310, 327–331.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 19.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ

Просмотрите учебные видеофильмы. Используйте полученную информацию для выполнения лабораторных работ.



1. «Микроциркуляция» (20 мин).



2. «Капилляроскопия» (6:06) («Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Видеотека»).

Работа 19.2. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА КРОВОТОКОМ В КАПИЛЛЯРАХ НОГТЕВОГО ЛОЖА ЧЕЛОВЕКА (КАПИЛЛЯРОСКОПИЯ)



Капилляроскопия — метод прижизненного изучения осмотром (под увеличением) капилляров эпителиальных или эндотелиальных 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. 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. Количество видимых капилляров составляет 10–30/мм².

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 | арт < вен | не изменён | ↓ | |
| | вен | | ↑↑↑ | ↑↑↑ | |
| Извитость сосудов | арт | нет | ↑ | нет | |
| | вен | нет | ↑↑↑ | ↑↑↑ | |
| Характер движения эритроцитов | | равномерный | с разрывами, замедлен | пульсирующий, с остановками | |
| Диapedез эритроцитов | | нет | есть | возможен | |
| Кровенаполнение | | нормальное | вен – ↑↑↑ | арт – ↓, вен – ↑↑ | |

Примечание: *арт* — артериальное колено; *вен* — венозное колено петли.

Вывод: Капилляроскопия позволяет оценить _____
 _____ сосудов микроциркуляторного русла.
 На нарушение венозного оттока указывают _____
 _____, на нарушение артериального притока – _____

Работа 19.3. ПРОСМОТР УЧЕБНОГО ВИДЕОФИЛЬМА «МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ»



Ход работы. Просмотрите учебный фильм «Микроциркуляция».

По материалам фильма, учебника, лекций, ЭУМК заполните пробелы:

1. В артериолах кровь течет _____, чем в венах.
2. Внесите нормативные данные: средняя линейная скорость кровотока в капиллярах в покое _____; давление крови на артериальном конце капилляра _____, венозном конце капилляра _____.
3. Перечислите механизмы транкапиллярного обмена веществ на уровне микроциркуляторного русла: 1) _____; 2) _____; 3) _____; 4) _____.
4. Какой преимущественный вид транспорта через стенку капилляра характерен для кислорода _____; углекислого газа _____; воды _____; глюкозы _____; липофильных веществ _____; высокомолекулярных соединений _____.
5. Давления, способствующие фильтрации (выходу жидкости) из капилляра: _____; давления, способствующие реабсорбции (возврату жидкости) в капилляр: _____.
6. Напишите уравнение Старлинга:



$$V = k (\quad + \quad - \quad - \quad) = k ((\quad + \quad) - (\quad + \quad))$$

7. Как влияет на скорость транкапиллярного обмена повышение артериального давления? _____; венозного давления? _____

8. Основными факторами, которые могут привести к развитию интерстициального отека, являются: _____

Работа 19.4. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АРТЕРИАЛЬНОГО ПУЛЬСА МЕТОДОМ ПАЛЬПАЦИИ

Артериальный пульс — ритмические колебания стенки артерии, обусловленные выбросом крови из сердца в артерии и изменением в них давления в течение систолы и диастолы.

Ход работы. Охватите правой рукой кисть обследуемого в области лучезапястного сустава так, чтобы большой палец располагался на тыльной стороне предплечья, а остальные — на его передней латеральной поверхности. Нашупав лучевую артерию, тремя пальцами прижимайте её к подлежащей кости до появления ощущения под пальцами пульсовых толчков. Оцените пульс по следующим показателям:

1. **Ритм** пульса. Определяют по длительности интервалов между пульсовыми ударами. У здорового человека пульсовые волны следуют друг за другом через приблизительно равные промежутки времени.

В норме встречается **дыхательная аритмия**, при которой пульс возрастает на вдохе и уменьшается при выдохе. Дыхательная аритмия чаще встречается у молодых людей и у лиц с лабильной автономной нервной системой.

2. **Частота** пульса. Считают количество пульсовых толчков в течение 20–30–60 с, затем, при необходимости, пересчитывают на 60 с (1 минуту). Частота пульса в состоянии покоя может колебаться в пределах 60–90 уд/мин¹². Повышение частоты пульса более 90 уд/мин называют тахикардией, снижение меньше 60 уд/мин — брадикардией.

3. **Наполнение** (амплитуда) пульса — субъективный показатель, оцениваемый пальпаторно по высоте подъема артериальной стенки во время похождения пульсовой волны.

Наполнение пульса зависит от **систолического объёма крови, эластичности стенок артерий, объёма циркулирующей крови.**

4. **Напряжение** пульса — субъективный показатель, оцениваемый по силе надавливания на артерию, достаточной для исчезновения её пульсации дистальнее места прижатия. Напряжение пульса зависит от величины **систолического артериального давления**. При нормальном давлении крови напряжение пульса оценивается как умеренное. Чем выше давление, тем труднее полностью сдавить артерию, и при высоком давлении пульс становится напряженным или твердым. При низком артериальном давлении артерия сдавливается легко, и пульс оценивается как мягкий.

5. **Скорость** пульса — субъективный показатель, определяемый пальпаторно по скорости достижения артериальной стенкой максимальной амплитуды колебаний. Скорость пульса зависит от скорости прироста давления в артериальной системе в течение систолы, что в свою очередь зависит от **пульсового давления, ударного объёма крови и сопротивления артерий**. Если во время систолы в аорту выбрасывается большой объём крови и давление в ней быстро возрастает, то наблюдается более быстрое достижение наибольшей амплитуды

¹² У новорождённого средняя частота пульса — 140 уд/мин, в 1–6 мес. — 130 уд/мин, 1 год — 115 уд/мин, 5–10 лет — 95 уд/мин, 11–14 лет — 85 уд/мин, 15–18 лет — 82 уд/мин.

растяжения артерии. Такой пульс называется быстрым и встречается при недостаточности клапанов аорты. При медленном приросте давления в артериальной системе во время систолы определяется медленный пульс, наблюдаемый, в частности, при стенозе аорты.

Наполнение и скорость пульса могут быть определены объективно по записи пульса — сфигмограмме.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите в таблицу показатели своего пульса, а также минимальные, максимальные и средние значения частоты пульса у студентов группы.

2. Сделайте заключение о состоянии пульса, сравнив результаты с нормой.

| 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 пульс, твердый пульс | |
| Скорость | Нормальная | Быстрый пульс, медленный пульс | |
| Частота пульса у студентов группы: мин. _____, макс. _____, средняя _____. | | | |
| Вывод. _____ | | | |

Работа 19.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ

Пульсовая волна представляет собой волнообразное движение стенки сосуда, которое происходит вследствие распространения образующейся в аорте первичной волны по направлению к периферии. Её скорость значительно превышает линейную скорость тока крови в сосудах и может определяться по времени задержки начала пульсовой волны на периферической артерии относительно начала пульсовой волны на центральной артерии.

Скорость распространения пульсовой волны позволяет оценить растяжимость и упругое сопротивление сосудистой 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.

Она может **увеличиваться**:

- при уменьшении растяжимости сосудов (например, при атеросклерозе);
- повышении тонуса гладкомышечных клеток сосудов;
- повышении среднего гемодинамического давления крови.

Уменьшение скорости распространения пульсовой волны наблюдается, как правило:

- при снижении среднего гемодинамического давления крови;
- понижении тонуса гладкомышечных клеток сосудов.

Увеличение скорости распространения пульсовой волны в последние годы рассматривается в качестве независимого фактора риска развития заболеваний

сердечно-сосудистой системы, выявляющегося на ранних доклинических стадиях их развития.

Скорость распространения пульсовой волны рассчитывается по формуле:

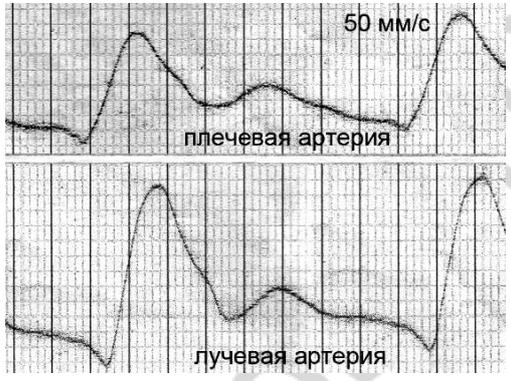
$$v_{\text{ПВ}} = \frac{L, \text{ м}}{t, \text{ с}},$$

где $v_{\text{ПВ}}$ — скорость распространения пульсовой волны, м/с; L — расстояние между датчиками, м; t — разница во времени прохождения пульсовой волны, с.

Ход работы. Попросите испытуемого сесть на стул, положив одну руку на стол. На внутренней поверхности верхней трети плеча испытуемого (вблизи подмышечной впадины) — в месте наилучшей пальпации плечевой артерии — укрепите один из датчиков для регистрации пульса. На предплечье у лучезапястного сустава — в месте наилучшей пальпации лучевой артерии — укрепите второй датчик. Каждый из датчиков присоедините к отдельному каналу регистратора. Запишите сфигмограммы плечевой и лучевой артерии.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте время, затрачиваемое на протяжку 1 мм ленты при скорости протяжки ленты 50 мм/с.
2. По задержке во времени начала анакроты на плечевой и лучевой артериях определите разницу во времени прохождения пульсовой волны.
3. Рассчитайте скорость распространения пульсовой волны, сравните её с нормой.

| ПРОТОКОЛ | |
|---|--|
|  | <ol style="list-style-type: none"> 1. Время, затрачиваемое на протяжку 1 мм ленты: 50 мм — 1 с 1 мм — X с X = _____ = _____ с 2. Разница во времени прохождения пульсовой волны: t = _____ с. 3. Зная, что расстояние между датчиками L составило 54 см, скорость распространения пульсовой волны составила: $v_{\text{ПВ}} = \text{_____} = \text{_____}$ м/с |
| <p>Вывод. _____</p> | |

Работа 19.6. ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПУЛЬСА ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА СФИГМОГРАММЫ

 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: электрокардиограмма (зелёная), сфигмограмма сонных артерий (красная), фонокардиограмма (жёлтая), изменения давления в полости

левого желудочка (коричневая), изменения давления в полости левого предсердия (белая). Нажмите «**Carotid**», ответьте на вопросы 1 и 2 протокола.

Нажимая кнопки «**I**», «**Play All**», «**II**» проанализируйте временные соотношения I и II тонов сердца на фонокардиограмме и основных элементов сфигмограммы: анакроты, катакроты, инцизуры, дикротического зубца. Соотнесите их с изображением движения крови в левом желудочке и аорте, смыкания и открытия клапанов сердца.

Нажав кнопку «**←**», перейдите в «**General Tutorials**» → «**Inspection and Palpation**» → «**Carotid Pulse**». На нормальной сфигмограмме пульсовых колебаний *a. carotis* сравните скорости анакроты и катакроты, обратите внимание на положение дикротического зубца. Нажмите «**Labels**» и запомните, как можно по сфигмограмме определить период изгнания крови во время систолы (Systolic Ejection Period). Ещё раз изучите временные соотношения начала анакроты и инцизуры сфигмограммы с положением 1-го и 2-го тонов на фонокардиограмме.

Нажмите кнопку «**Aortic Stenosis**» → «**Labels**» и пронаблюдайте как изменяются скорость и форма анакроты при аортальном стенозе. Объясните наблюдаемые явления. Вернитесь к нормальной сфигмограмме, нажав «**Return to Normal**». Выберите «**Aortic Regurgitation**» и изучите как изменяется характер сфигмограммы при острой недостаточности аортальных клапанов и регургитации крови. Сравните продолжительность периода изгнания крови и скорость пульса при недостаточности аортальных клапанов и при аортальном стенозе.

Выйдите из программы, последовательно нажав «**Exit**», «**Yes**», «**Exit**».

Указания к оформлению протокола.

На основании наблюдений заполните нижеследующие пункты.

1. Начало прироста давления крови в аорте и каротидной артерии совпадает с возникновением _____ тона сердца. Этот прирост давления крови отражается _____ (элемент сфигмограммы).

2. Появление на сфигмограмме дикротического зубца совпадает по времени с возникновением _____ тона сердца. Причиной возникновения дикротического зубца является _____

3. Скорость прироста анакроты при аортальном стенозе _____ вследствие _____; скорость прироста анакроты при недостаточности аортальных клапанов _____ вследствие _____.

Работа 19.7. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ АУСКУЛЬТАТИВНЫМ МЕТОДОМ КОРОТКОВА И ПАЛЬПАТОРНЫМ МЕТОДОМ РИВА–РОЧЧИ

А. Измерение АД крови аускультативным 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) и объяснения обследуемому процедуры измерения;
- 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, опираясь на спинку, ноги не скрещены. Максимально расслабленное предплечье лежит на столе ладонью вверх. Артерия, на которой проводят измерение, должна находиться на уровне сердца;
- 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;
- плавное снижение давления в манжетке можно прекращать в момент, когда оно понизилось на 4–6 мм ниже значения, при котором исчезли сосудистые тоны;
- 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 измерения АД не должно превышать 1 мин, в противном случае в дистальной части конечности отмечаются признаки нарушения кровообращения.

Нормальные величины артериального давления у взрослых составляют¹³:
 систолическое (максимальное) давление — **110–139 мм рт. ст.**;
 диастолическое (минимальное) давление — **60–89 мм рт. ст.**

Б. Измерение АД крови пальпаторным методом Рива–Роччи.

Измерение АД проводится способом, описанным в предыдущей части работы. При этом для определения величины давления фонендоскоп не используется. Определяется пульсация на лучевой артерии. После нагнетания воздуха в манжету (пульсация исчезает) продолжают пальпацию артерии и начинают снижать давление в манжете до появления пульсации, в этот момент регистрируют систолическое АД.

Метод Рива–Роччи позволяет получить ориентировочное представление о величине АД в тех случаях, когда имеются затруднения в выслушивании тонов Короткова (большой объём подкожной жировой клетчатки, малый сердечный выброс и т. д.).

Указания к оформлению протокола.

Запишите измеренные величины АД. Сравните результат с нормой. Сделайте заключение об отличиях в измерении АД методами Короткова и Рива–Роччи.

ПРОТОКОЛ

1. При измерении АД по методу Короткова были получены следующие результаты:

| Рука | Артериальное давление, мм рт. ст. | |
|--------|-----------------------------------|----------------|
| | систолическое | диастолическое |
| Правая | | |
| Левая | | |

Таким образом величина артериального давления составила:

_____ / _____ мм рт. ст.

_____ / _____ мм рт. ст.

2. При измерении АД по методу Рива-Роччи величина артериального давления составила _____ мм рт. ст.

3. **Вывод.** У испытуемого АД: _____ (нормальное, гипо-, гипертензия). АД, измеренное по методу Рива–Роччи, соответствует величине _____ (систолического, диастолического, пульсового, среднего гемодинамического) давления по Короткову.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

¹³ У новорожденного ребенка систолическое давление составляет в среднем около 70 мм рт. ст., к году увеличивается до 90 мм рт. ст. и в последующем постепенно растёт, достигая значений, характерных для взрослого человека, в период пубертата. У детей старше года для ориентировочного расчёта величины систолического АД можно воспользоваться формулой АД_{сист} = 100 + n или 90 + 2n, где n — возраст в годах. Диастолическое АД составляет 1/3–2/3 систолического.

Повышение давления с возрастом идет параллельно росту скорости распространения пульсовой волны по сосудам мышечного типа и связано с повышением их тонуса и увеличением общего периферического сопротивления сосудов.

Занятие 20. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИОКАРДА

Основные вопросы:

1. Функции предсердий, желудочков и клапанов сердца. Направление потоков крови в сердце. Связь большого и малого кругов кровообращения.
2. Особенности метаболизма и кровоснабжения миокарда в состоянии относительного покоя и при физической нагрузке. Коронарный кровоток в миокарде правого и левого желудочков в систолу и диастолу.
3. Строение и функции проводящей системы сердца. Ход распространения возбуждения по проводящей системе сердца. Особенности проведения возбуждения по АВ-соединению. Градиент автоматии.
4. Автоматия сердца. Механизмы автоматии. Потенциал действия пейсмерных клеток, его фазы и ионные механизмы. Роль фазы МДД.
5. Физиологические свойства сократительного миокарда. Потенциал действия клеток сократительного миокарда, его фазы и ионные механизмы.
6. Распространение возбуждения по миокарду. Электромеханическое сопряжение. Источники и роль ионов кальция в разных отделах сердца. Механизм сокращения и расслабления типичного кардиомиоцита.
7. Временные соотношения возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда. Роль длительной фазы рефрактерности. Реакция сердечной мышцы на дополнительное раздражение. Понятие об экстрасистоле.
8. Законы сокращения сердца. Роль пред- и постнагрузки. Факторы, определяющие величину пред- и постнагрузки. Работа желудочков сердца.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие вещества использует сердечная мышца в качестве субстратов для окисления в покое и при нагрузке?
2. Почему сердечная мышца подчиняется закону «все или ничего»? Что такое функциональный синцитий?
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. Какие электрофизиологические особенности строения атриовентрикулярного узла Вы знаете?
6. В чем заключается основной закон сердца?
7. Что такое пред- и постнагрузка, какое влияние оказывает повышение пред- и постнагрузки на сокращения миокарда?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 6–25, 48–57.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 6–27, 49–58.*

4. *Физиологические свойства и особенности миокарда в вопросах и ответах* : учеб.-метод. пособие / А. И. Кубарко, Д. А. Александров, Н. А. Башаркевич. Минск : БГМУ, 2012. 32 с.

5. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 275–281.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 20.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Просмотрите учебные видеofilмы и используйте полученную информацию для выполнения работ 20.2 и 20.3:

1. Физиология сердца. Приготовление препарата изолированного сердца лягушки (8 мин).
2. Автоматия сердца лягушки (10 мин).

Работа 20.2. АВТОМАТИЯ СЕРДЦА И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ



Автоматия сердца — способность сердца к генерации электрических импульсов, вызывающих его сокращение. Способностью к автоматии обладают атипичные кардиомиоциты, образующие проводящую систему сердца. Способность к автоматии уменьшается по ходу проводящей системы, начиная от синоатриального узла, который является водителем ритма сердца и в норме определяет частоту сокращений сердца.

Ход работы. Учебный видеofilm «Автоматия сердца лягушки».

1. Пронаблюдайте сокращения изолированного сердца лягушки.
2. Пронаблюдайте опыт Станниуса (наложение лигатуры между венозным синусом и правым предсердием).

Результаты: после наложения лигатуры Станниуса _____

Вывод (локализация водителя ритма сердца): _____

Как изменится работа сердца (ЧСС, последовательность сокращений предсердий и желудочков) при нарушении связи между синоатриальным и атриовентрикулярным узлом? _____

Как изменится работа сердца, если водителем ритма сердца станет пучок Гиса? _____
волокна Пуркинье? _____

3. Влияние температуры на автоматию сердца.

Записывают ПД пейсмекерных клеток сердца лягушки *in situ* при комнатной температуре, затем наносят на область пейсмекера несколько капель холодного раствора Рингера; после восстановления работы сердца на область пейсмекера наносят несколько капель теплого раствора Рингера.

Результаты: частота ПД пейсмекерных клеток при охлаждении: пейсмекера сердца _____, при согревании — _____.

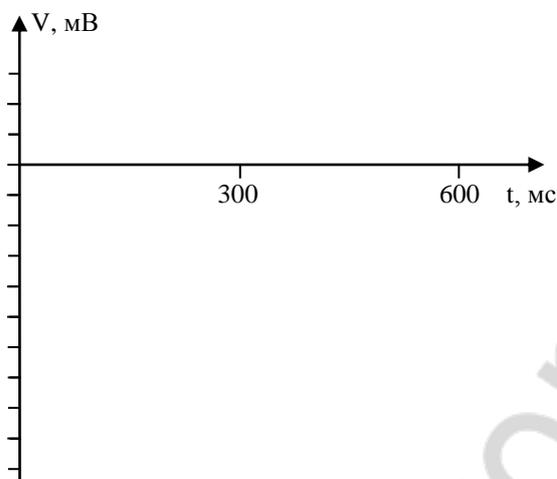
Вывод: При гипотермии у человека можно ожидать _____ ЧСС, а при гипертермии (лихорадке) — _____ ЧСС.

Работа 20.3. МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (ПД) КЛЕТОК СИНОАТРИАЛЬНОГО УЗЛА И КЛЕТОК СОКРАТИТЕЛЬНОГО МИОКАРДА ЖЕЛУДОЧКОВ

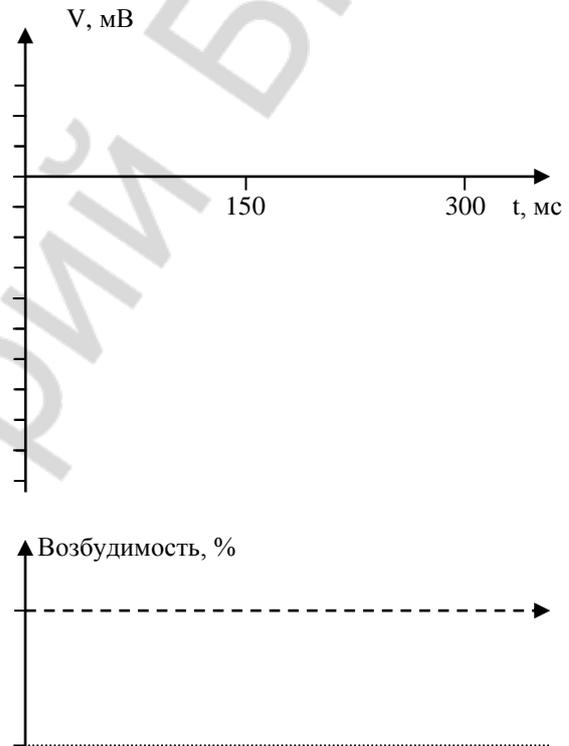


Ход работы. Работы выполняется дома самостоятельно и закрепляется во время занятия на основе просмотра учебного видеофильма «Автоматия сердца», а также компьютерной программы «12 Leads» (Дополнение А: Деполяризация).

Указания к оформлению протокола. На основании материалов лекции, фильма и программы «12 Leads» 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 \uparrow (\downarrow) проницаемости мембраны для ионов Ca^{2+} и повышение — для ионов K^{+} (I_f -ток) | фаза 0 | преимущественно, входящий через Ca^{2+} потенциалзависимые каналы ток ионов Ca^{2+} |
| фаза 0 | входящий через Ca^{2+} потенциалзависимые каналы Ca^{2+} -типа ток Ca^{2+} и K^{+} | фаза 1 | прекращается входящий ток Ca^{2+} , преобладает выходящий ток K^{+} , медленно нарастает входящий ток Ca^{2+} |
| фаза 3 | закрытие Ca^{2+} потенциалзависимых Ca^{2+} / K^{+} -каналов и Ca^{2+} (\uparrow) проницаемости мембраны для ионов Ca^{2+} , выходящих из атипичного кардиомиоцита | фаза 2 | уравновешены выходящий ток ионов K^{+} и входящий ток ионов Ca^{2+} |
| | | фаза 3 | инактивируются Ca^{2+} -каналы, преобладает выходящий ток ионов K^{+} |

Работа 20.4. АНАЛИЗ КРИВОЙ ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ, ИЗМЕРЕННОГО ПРЯМЫМ МЕТОДОМ



Для выполнения работы используется компьютерная программа «Prat». Подробное описание порядка работы с программой дано в работе 1.1.

Золотым стандартом определения величины кровяного давления является его прямое измерение. Для этого в кровеносный сосуд или камеру сердца вводится катетер, соединённый с манометром, что позволяет в режиме реального времени очень точно отслеживать изменения гемодинамики в различных участках сердечно-сосудистой системы. Однако этот метод является инвазивным и связан с опасностью инфицирования, развития кровотечений или тромбозов и других осложнений. Учитывая ценность получаемой диагностической информации его применяют в отделениях интенсивной терапии и реанимации, при хирургических вмешательствах и т. д.

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 |
| ЧСС, уд/мин (Н. R.) | | | |
| АДсис., мм рт. ст. (BPsys) | | | |
| АДдиа., мм рт. ст. (BPdia) | | | |
| АДсгд., мм рт. ст. (BPmea) | | | |
| Пульсовое давление ¹⁴ , мм рт. ст. | | | |
| | | | |
| <p>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 ОПС, и _____ (улучшение или ухудшение) условий для местного кровотока.</p> <p>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.</p> | | | |

| | |
|---|--|
| ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: | |
|---|--|

(подпись преподавателя)

¹⁴ Рассчитать самостоятельно.

Занятие 21. СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные вопросы:

1. Последовательность фаз и периодов сердечного цикла. Положение клапанов, изменение давления и объёмов крови в полостях сердца в различные фазы сердечного цикла. Сравнительная характеристика насосной функции правого и левого желудочков.

2. Систолический (ударный) и минутный объёмы кровотока в условиях покоя и при физической нагрузке. Методы определения МОК и УО (метод Фика, УЗИ сердца, реография и др.). Показатели сократимости миокарда.

3. Электрокардиография. Виды отведений. Происхождение компонентов ЭКГ. Общий план анализа ЭКГ во II-ом отведении, основные нормативы (длительность зубцов P, Q, R, S, интервала PQ, комплекса QRS, положение сегмента ST). Оценка характера ритма. Расчет ЧСС по средней длительности интервала RR. Понятие об электрической оси сердца. Диагностическое значение ЭКГ.

4. Понятие о современных методах анализа ЭКГ: суточное мониторирование ЭКГ, дисперсионное ЭКГ-картирование, вариабельность сердечного ритма и др.

5. Звуковые проявления сердечной деятельности. Тоны сердца, их происхождение. Аускультация и фонокардиография (ФКГ), их диагностическое значение.

6. Механические проявления сердечной деятельности. Верхушечный толчок, артериальный пульс. Сфигмография (СГ).

7. Поликардиография. Сопоставление во времени периодов и фаз сердечного цикла, электрических (ЭКГ), звуковых (ФКГ) и механических (СГ) проявлений сердечной деятельности.

8. Основы ультразвукового исследования сердца (эхокардиографии).

Вопросы для самоподготовки:

1. При каком давлении в левом желудочке начинается период изгнания крови, если артериальное давление составляет 115/70 мм рт. ст.?

2. Чему равны значения конечно-диастолического (КДО), ударного (УО) и конечно-систолического объёмов (КСО) крови?

3. Рассчитайте величину МОК при потреблении кислорода 400 мл/мин, содержании O_2 в артериальной крови 20 об% и в венозной 12 об% (используйте метод Фика). Какова была средняя ЧСС, если средняя величина УО составила 75 мл?

4. При катетеризации полости сердца измерение давления крови показало колебания от 0 до 25 мм рт. ст., содержание оксигемоглобина в крови составило 60 % HbO_2 . Какая полость сердца была катетеризирована?

5. Какой интервал (комплекс) ЭКГ отражает длительность «электрической систолы» желудочков и как зависит его продолжительность от частоты сердечных сокращений?

6. Как оценить ритм сердечных сокращений по ЭКГ? Рассчитайте длительность интервала RR при ЧСС 70 в мин и правильном ритме. Рассчитайте ЧСС, если $RR = 0,8$ с.

Важнейшие гемодинамические показатели работы сердца в покое

КДО — 90–150 мл; УО — 55–90 мл;
КСО — 50–60 мл; ФВ — 50–75 %;

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; ПП — –1 – +8.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 25–53, 134 (рис.)
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 27–56.
4. *Сердечный цикл. Методы исследования сердечной деятельности в вопросах и ответах* : учеб.-метод. пособие / А. И. Кубарко, Д. А. Александров, Н. А. Башаркевич. Минск : БГМУ, 2012. 50 с.
5. *Кардиология* : национальное руководство / под ред. Е. В. Шляхто. 2-е изд. перераб. и доп. М. : ГЭОТРА-Медиа, 2015. 800 с. С. 76–172.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 21.1. ПРОСМОТР УЧЕБНОГО ВИДЕОФИЛЬМА



Работа выполняется в виде просмотра учебного видеofilmа в компьютерном классе кафедры: «Электрокардиография» (5:18).

Работа 21.2. РЕГИСТРАЦИЯ И АНАЛИЗ ЭКГ

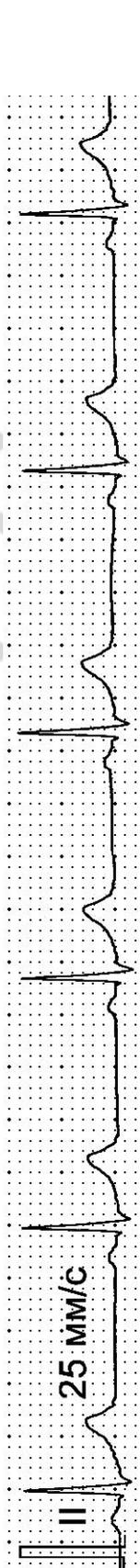
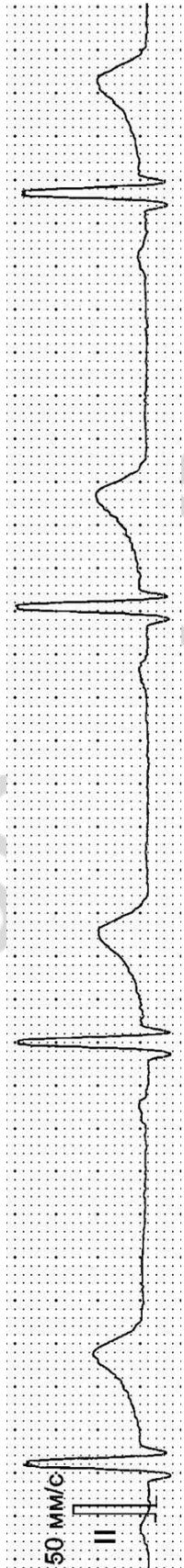
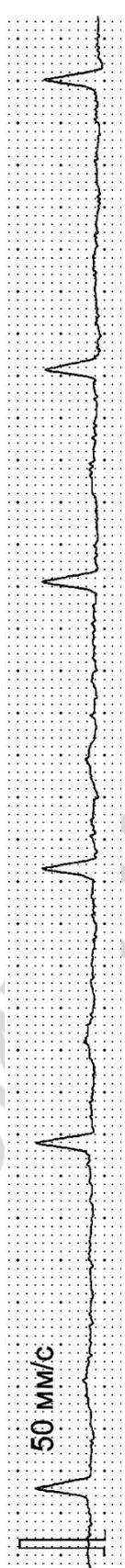
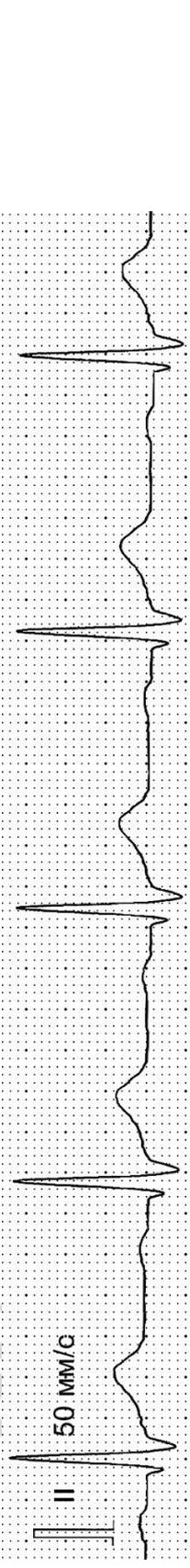


Материалы и оборудование: электрокардиограф, спирт, вата, токопроводящая паста или 3–5 % раствор NaCl, марля.

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 (заземление обследуемого) — черный цвет. При наложении грудных электродов используются специальные резиновые груши для фиксации электродов.

Для улучшения качества записи ЭКГ и уменьшения токовых наводок следует обеспечить хороший контакт электродов с кожей. Для этого необходимо: 1) предварительно обезжирить кожу спиртом в местах наложения электродов; 2) при значительной волосистости кожи смочить места наложения электродов мыльным раствором; 3) покрыть электроды слоем специальной токопроводящей пасты или положить под электроды марлевые прокладки, смоченные 3–5 % раствором NaCl (или в воде), что позволяет максимально снизить сопротивление между электродом и поверхностью кожи.

Вначале записывают калибровочный сигнал, амплитуда которого равна 1 мВ. Стандартное усиление сигнала на записи должно соответствовать отклонению линии на 10 мм. Стандартная скорость протяжки ленты составляет 50 мм/с (иногда 25 мм/с). Затем записывают ЭКГ в 12 стандартных отведениях.



Электрокардиограммы (II стандартное отведение, 1 квадрат = 1 мм)

Нарисуйте ЭКГ во II стандартном отведении, обозначьте зубцы, интервалы, комплексы

Анализ ЭКГ № _____ (указывает преподаватель)

Рассмотрение ЭКГ начинают с оценки правильности её регистрации:

1) проверяют, имеются ли обозначения отведений ЭКГ, обращают внимание на наличие разнообразных помех.

Если помехи значительны, необходимо заново записать ЭКГ;

2) проверяют амплитуду калибровочного сигнала (1 мВ = 10 мм).

Если его амплитуда отличается от стандартной более чем на 1 мм, то амплитуду измеряемых зубцов подсчитывают по формуле: $X = 10U/K$, где X — действительная амплитуда зубца в мм; U — измеренная амплитуда зубца в мм; K — амплитуда калибровочного сигнала в мм;

3) оценивают скорость движения бумаги во время регистрации ЭКГ. При записи ЭКГ со скоростью 50 мм/с 1 мм (по горизонтали) на бумажной ленте соответствует 0,02 с. При записи со скоростью 25 мм/с 1 мм = 0,04 с.

Задание: запишите характеристики ЭКГ, предназначенной для анализа:

калибровочный сигнал — 1 мВ = _____ мм;

скорость движения бумаги _____ мм/с;

1 мм = 1 : _____ = _____ с.

Дальнейший анализ ЭКГ проводят по следующим показателям:

1. Определение источника сердечного ритма (синусовый или несинусовый ритм).

В норме регистрируется синусовый ритм, который характеризуется наличием во II стандартном отведении положительных зубцов P, имеющих нормальную одинаковую форму и предшествующих каждому комплексу QRS. Длительность интервала PQ в норме одинакова и равна 0,12–0,20 с.

Задание: определите наличие на ЭКГ зубцов P _____, их форму _____; направление _____; расположение относительно комплексов QRS _____; длительность PQ _____; одинакова ли длительность PQ _____; другие особенности _____.

Заключение: ритм _____.

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 $\pm 10\%$ 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 R–R (уменьшение ЧСС) на выдохе.

Задание: определите длительность пяти интервалов RR: _____; _____; _____; _____; _____. Среднее значение RR _____; наибольшее отклонение от среднего значения _____ %.

Заключение: характер ритма _____.

3. Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Определение ЧСС 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:

$$\text{ЧСС} = 60 : \text{RR (в секундах)}.$$

У здорового человека в покое ЧСС составляет от 60 до 80 (90) уд/мин. Увеличение ЧСС более 80 (90) уд/мин при сохранении правильного синусового ритма называется синусовой тахикардией. У здоровых людей она возникает при физических нагрузках или эмоциональном напряжении. Уменьшение ЧСС ниже 59 уд/мин при сохранении правильного синусового ритма называется брадикардией. Среди здоровых людей синусовая брадикардия часто наблюдается у спортсменов и во время сна.

Задание: рассчитайте ЧСС по средней длительности интервала RR и сделайте заключение (нормокардия, брадикардия или тахикардия).

$$\text{ЧСС} = \text{_____} : \text{_____} = \text{_____} \text{ в 1 мин.}$$

Заключение: _____.

4. Оценка проводимости.

Признаком нарушения функции проводимости (замедления проведения импульса по структурам сердца) на ЭКГ является увеличение длительности её элементов. Для оценки проводимости измеряют длительность зубца P, которая характеризует время проведения возбуждения **по предсердиям** (в норме 0,08–0,1 с), длительность интервала PQ или PR (время проведения по предсердиям, атрио-вентрикулярному соединению и пучку Гиса, т. е. время проведения возбуждения **от предсердий к желудочкам**) (в норме 0,12–0,2 с) и общую длительность желудочкового комплекса QRS (проведение возбуждения **по желудочкам**) (в норме 0,06–0,1 с). Если время проведения превышает верхнюю границу нормы, считают, что проводимость снижена.

Продолжительность зубцов и интервалов измеряют во II стандартном отведении.

Задание: Длительность зубца P: _____ норма _____
интервала PQ: _____ норма _____
комплекса QRS: _____ норма _____

Сравните с нормой и сделайте заключение о наличии или отсутствии нарушения проводимости в различных отделах сердца.

Заключение: проводимость _____.

5. Оценка амплитуды зубцов ЭКГ во II стандартном отведении.

Таблица 21.1

| Зубцы ЭКГ | Норма (в мм) | | Получено при измерении |
|-----------|--------------|-------|------------------------|
| | мин. | макс. | |
| P | 0,5 | 2 | |
| Q | 0 | 3 | |
| R | 10 | 20 | |
| S | 0 | 6 | |
| T | 2 | 5 | |

6. Оценка длительности зубцов и интервалов ЭКГ во II отведении.

Таблица 21.2

| Зубцы и интервалы | Норма (в секундах) | | Получено при измерении |
|-------------------|--------------------|-------|------------------------|
| | мин. | макс. | |
| P | 0,06 | 0,11 | |
| Q | 0 | 0,03 | |
| R | 0,03 | 0,09 | |
| S | 0 | 0,03 | |
| T | 0,05 | 0,25 | |
| PQ | 0,12 | 0,20 | |
| QRS | 0,03 | 0,10 | |
| QT | 0,325 | 0,450 | |
| RR | 0,67 | 1,00 | |

7. Оценка направления зубцов ЭКГ во II отведении:

зубцы _____ направлены вверх (положительны),

зубцы _____ направлены вниз (отрицательны),

зубцы _____ отсутствуют.

8. Оценка формы зубцов ЭКГ во II отведении:

зубцы _____ острые,

зубцы _____ уплощённые,

наличие других форм зубцов _____ (двухфазные и др.).

9. 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 не превышает 1 мм.

Измеренное отклонение сегмента ST от изолинии составляет (используя «+» или «-»): _____ мм.

Заключение: признаки ишемии миокарда _____

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ по анализу ЭКГ: ритм _____,

_____, ЧСС _____ в 1 мин, проводимость _____,

признаки ишемии миокарда _____

Работа 21.2. ОСНОВЫ ФОНОКАРДИОГРАФИИ



Для изучения основ фонокардиографии используется компьютерная программа «Heart Sounds».

1. «General Tutorials» → «Introduction of Auscultation» → «Introduction to the Phonocardiogram». Прослушайте и отметьте различия между звуками низкой, высокой частоты и шумом.

2. Раздел «Listening Areas». С помощью курсора найдите основные точки выслушивания тонов сердца на грудной клетке:

– в 5-м межреберье слева, по среднеключичной линии, в области верхушки сердца (*Apex*), находится точка выслушивания I и II тонов;

– во 2-м межреберье по правому краю грудины (*Aortic Area*), выслушивается II тон (аортальный компонент);

– во 2-м межреберье по левому краю грудины (*Pulmonic Area*), выслушивается II тон (компонент а. pulmonalis);

– по нижнему левому краю грудины, в области проекции трехстворчатого клапана правого желудочка (*Lower Left Sternal Border*), выслушиваются звуки закрытия трехстворчатого клапана и изгнания крови в а. pulmonalis.

3. «Introduction of Auscultation» → «Normal First and Second Sounds at Apex and Base» → «First Sound — Mitral and Tricuspid Valve Closure». Просмотрите изображение систолы и диастолы сердца, динамику закрытия митрального и трикуспидального клапанов и их вклад в формирование I тона сердца, который выслушивают на верхушке.

Затем: «Second Sound — Aortic and Pulmonary Valve Closure». Просмотрите изображение систолы и диастолы сердца, изучите динамику закрытия клапанов сосудов и их главный вклад в формирование II тона, который выслушивают во 2-м межреберье парастернально.

Задание: заполните пробелы.

1. I тон сердца возникает в начале фазы _____ периода _____ сердечного цикла. Основной причиной возникновения I тона сердца является _____

Возникновение I тона совпадает по времени с _____ на ЭКГ и предшествует _____ на сфигмограмме.

2. II тон сердца возникает в начале фазы _____ периода _____ сердечного цикла и совпадает с возникновением _____ на сфигмограмме. Основной причиной возникновения II тона сердца является _____

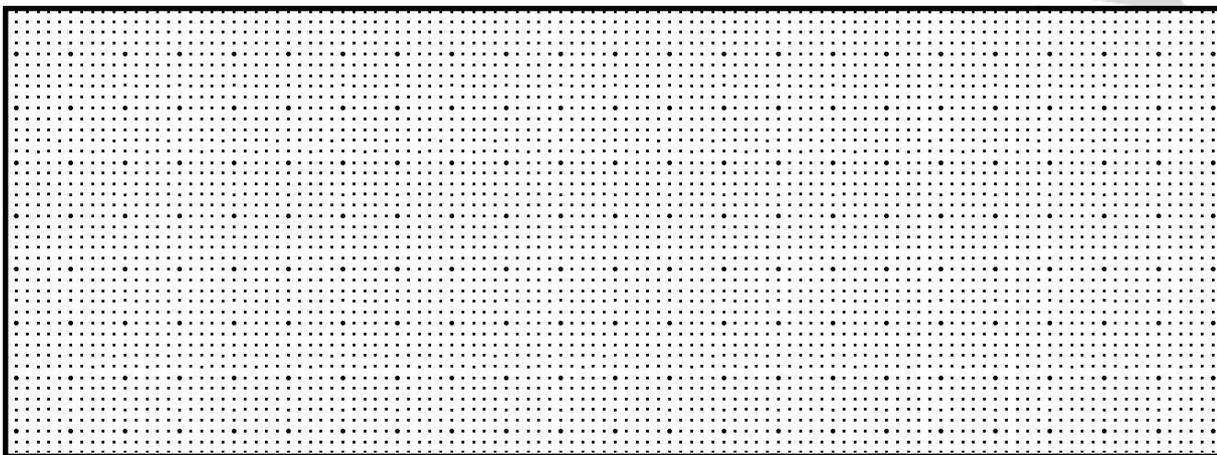
3. В промежутке между I и II тонами сердца объём желудочков _____, давление крови в них _____, в промежутке между II и III тонами объём желудочков _____, давление крови в них _____.

Работа 21.3. РЕГИСТРАЦИЯ И АНАЛИЗ ФОНОКАРДИОГРАММЫ (ЗАПИСАННОЙ СИНХРОННО С ЭКГ)

Ход работы. Помещение, в котором производят запись ФКГ, должно быть изолировано от шумов. Фонокардиограмму записывают на одном из каналов электрокардиографа с помощью микрофона и фонокардиографической приставки. Микрофон укрепляют на грудной клетке лежащего пациента в области вер-

хушечного толчка. Накладывают электроды для регистрации ЭКГ, записывают калибровочный сигнал (1 мВ = 10 мм). ФКГ и ЭКГ регистрируют при задержке дыхания на выдохе. Скорость движения ленты электрокардиографа обычно равна 50 мм/с.

Фонокардиограмма и электрокардиограмма (зарисовать синхронную запись двух кривых)



Анализ ФКГ:

1. Наличие тонов (каких) — _____ и шумов — _____.
2. Длительность I тона — _____ (норма 0,07–0,13 с).
3. Длительность II тона — _____ (норма 0,06–0,10 с).

Вывод (сравните полученные данные с нормой): _____

Работа 21.4. ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА (УЗИ) (демонстрация)



Изучение основ УЗИ проводится с помощью компьютерной программы «Heart Sounds» (подробная теоретическая информация в учебно-методическом пособии [4]).

1. «General Tutorials» → «Introduction to Cardiac Imaging Modalities» → «Transthoracic Echocardiogram». На появившемся видеоизображении слева (В-режим) видно динамическое изображение изменений толщины межжелудочковой перегородки, полостей желудочков, положения створок митрального и аортального клапанов. Нажимая попеременно «Labels» и «Play» изучите УЗ-изображение перечисленных структур сердца. На изображении справа (М-режим) проанализируйте изменения толщины межжелудочковой перегородки во время систолы и диастолы сердца.

Обратите внимание на характер движений передней и задней створок митрального клапана, отметьте меньшую амплитуду движений задней створки митрального клапана и противоположное направление этих движений в сравнении с движениями передней створки.

На кривой движения передней створки митрального клапана выделяют несколько участков, имеющих буквенные обозначения:

- 1) интервал $c-d$ соответствует систоле левого желудочка и полному смыканию створок клапана;
- 2) интервал $d-e$ отражает расхождение створок клапана во время фазы быстрого наполнения левого желудочка;
- 3) интервал $e-f$ отражает неполное прикрытие клапана во время фазы медленного наполнения;
- 4) волна a обусловлена повторным расхождением створок клапана во время систолы левого предсердия.

Сопоставьте эти элементы УЗ-динамики движения створок митрального клапана с изменениями элементов ЭКГ и другими показателями УЗ-изображения.

2. Активируйте другой значок в виде кружка серого цвета под УЗ-изображением слева. Направление длинной оси распространения УЗ-волн пройдёт через корень аорты. На появившемся справа УЗ-изображении наблюдайте динамику изменений размеров правого желудочка (RV) и левого предсердия (LA), положения створок аортального клапана. Для их идентификации нажимайте попеременно «**Labels**» и «**Play**».

3. Перейдите в «**Transesophageal Echocardiogram**» и, используя пищеводный доступ, изучите последовательность изменения положения створок аортального клапана и размеров левого желудочка во время сердечного цикла. Нажмите «**Switch Axis**», повернув на 90° ось распространения УЗ-волн, и изучите движение створок аортального клапана и правого желудочка (RVO).

4. Вспомните структуру сердечного цикла, перейдя в окно «**General Tutorials**» с помощью стрелки  и повторив работу 19.6.

Для выхода из программы нажмите «**Exit**», «**Yes**», «**Exit**».

Задание. 1. Ответьте, как изменяются во время систолы желудочков: толщина межжелудочковой перегородки _____, длина сосочковых мышц _____, объём желудочков в фазу изометрического сокращения _____.

2. По результатам УЗИ сердца двух пациентов рассчитайте фракцию выброса (ФВ) и оцените сократительную способность их миокарда.

Формула для расчёта ФВ: _____.

| 1-й пациент | 2-й пациент |
|---|---|
| КДО = 130 мл | КДО = 135 мл |
| УО = 80 мл | УО = 55 мл |
| ФВ = _____ : _____ × _____ = _____ | ФВ = _____ : _____ × _____ = _____ |
| Вывод: сократительная способность миокарда _____ (не нарушена, снижена) | Вывод: сократительная способность миокарда _____ (не нарушена, снижена) |

3. Ультразвуковое исследование сердца позволяет оценить: _____

| | |
|--------------------------------|--|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 22. РЕГУЛЯЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ. ЗАНЯТИЕ 1 **(регуляция работы сердца)**

Основные вопросы:

1. Важнейшие показатели работы сердца (ЧСС, УО, сократимость). Зависимость МОК, давления крови и органного кровотока от работы сердца.
2. Классификация механизмов регуляции деятельности сердца. Интракардиальные механизмы регуляции сердечной деятельности.
3. Экстракардиальные механизмы регуляции сердечной деятельности. Характеристика влияний парасимпатических и симпатических нервов и их медиаторов на работу сердца: основные эффекты и их механизмы.
4. Рецепторные, ионные и молекулярные механизмы влияния нейромедиаторов и катехоламинов на частоту и силу сокращений сердца.
5. Механизмы рефлекторной регуляции сердечной деятельности. Тонус нервных центров, влияющих на работу сердца.
6. Характеристика основных рефлекторных реакций сердца на раздражение сосудистых и внесосудистых рефлексогенных зон.
7. Гуморальные механизмы регуляции работы сердца: влияние катехоламинов, тиреоидных гормонов, ангиотензина II, электролитов и метаболитов.
8. Характеристика работы сердца в условиях физических и психоэмоциональных нагрузок (ЧСС, УО, МОК, сократимость, коронарный кровоток, метаболизм).

Вопросы для самоподготовки:

1. Приведите уравнение, отражающее связь между АД крови, сопротивлением кровотоку, ЧСС и УО сердца.
2. Как изменятся следующие показатели: выход K^+ , возбудимость кардиомиоцитов, ЧСС, длительность интервалов PQ, RR, величина КСО, сократимость миокарда, энергозатраты миокарда, МОК, АД крови при усилении парасимпатических влияний на сердце?
3. Как и почему изменятся вышеперечисленные показатели при воздействии на сердце: антагонистов H-холинорецепторов (например, миорелаксанта d-тубокурарина), антагонистов M₂-холинорецепторов (атропина)?
4. Как изменятся следующие показатели: активность аденилатциклазы кардиомиоцитов, вход Ca^{2+} в клетку, возбудимость кардиомиоцитов, ЧСС, длительность интервалов PQ, RR, величина КСО, сократимость миокарда, энергозатраты и потребление кислорода миокардом, МОК, АД крови при усилении симпатических влияний на сердце?
5. Как и почему изменятся перечисленные в предыдущем вопросе показатели при воздействии на сердце блокаторов β -адренорецепторов?
6. Как рефлекторно изменится работа сердца в ответ на быстрое повышение системного АД? Опишите звенья рефлекторной дуги.
7. Как рефлекторно изменится работа сердца при быстром повышении АД в лёгочной артерии?
8. Почему во время оперативного вмешательства на органах брюшной полости возможно рефлекторное угнетение сердечной деятельности?

9. Какие изменения ЧСС, УО, МОК, АД возникают при быстром переходе человека из горизонтального положения в вертикальное?

10. Как и почему изменится работа сердца под влиянием: значительного избытка ионов K^+ ; избытка ионов Ca^{2+} ; передозировки блокаторов кальциевых каналов; ангиотензина II?

11. При нарушении кровоснабжения миокарда в межклеточной жидкости повышается концентрация ионов K^+ . Как это повлияет на генерацию потенциалов действия в волокнах миокарда?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*

2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 55–68, 133–139.*

3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 56–68, 130–136.*

4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 290–297.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 22.1. ПРОСМОТР УЧЕБНОГО ВИДЕОФИЛЬМА

 Просмотрите учебный видеофильм: «Влияние некоторых веществ на изолированное сердце лягушки» (5:18). Полученную информацию используйте для выполнения работы 22.4.

Работа 22.2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ НА РЕАКТИВНОСТЬ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ.



Функциональные пробы позволяют выявлять скрытые нарушения в регуляции деятельности сердца, незаметные в условиях физиологического покоя.

Дыхательная проба (дыхательно-сердечный рефлекс Геринга)

Ход работы. У испытуемого в положении лежа после 5-минутного периода покоя подсчитайте частоту пульса. Затем попросите испытуемого сделать глубокий вдох и задержать дыхание. Через 10 с после начала задержки повторно подсчитайте частоту пульса (за 15 секунд и умножьте на 4). Принципы оценки результатов исследования см. в работе 15.4.

Результаты.

Изменения частоты пульса (ЧП) у испытуемого при задержке дыхания:

| | ЧП исходная (ЧП _{исх}) | ЧП во время задержки дыхания (ЧП _{ввзд}) | Разность (ЧП _{ввзд} –ЧП _{исх}) (норма от /-4/ до /-7/) |
|------------|----------------------------------|--|---|
| ЧП за мин. | | | |

Объясните изменения на ЭКГ, полученные при задержке дыхания _____

Заключение: тонус парасимпатического отдела АНС _____.

Проба Данини–Ашнера.

Ход работы. У испытуемого в положении лежа после 5-минутного отдыха после предыдущей работы подсчитайте частоту пульса. Затем большими пальцами в течение 15–25 с осторожно надавливайте на глазные яблоки до появления лёгкого болевого ощущения. Прекратите надавливание и немедленно вновь подсчитайте частоту пульса (за 15 секунд и умножьте на 4).

В норме при надавливании на глазные яблоки частота пульса у человека снижается на 4–9 уд/мин.

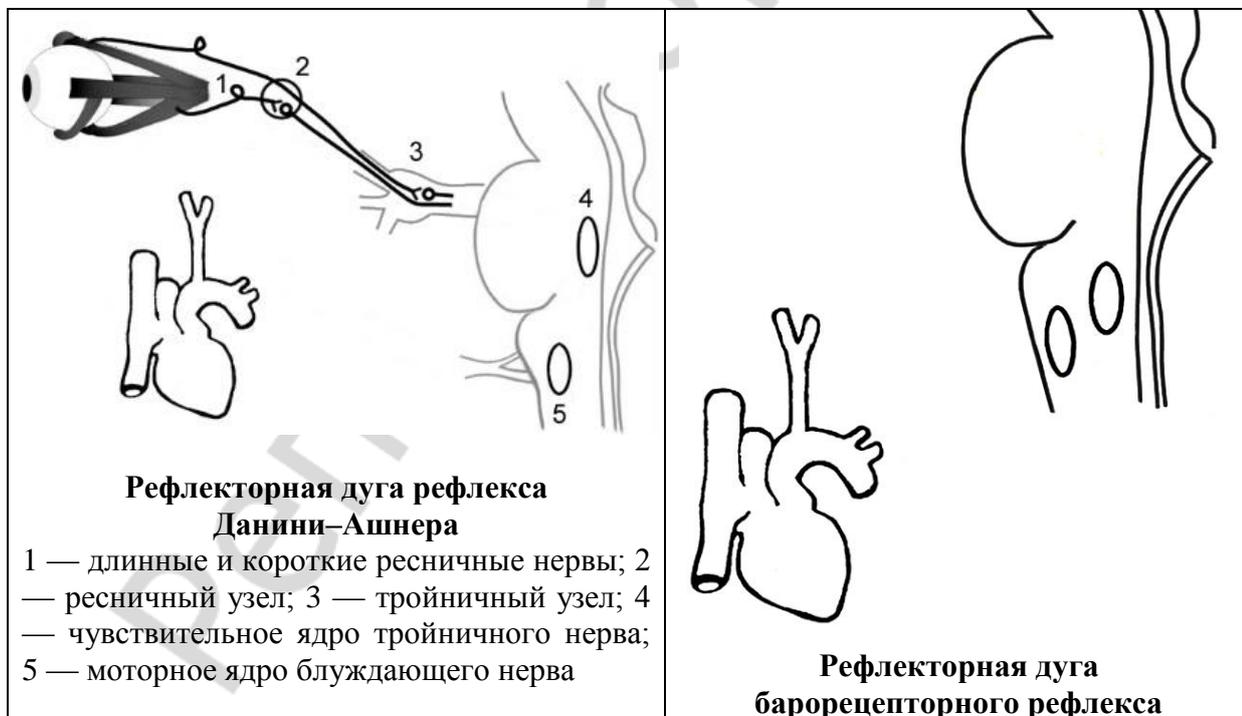
Снижение частоты пульса более чем на 10 уд/мин указывает на повышение возбудимости парасимпатической части автономной нервной системы. Снижение частоты пульса менее чем на 4 удара или увеличение частоты пульса (извращенная реакция) указывают на преобладание тонуса симпатической части АНС.

Результаты.

Изменения частоты пульса (ЧП) у испытуемого при надавливании на глазные яблоки:

| | ЧП исходная (ЧП _{исх}) | ЧП после прекращения воздействия (ЧП _{пнв}) | Разность (ЧП _{пнв} –ЧП _{исх}) (норма от /-4/ до /-9/) |
|------------|----------------------------------|---|---|
| ЧП за мин. | | | |

Сделайте заключение о состоянии тонуса парасимпатического отдела АНС у испытуемого во время исследования: _____.



Какие изменения ЭКГ могут произойти при осторожном надавливании на точки проекции каротидного синуса на шее? _____

Холодовая проба

Холодовая проба широко применяется для стимуляции симпатического отдела автономной нервной системы и оценки его тонуса.

Ход работы. У испытуемого в положении лежа после 5-минутного отдыха после предыдущей работы подсчитайте частоту пульса. Затем попросите испытуемого на 15–20 с погрузить руку в холодную воду (+4 °С). Прекратите охлаждение руки и немедленно вновь подсчитайте частоту пульса (за 15 секунд и умножьте на 4). Принципы оценки результатов исследования см. в работе 15.3.

Результаты.

Изменения частоты пульса (ЧП) у испытуемого при холодной пробе:

| | ЧП исходная (ЧП _{исх}) | ЧП после прекращения воздействия (ЧП _{пнов}) | Разность (ЧП _{пнов} –ЧП _{исх}) (норма от /+6/ до /+24/) |
|------------|----------------------------------|--|---|
| ЧП за мин. | | | |

Объясните какие изменения на ЭКГ могут произойти при охлаждении руки

Заключение: тонус симпатического отдела АНС _____.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ о состоянии тонуса симпатического и парасимпатического отделов АНС у испытуемого во время исследования: _____.

Работа 22.3. КЛИНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Описание работы см. выше в занятии «Физиология автономной нервной системы».

При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 1–6 уд/мин.

Ход работы. У испытуемого в положении стоя после 4–6 мин отдыха несколько раз определяют пульс до получения стабильных показателей. Затем через 45 с после перехода испытуемого в положение лежа ещё раз в течение 15 с подсчитывают пульс, умножают на 4.

| ПРОТОКОЛ | | |
|------------------------|------------------|--|
| Частота пульса, уд/мин | | |
| в положении стоя | в положении лёжа | разность пульса [ЧП лёжа–ЧП стоя] (норма от /-1/ до /-6/) |
| | | |

Опишите механизм изменения ЧП у испытуемого: *переход в положение лежа* → _____

Вывод: _____

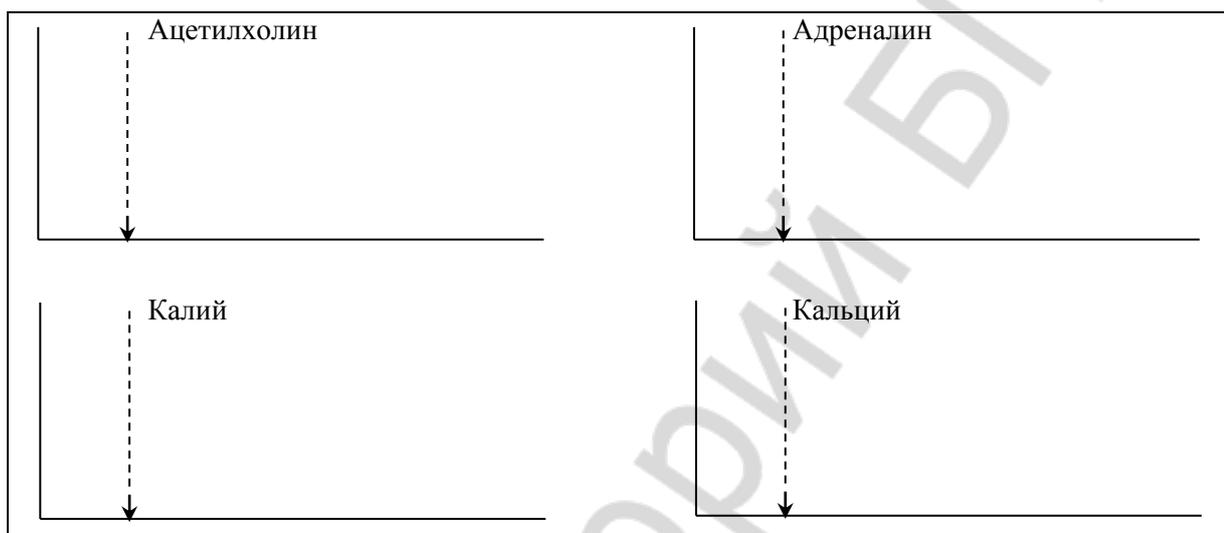
Работа 22.4. ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ НА РАБОТУ ИЗОЛИРОВАННОГО СЕРДЦА ЛЯГУШКИ (демонстрация учебных видеофильмов)



Препарат изолированного сердца лягушки — один из классических объектов физиологических экспериментов, применяемый для изучения гуморальных механизмов регуляции сердечной деятельности.

Результаты. Нарисуйте механокардиограмму сердца лягушки, перфузируемого раствором Рингера, отражающую влияние на работу сердца ацетилхолина (1), адреналина (2), избытка ионов калия (3), кальция (4).

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 22.5. 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. Преганглионарный нейрон — локализация _____ | 1. Преганглионарный нейрон — локализация _____ |
| 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 миокарда _____ | 5. Преимущественно иннервируемые структуры миокарда _____ |
| 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 _____ |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 23. РЕГУЛЯЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ. ЗАНЯТИЕ 2

Основные вопросы:

1. Сосудистый тонус (базальный, покоя, при действии АНС и сосудодвигательных веществ). Природа сосудистого тонуса. Механизмы его поддержания. Регуляция сосудистого тонуса как основной механизм поддержания давления крови в системном кровотоке и местного кровотока.

2. Рефлекторные механизмы регуляции кровообращения. Сердечно-сосудистый и сосудодвигательный центр (СДЦ), его афферентные и эфферентные связи. Важнейшие рефлексогенные зоны сердечно-сосудистой системы.

3. Кратковременные (быстрые) механизмы регуляции АД крови посредством рефлекторного изменения работы сердца и периферического сопротивления кровотоку. Роль отрицательной обратной связи. Ортостатическая и клино-статическая пробы.

4. Среднесрочные (промежуточные) нейрогуморальные механизмы регуляции АД крови: эффекты ангиотензина II при активации РААС, изменение транскапиллярного обмена и тонуса вен.

5. Долговременные нейрогуморальные механизмы регуляции АД крови: эффекты альдостерона, АДГ, предсердного натрийуретического пептида, изменение ОЦК. Роль выделительных органов в долговременной регуляции объёма циркулирующей крови и АД крови.

6. Роль ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) в регуляции объёма циркулирующей крови и АД крови.

7. Гуморальная регуляция кровообращения. Сосудосуживающие и сосудорасширяющие эндогенные вещества. Рецепторные механизмы регуляции тонуса гладкомышечных клеток сосудов нейромедиаторами и катехоламинами.

8. Механизмы регуляции регионального кровотока. Влияние нервных, гормональных, метаболических, миогенных механизмов и факторов, секретируемых эндотелием, на тонус гладкомышечных клеток сосудов.

9. Функциональная система, обеспечивающая регуляцию системного АД. Физиологические предпосылки нарушения уровня АД и теоретические основы коррекции этих нарушений.

10. Особенности кровотока и его регуляции в коронарных, церебральных, лёгочных, почечных, чревных и кожных сосудах (особенности реагирования на изменение $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и другие метаболические факторы, особенности поглощения кислорода (величина коэффициента утилизации кислорода), относительная величина и стабильность кровотока).

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличается базальный тонус сосудов от тонуса покоя?

2. Как изменится тонус ГМК сосудов при уменьшении кальциевой проницаемости плазматической мембраны?

3. Опишите последовательность артериального барорецепторного рефлекса, возникающего в ответ на быстрое снижение АД крови.

4. Как изменится тонус прессорного и депрессорного отделов СДЦ в ответ на быстрое повышение системного АД крови; уменьшение $p\text{O}_2$, увеличение $p\text{CO}_2$, увеличение рН крови; эмоциональное напряжение?

5. Как изменится АД, ЧСС и тонус сосудов при увеличении давления в лёгочной артерии?
6. Почему при умеренном волнении человека его кожные покровы краснеют, а при выраженном волнении — бледнеют?
7. Что такое «реакция перераспределения кровотока»? Какие механизмы лежат в её основе?
8. Каковы стимулы для секреции предсердного натрийуретического фактора, какое действие он оказывает на тонус сосудов и на функцию почек?
9. В каких органах и тканях органный кровоток в покое пропорционален их метаболическим потребностям, в каких он выше? Почему?
10. Как изменяется тонус артериальных сосудов скелетных мышц, кожи, миокарда, органов пищеварения при физической нагрузке?
11. В чем заключается миогенный механизм ауторегуляции органного кровотока? Каково физиологическое значение этого механизма?
12. У пациента артериальное давление снизилось до 100/70 мм рт. ст., затем до 60/30 мм рт. ст. Охарактеризуйте кровоток в сосудах почек.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 103–134.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 102–131.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 308–327.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 23.1. ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОБА

Для оценки состояния АНС применяются *пробы с переменной положения тела в пространстве*. По реакции сердечно-сосудистой системы на это возмущающее воздействие судят о функциональном состоянии регуляторных систем, их способности обеспечить постоянство внутренней среды в различных ситуациях. Ортостатическая проба характеризует тонус преимущественно симпатического отдела АНС (СНС).

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.

Для проведения ортостатической пробы чаще используется активная методика 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 табл. 23.2.

Оценка результатов: а) по изменению пульса и давления на **первой минуте** судят о возбудимости СНС; б) показатели **2–10 минут** характеризуют процесс восстановления тонуса АНС, изменившегося при перемене положения тела.

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.

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. 23.1).

При **физиологическом типе** наблюдается умеренное увеличение ЧСС, умеренное снижение АД_{сис} и повышение 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 23.1

| Тип реакции | ЧСС | АД _{сист} | АД _{диа} |
|---------------------------------------|-----|--------------------|-------------------|
| физиологический | ↑ | ↓ | ↑ |
| первичный гиперсимпатикотонический | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ |
| вторичный гиперсимпатикотонический | ↑↑ | ↓↓ | ↑↑ |
| гипосимпатикотонический | ↑ | ↓↓ | ↓↓ |
| симпатико-астенический | ↓↓ | ↓↓ | ↓↓ |

Указания к оформлению протокола.

С учетом графических данных таблицы 23.1 и полученных результатов, внесенных в таблицу 23.2, сделайте заключение о тоне СНС и типе гемодинамических реакций на ортостатическую пробу у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Таблица 23.1

| Время | ЧСС уд./мин | откл. (уд. в мин и стрелкой) | АД _{сист} , мм рт. ст. | откл. (мм рт. ст. и стрелкой) | АД _{диа} , мм рт. ст. | откл. (мм рт. ст. и стрелкой) |
|---------------------------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| В положении лежа (средн. значение) | | – | | – | | – |
| В вертикальном положении: 1-я мин | | | | | | |
| 5-я мин | | | | | | |
| 10-я мин | | | | | | |
| Тонус СНС | | | | | | |
| Тип реакции | | | | | | |

Работа 23.2. АНАЛИЗ РЕЦЕПТОРНЫХ И ИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ И РАБОТЫ СЕРДЦА (проводится студентами самостоятельно под контролем преподавателя)



Работа проводится с использованием компьютерной программы «Prat». Подробное описание программы смотрите в работе 1.1.

Блокаторы кальциевых каналов (такие как нифедипин, верапамил, амлодипин и др.) и донаторы оксида азота (нитроглицерин, изосорбида динитрат) широко используются врачами в практической деятельности. Целью работы является изучение механизмов влияния указанных групп лекарственных средств на работу сердца и тонус сосудов.

Ход работы. Внесите полученные данные в табл. 23.3.

Таблица 23.3

Влияние некоторых сосудоактивных веществ на артериальное давление крови и работу сердца

| Воздействия на сердце | ЧСС | АД _{сист} | АД _{диаст} | АД _{срд} |
|---|-----|--------------------|---------------------|-------------------|
| Исходные показатели | | | | |
| Введение нифедипина (блокатор Ca ²⁺ каналов) 2 мг/кг | | | | |
| Введение нифедипина (блокатор Ca ²⁺ каналов) 10 мг/кг | | | | |
| Введение нифедипина (блокатор Ca ²⁺ каналов) 20 мг/кг | | | | |
| Введение изосорбида динитрата (источник образования оксида азота) 100 мг/кг | | | | |

Вывод: блокада Ca²⁺ каналов нифедипином ___ (↑↓) ЧСС, ___ (↑↓) АД_{сист}, АД_{диаст} и АД_{срд} происходит благодаря _____ Ca²⁺ каналов кардиомиоцитов и ГМК сосудов. Изосорбида динитрат (источник образования NO) вызывает ___ (↑↓) АД_{сист}, АД_{диаст} и АД_{срд} вследствие ___ (↑↓) тонуса сосудов.

Заполните пропуски в ответах на вопросы, представленные в таблице 23.4, по особенностям иннервации и влияния парасимпатического и симпатического отделов автономной нервной системы на тонус сосудов. **Задание выполняется дома самостоятельно** при подготовке к лабораторному занятию.

Таблица 23.4

| Парасимпатическая иннервация | Симпатическая иннервация |
|---|--|
| 1. Иннервируемые сосуды _____ | 1. Иннервируемые сосуды _____ |
| 2. Медиатор преганглионарных волокон _____ | 2. Медиатор преганглионарных волокон _____ |
| 3. Тип рецепторов на мембране ганглионарного нейрона _____ | 3. Тип рецепторов на мембране ганглионарного нейрона _____ |
| 4. Основной медиатор постганглионарных волокон _____ | 4. Основной медиатор постганглионарных волокон _____ |
| 5. Тип клеточных рецепторов на эндотелиоцитах сосудов _____ | 5. Типы клеточных рецепторов на ГМК сосудов: 1) _____; 2) _____ |
| 6. Внутриклеточные посредники передачи сигнала _____ | 6. Внутриклеточные посредники передачи сигнала: 1) _____; 2) _____ |
| 8. Изменение состояния ГМК при стимуляции М-холинорецепторов эндотелиоцитов сосудов _____ | 8. Изменение состояния ГМК при стимуляции α ₁ -адренорецепторов _____ β ₂ -адренорецепторов _____ |

Заполните пропуски в тексте:

При увеличении проницаемости плазматической мембраны мышечных клеток для кальция тонус ГМК сосудов _____, при уменьшении — _____. При увеличении проницаемости для кальция мембран эндоплазматического ретикулаума тонус ГМК сосудов _____.

Источниками ионов кальция для сокращения ГМК являются: _____

Основные рецепторы и внутриклеточные посредники, участвующие в регуляции уровня внутриклеточного кальция: _____

Опишите последовательность внутриклеточной передачи сигнала при активации α_1 - и β_2 -адренорецепторов гладкомышечных клеток сосудов:

Норадреналин + α_1 -адренорецептор → ... _____

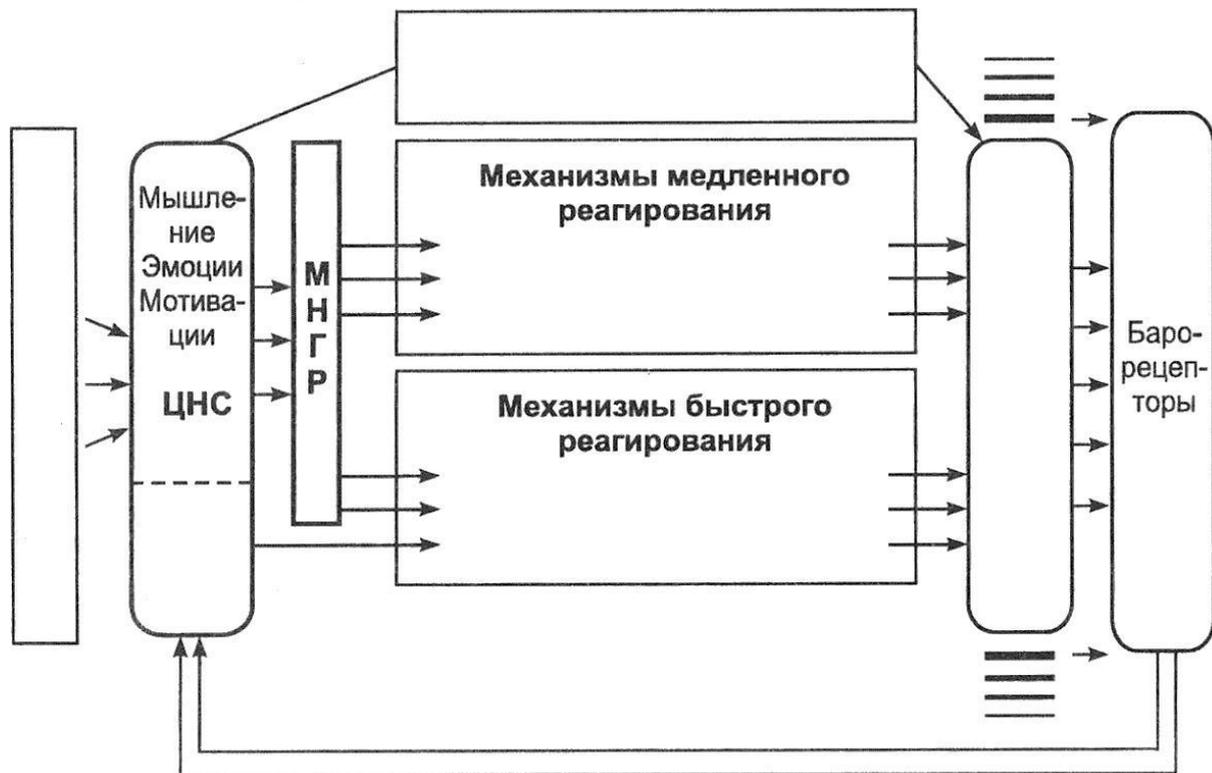
Адреналин + β_2 -адренорецептор → ... _____

Заполните таблицу (включая гормоны, медиаторы и др.):

| Сосудосуживающие вещества | Сосудорасширяющие вещества |
|---------------------------|----------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

**Работа 23.3. ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ
АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ
(выполняется дома самостоятельно)**

Ход работы. Заполните схему функциональной системы регуляции артериального давления крови.



| | |
|--------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 24. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

Основные вопросы:

1. Роль системы кровообращения в обеспечении метаболизма. Круги кровообращения, их функциональная характеристика. Морфологическая и функциональная классификация сосудов. Факторы, обуславливающие движение крови по сосудам.

2. Основной закон гемодинамики — взаимосвязь между давлением крови, объёмной скоростью кровотока и периферическим сопротивлением кровотоку. Факторы, определяющие сопротивление кровотоку.

3. Кровяное давление, его виды и роль. Давление крови в различных участках сосудистого русла. Факторы, определяющие величину артериального давления (АД) (общее периферическое сопротивление, показатели работы сердца и тонуса сосудов, объём циркулирующей крови). Нормальные величины АД, возрастные изменения АД.

4. Методики измерения кровяного давления. Понятие о суточном мониторинге АД.

5. Объёмная и линейная скорости кровотока в различных отделах сосудистого русла. Основные показатели кровотока (давление крови, скорость кровотока, сопротивление) в артериальном, микроциркуляторном и венозном участках сосудистого русла, их графическое изображение. Площадь поперечного сечения сосудов различных отделов сосудистого русла.

6. Артериальный пульс, его происхождение и клинико-физиологические характеристики. Сфигмография, анализ сфигмограммы. Скорость распространения пульсовой волны.

7. Структурно-функциональная характеристика основных компонентов микроциркуляторного русла. Механизмы транскапиллярного обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями.

8. Уравнение Старлинга. Фильтрация и реабсорбция жидкости в капиллярах. Факторы, влияющие на транскапиллярный обмен.

9. Строение и функции лимфатической системы. Лимфообразование и лимфоотток, механизмы их регуляции.

10. Ток крови в венозных сосудах, венозный возврат крови. Давление крови в венах. Центральное венозное давление.

11. Функции предсердий, желудочков и клапанов сердца. Направление потоков крови в сердце. Связь большого и малого кругов кровообращения.

12. Особенности метаболизма и кровоснабжения миокарда в состоянии относительного покоя и при физической нагрузке. Коронарный кровоток в миокарде правого и левого желудочков в систолу и диастолу.

13. Строение и функции проводящей системы сердца. Ход распространения возбуждения по проводящей системе сердца. Особенности проведения возбуждения по АВ-соединению. Градиент автоматии.

14. Автоматия сердца. Механизмы автоматии. Потенциал действия пейсмекерных клеток, его фазы и ионные механизмы. Роль фазы медленной диастолической деполяризации.

15. Физиологические свойства сократительного миокарда. Потенциал действия клеток сократительного миокарда, его фазы и ионные механизмы.

16. Распространение возбуждения по миокарду. Электромеханическое сопряжение. Источники и роль ионов кальция в разных отделах сердца. Механизм сокращения и расслабления типичного кардиомиоцита.

17. Временные соотношения возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда. Роль длительной фазы рефрактерности. Реакция сердечной мышцы на дополнительное раздражение. Понятие об экстрасистоле.

18. Законы сокращения сердца. Роль пред- и постнагрузки. Факторы, определяющие величину пред- и постнагрузки. Работа желудочков сердца.

19. Важнейшие показатели работы сердца (ЧСС, УО, сократимость). Зависимость МОК, давления крови и органного кровотока от работы сердца.

20. Последовательность периодов и фаз сердечного цикла. Положение клапанов, изменение давления и объёмов крови в полостях сердца в различные фазы сердечного цикла. Сравнительная характеристика насосной функции правого и левого желудочков.

21. Систолический (ударный) и минутный объёмы кровотока в условиях покоя и при физической нагрузке. Методы определения МОК и УО (метод Фика, УЗИ сердца, реография и др.). Показатели сократимости миокарда.

22. Электрокардиография. Виды отведений. Происхождение компонентов ЭКГ. Общий план анализа ЭКГ во II-ом отведении, основные нормативы (длительность зубцов P, Q, R, S, интервала PQ, комплекса QRS, положение сегмента ST). Оценка характера ритма. Расчет ЧСС по средней длительности интервала RR. Понятие об электрической оси сердца. Диагностическое значение ЭКГ.

23. Звуковые проявления сердечной деятельности. Тоны сердца, их происхождение. Аускультация и фонокардиография (ФКГ), диагностическое значение.

24. Механические проявления сердечной деятельности. Верхушечный толчок, артериальный пульс. Сфигмография (СГ).

25. Поликардиография. Сопоставление во времени периодов и фаз сердечного цикла, электрических (ЭКГ), звуковых (ФКГ) и механических (СГ) проявлений сердечной деятельности.

26. Основы ультразвукового исследования сердца (эхокардиографии).

27. Классификация механизмов регуляции деятельности сердца. Интракардиальные механизмы регуляции сердечной деятельности.

28. Экстракардиальные механизмы регуляции сердечной деятельности. Характеристика влияний парасимпатических и симпатических нервов и их медиаторов на работу сердца: основные эффекты и их механизмы.

29. Рецепторные, ионные и молекулярные механизмы влияния нейромедиаторов и катехоламинов на частоту и силу сокращений сердца.

30. Механизмы рефлекторной регуляции кровообращения. Сердечно-сосудистый и сосудодвигательный центр (СДЦ), его афферентные и эфферентные связи. Важнейшие рефлексогенные зоны сердечно-сосудистой системы. Тонус нервных центров, влияющих на работу сердца.

31. Характеристика основных рефлекторных реакций сердца на раздражение сосудистых и внесосудистых рефлексогенных зон.

32. Гуморальные механизмы регуляции работы сердца: влияние катехоламинов, тиреоидных гормонов, ангиотензина II, электролитов и метаболитов.

33. Характеристика работы сердца в условиях физических и психоэмоциональных нагрузок (ЧСС, УО, МОК, сократимость, коронарный кровоток, метаболизм).

34. Сосудистый тонус (базальный, покоя, при действии АНС и сосудодобавляющих веществ). Природа сосудистого тонуса. Механизмы его поддержания. Регуляция сосудистого тонуса как основной механизм поддержания давления крови в системном кровотоке и местного кровотока.

35. Кратковременные (быстрые) механизмы регуляции АД крови посредством рефлекторного изменения работы сердца и периферического сопротивления кровотоку. Роль отрицательной обратной связи. Ортостатическая и клино-статическая пробы.

36. Среднесрочные (промежуточные) (эффекты ангиотензина II при активации РААС, изменения транскапиллярного обмена и тонуса вен) и долговременные (эффекты альдостерона, АДГ, предсердного натрийуретического пептида, изменение ОЦК) нейрогуморальные механизмы регуляции АД крови. Роль выделительных органов в долговременной регуляции объёма циркулирующей крови и АД крови.

37. Роль ренин-ангиотензин-альдостероновой системы в регуляции объёма циркулирующей крови и АД крови.

38. Гуморальная регуляция кровообращения. Сосудосуживающие и сосудорасширяющие эндогенные вещества. Рецепторные механизмы регуляции тонуса гладкомышечных клеток сосудов нейромедиаторами и катехоламинами.

39. Механизмы регуляции регионального кровотока. Влияние нервных, гормональных, метаболических, миогенных механизмов и факторов, секретируемых эндотелием, на тонус гладкомышечных клеток сосудов.

40. Функциональная система, обеспечивающая регуляцию системного АД. Физиологические предпосылки нарушения уровня АД и теоретические основы коррекции этих нарушений.

41. Особенности кровотока и его регуляции в коронарных, церебральных, лёгочных, почечных, чревных и кожных сосудах (особенности реагирования на изменение $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и др. метаболические факторы, особенности поглощения кислорода (величина коэффициента утилизации кислорода), относительная величина и стабильность кровотока).

Практические навыки:

1. Электрокардиография. Общие правила записи (знание) и анализа ЭКГ (умение) во 2-м стандартном отведении (калибровка, ритм, ЧСС, зубцы, интервалы, сегменты).

2. Аускультация сердца. Фонокардиография. Физиологическое значение (знание).

3. Поликардиография. Сопоставление во времени звуковых (ФКГ), механических (сфигмография) и электрических (ЭКГ) проявлений сердечной деятельности. Использование для анализа сердечного цикла (умение).

4. Методы определения объёмной скорости кровотока, УО, ФВ. Ультразвуковое исследование сердца (знание).

5. Прямые и непрямые методы определения давления крови. Факторы, влияющие на точность измерения давления крови (знание).

6. Аускультативный метод определения артериального давления крови. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение). Возможные ошибки при измерении АД (знание).

7. Методы исследования артериального пульса. Определение частоты и ритма сердечных сокращений по пульсу (умение). Анализ сфигмограммы (знание).

8. Расчёт соотношения фильтрация/реабсорбция в различных отделах сосудистого русла (умение).

9. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца: клиностатический рефлекс (умение).

10. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца: ортостатический рефлекс (умение).

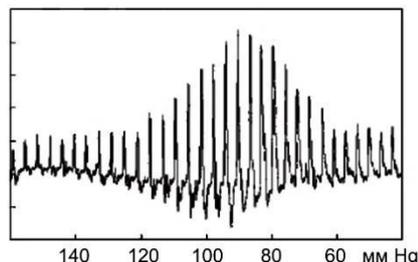
11. Методы оценки тонуса симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца: дыхательно-сердечный рефлекс Геринга (умение).

12. Определение скорости распространения пульсовой волны (знание). Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

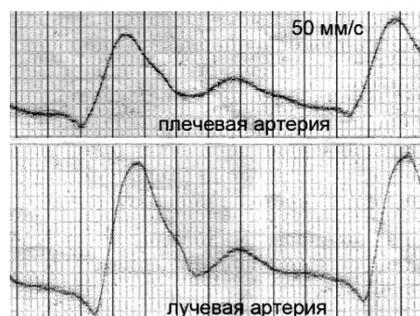
Ситуационные задачи:

1. У пациента 58 лет, опоздавшего на прием к врачу, величина артериального давления составила 170/105 мм рт. ст. Дайте наиболее вероятное физиологическое объяснение полученных показателей АД. Охарактеризуйте вероятное состояние почечного кровотока у пациента.

2. По артериальной осциллограмме определите величину $AD_{\text{сист}}$, $AD_{\text{диаст}}$ и $AD_{\text{срд}}$. Рассчитайте $AD_{\text{пульс}}$. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.



3. Определите скорость распространения пульсовой волны у женщины 72 лет. Расстояние между датчиками 0,72 м. Дайте физиологическую оценку полученным показателям.



4. Рассчитайте объём крови, протекающей через малый круг кровообращения, если содержание кислорода в смешанной венозной крови 6,07 об%, содержание гемоглобина 90 г/л, а потребление $O_2 = 950$ мл/мин. Чему равен КУК у этого человека?

5. Содержание гемоглобина в крови человека составляет 140 г/л. Рассчитайте количество O_2 , которое содержится в крови этого человека, если ОЦК = 5 л.

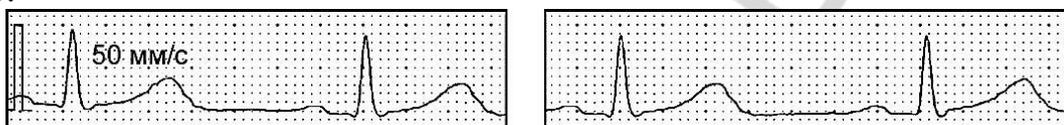
На какое время ему хватило бы этого кислорода при уровне потребления O_2 250 мл/мин, 600 мл/мин.

6. Содержание Hb 120 г/л, МОК — 30 л/мин, КУК — 60 %. Рассчитайте потребление кислорода испытуемым. Каким должен быть МОК, чтобы обеспечить такое же потребление O_2 , если содержание Hb будет 170 г/л?

7. Проанализируйте представленную ЭКГ (II отведение, скорость протяжки ленты 25 мм/с). Имеются ли отклонения от нормальной ЭКГ?



8. На рисунке представлены записи ЭКГ перед исследованием клиностатического рефлекса и в процессе его исследования. Оцените состояние тонуса АНС.



9. Нарисуйте поликардиограмму. После какого зубца ЭКГ и почему возникает II тон ФКГ. Чем обусловлено его возникновение? Как и почему изменится расстояние между II и IV тоном при развитии тахикардии?

10. При ультразвуковом исследовании сердца врач отметил открытие предсердно-желудочковых клапанов. Какая фаза сердечного цикла наблюдается? Как изменяются объём и давление крови в желудочках, толщина их стенок. Нарисуйте синхронную запись ЭКГ и ФКГ и отметьте на ней участок, соответствующий данной фазе. Какой тон сердца будет при этом выслушиваться?

11. Рассчитайте величину эффективного фильтрационного давления и скорость клубочковой фильтрации в нефроне, если гидростатическое давление крови в капиллярах почечного тельца равно 60 мм рт. ст., гидростатическое давление первичной мочи — 10 мм рт. ст., онкотическое давление плазмы крови — 25 мм рт. ст., онкотическое давление первичной мочи — 0 мм рт. ст., коэффициент фильтрации — 5 мл/мин·мм рт. ст.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 6–144.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 6–140.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 271–337.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 24.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → Леч. ф-т. **Итоговое: Физиология кровообращения** или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.

2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ. РЕЗЕРВЫ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ»

Занятие 25. ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ

Основные вопросы:

1. Значение дыхания для организма. Основные этапы процесса дыхания.
2. Физиологическая роль дыхательных путей и лёгких. Механизмы кондиционирования вдыхаемого воздуха.
3. Мертвое пространство: анатомическое и физиологическое. Минутный объём дыхания, альвеолярная вентиляция, максимальная вентиляция лёгких.
4. Понятие о растяжимости лёгких и аэродинамическом сопротивлении. Эластическая тяга и эластические свойства грудной клетки и лёгких. Роль сурфактанта, его функции. Давление в плевральной полости, механизм его формирования, изменения при дыхании.
5. Дыхательные мышцы, их иннервация. Биомеханика вдоха и выдоха.
6. Методы исследования вентиляции лёгких. Спирография, спирометрия. Объёмные показатели вентиляции лёгких, основные лёгочные объёмы и ёмкости.
7. Пневмотахометрия, пневмотахография. Поточковые показатели вентиляции лёгких. Тест (индекс) Тиффно. Кривая «поток – объём».
8. Понятие об obstructивных и рестриктивных нарушениях вентиляции лёгких. Показатели obstructивных и рестриктивных нарушений вентиляции.
9. Лёгочный кровоток, его связь с вентиляцией и гравитацией. Вентиляционно-перфузионное отношение. Зоны Веста.

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. Каким станет давление в плевральной полости при пневмотораксе?
5. Объём форсированного выдоха за 1-ю секунду ($ОФВ_1$) составляет 1,2 л, $ФЖЕЛ = 3,1$ л. Рассчитайте индекс Тиффно и сделайте заключение.
6. Сделайте заключение по следующим показателям дыхания:
 $ЖЕЛ = 92 \%$, $ПОС = 91 \%$ от нормы;
 $МОС_{25} = 93 \%$, $МОС_{50} = 81 \%$, $МОС_{75} = 62 \%$ от нормы;
 Тест Тиффно = 63 %.

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 ¹⁵ |
| ПОС (пиковая объёмная скорость выдоха) | мужчины — 5–10 л/с, женщины — 4–8 л/с; должная величина $ПОС = 1,25 \times ЖЕЛ$ |
| Тест Тиффно | 70–85 % |

¹⁵ У новорождённого — 30–40/мин, в 1–2 мес. — 30–48/мин, 1–3 года — 28–35/мин, 10–12 лет — 18–20/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 144–171.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 141–167.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 598 с. С. 238–249.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 25.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Просмотрите учебный видеофильм «Спирография» (5 мин) и используйте полученную информацию для выполнения работы 25.3.



Ознакомьтесь с учебными видеофильмами в компьютерном классе кафедры, используя их для выполнения лабораторных работ:

1. Спирометрия (0:21).
2. Спирография (0:37).
3. Пневмотахометрия (0:28).
4. Пикфлоуметрия (0:14).

Работа 25.2. СПИРОМЕТРИЯ

Материалы и оборудование. Водный спирометр, разовые дезинфицированные мундштуки (загубники, маски), соединительные шланги. Для полного перекрытия выдоха через нос перед измерением показателей лёгочных объёмов используйте специальный носовой зажим.

1. Определение жизненной ёмкости лёгких.

После максимального вдоха делают медленный максимально глубокий выдох в трубку спирометра, захватив губами мундштук.

Для определения наличия отклонений величины измеренной ЖЕЛ от нормальных значений необходимо сравнить её с должной ЖЕЛ (ДЖЕЛ). Одним из способов расчета ДЖЕЛ является определение её с использованием таблиц Гаррис–Бенедикта (см. Приложение и работу 30.1). По таблицам на основании данных роста, массы тела и возраста определяется величина должного основного обмена, которая затем умножается на коэффициент **2,6** для мужчин или на **2,2** — для женщин. **Различие между измеренной ЖЕЛ и ДЖЕЛ не должно превышать 20 %.**

Результаты: пол испытуемого ____ (м/ж), возраст ____ (лет), рост ____ (см), масса тела ____ (кг); ЖЕЛ = _____, ДЖЕЛ = (_____ + _____) × _____ = _____ мл.
ДЖЕЛ – ЖЕЛ = _____, что составляет _____ % от ДЖЕЛ.

Вывод: _____

2. Влияние положения тела на величину ЖЕЛ.

Определите величину ЖЕЛ в положении стоя, сидя и лежа.

Результаты: ЖЕЛ стоя _____, сидя _____, лежа _____.

Вывод (объясните влияние положения тела на величину ЖЕЛ): _____

3. Влияние скорости выдоха на величину ЖЕЛ (проба Вотчала).

У испытуемого определите ЖЕЛ, затем ФЖЕЛ (форсированная ЖЕЛ). Для определения ФЖЕЛ после максимального вдоха делают *быстрый* максимально глубокий выдох. В норме разность между ЖЕЛ и ФЖЕЛ не превышает 300 мл. Увеличение этой разности свидетельствует о сужении (обструкции) бронхов.

Результаты: ЖЕЛ = _____, ФЖЕЛ = _____, ЖЕЛ – ФЖЕЛ = _____.

Вывод: _____

4. Определение лёгочных объёмов.

Испытуемый должен сделать 5 спокойных выдохов в спирометр. Для определения среднего дыхательного объёма (ДО) полученный общий объём воздуха нужно разделить на 5.

Для определения резервного объёма выдоха (РОВ_{вд}) испытуемый после спокойного выдоха выдыхает оставшийся воздух в спирометр.

Прямое определение резервного объёма вдоха (РОВ_в) с помощью спирометра невозможно, так как прибор предназначен только для выдоха в измерительную ёмкость. Чтобы найти РОВ_в, от ЖЕЛ нужно отнять ДО и РОВ_{вд}.

Результаты:

ДО = _____ мл, _____ % (норма 300–800 мл, 15–20 % от ЖЕЛ).

РОВ_{вд} = _____ мл, _____ % (норма 20–33 % от ЖЕЛ).

РОВ_в = ЖЕЛ – РОВ_{вд} – ДО = _____ мл, _____ % (N 55–66 % от ЖЕЛ).

Вывод (сравните полученные данные с нормой): _____

Работа 25.3. СПИРОГРАФИЯ (демонстрация учебного видеофильма)



Спирография — метод графической регистрации объёмов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Для определения важнейших дыхательных объёмов и ёмкостей при спирографии обычно вначале записывают спокойное дыхание, затем испытуемый должен сделать максимально глубокий вдох и сразу после него максимальный выдох — для определения ЖЕЛ. Затем снова записывают спокойное дыхание. В конце исследования испытуемый должен сделать максимальную гипервентиляцию в течение 12–15 с. В пересчёте на 1 минуту это позволяет определить максимальную вентиляцию лёгких (МВЛ).

Для анализа используйте спирограмму, полученную в работе 25.5.

Спирограмма (нарисовать). Обозначьте дыхательные объёмы и ёмкости.



Таблица 25.1

Анализ спирограммы

| Показатель | Результат измерения | | Норма показателя |
|-----------------------------|---------------------|---|---------------------|
| 1. Частота дыхания | | | 9–20 /мин |
| 2. Ритмичность дыхания | | | ритмичное |
| 3. Дыхательный объём | | | 300–800 мл |
| 4. Резервный объём вдоха | мл | % | 55–66 % от ЖЕЛ |
| 5. Резервный объём выдоха | мл | % | 20–33 % от ЖЕЛ |
| 6. Жизненная ёмкость лёгких | | | 3–7 л |
| 7. Минутный объём дыхания | | | 4–9 л/мин |
| 8. Альвеолярная вентиляция | мл | % | AV = 80–65 % от МОД |

Вывод (сравните полученные данные с нормой): _____

Работа 25.4. 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 выдох через рот. Результат определяют по максимальному отклонению 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:

$$\text{ДПОС} = 1,25 \times \text{ЖЕЛ} = 1,25 \times \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

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 25.5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО СПИРОМЕТРА МАС-1

Таблица 25.2

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 | Максимальная (мгновенная) объёмная скорость в момент выдоха 25 % ФЖЕЛ |
| MEF ₅₀ | МОС ₅₀ | л/с | ----- в момент выдоха 50 % ФЖЕЛ |
| MEF ₇₅ | МОС ₇₅ | л/с | ----- в момент выдоха 75 % ФЖЕЛ |
| MEF ₂₅₋₇₅ | МОС ₂₅₋₇₅ | л/с | Средняя объёмная скорость выдоха от 25 % до 75 % ФЖЕЛ |
| MEF ₇₅₋₈₅ | МОС ₇₅₋₈₅ | л/с | ----- от 75 % до 85 % 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 максимальный спокойный 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.

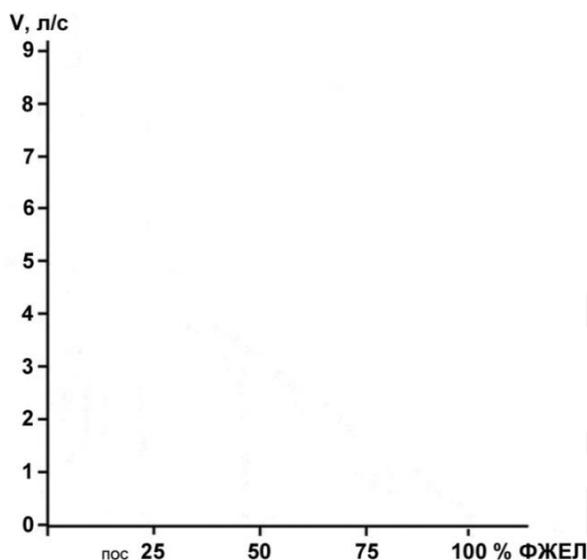
Таблица 25.3

| Показатели | Величина показателя | | | л, выдох |
|------------------------|---------------------|----------|--------------|----------|
| | Измеренная | Должная | % от должной | |
| ФЖЕЛ | л ¹⁶ | 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 | |
| МОС _{25–75} | 1,52 л/с | 4,26 л/с | 36 | |
| МОС _{75–85} | 0,36 л/с | 1,00 л/с | 36 | |

На основании приведенных результатов (ПОС, МОС₂₅, МОС₅₀ и МОС₇₅) 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.

¹⁶ Определить по графику справа ФЖЕЛ, ОФВ₁ и рассчитать индекс Тиффно.

Кривая «поток – объём»



На основании всех полученных данных сделайте заключение о наличии или отсутствии признаков обструктивных и рестриктивных нарушений внешнего дыхания у обследуемого.

Вывод: _____

Работа 25.6. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НАЗАЛЬНОГО КЛИРЕНСА

Исследование подвижности ресничек эпителия полости носа (назального клиренса) позволяет получить достаточно точное представление о состоянии лёгочного клиренса. В клинической практике для скрининга дисфункции ресничного эпителия дыхательной системы используется *сахариновый тест*.

Материалы и оборудование. Сахарин в таблетках по 1 мм³, пинцет.

Ход работы. Исследование проводится не ранее, чем через две недели после ОРВИ или обострения хронического процесса в дыхательной системе.

Испытуемому, сидящему на стуле вертикально с несколько наклонённой вперёд головой, на медиальную часть нижнего носового хода назальным пинцетом помещают 1 таблетку сахарина и измеряют время от введения сахарина в носовую полость до появления ощущения сладкого вкуса во рту. Во время проведения теста пациента просят не втягивать резко воздух и не чихать. В норме это время составляет 5–8 мин.

При инфекционных заболеваниях, хронических ринитах или синуситах, воздействии токсических газов и тому подобных состояниях указанное время увеличивается до 9–30 мин и более.

Полученные результаты: время назального клиренса составило ____ мин.

Заключение. Направление тока слизи в полости носа от _____
в сторону _____

обеспечивается биением ресничек мерцательного эпителия. Признаки нарушения назального клиренса _____ (выявлены, не выявлены).

Занятие 26. ГАЗООБМЕН В ЛЁГКИХ И ТКАНЯХ. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ

Основные вопросы:

1. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
2. Относительное постоянство состава альвеолярного воздуха и механизмы его поддержания. Парциальное давление кислорода и углекислого газа в атмосферном, выдыхаемом и альвеолярном воздухе и напряжение их в крови. Расчёт парциального давления газа в смеси газов.
3. Газообмен в лёгких. Факторы, влияющие на процессы диффузии газов между альвеолярным воздухом и кровью. Диффузионная способность лёгких по кислороду.
4. Транспорт кислорода кровью. Транспортные формы кислорода. Кислородная ёмкость крови (КЕК). Оксигеметрия. Пульсоксиметрия.
5. Кривая диссоциации оксигемоглобина, её сдвиги. Факторы, влияющие на сродство гемоглобина к кислороду, их физиологическое значение.
6. Транспорт углекислого газа кровью. Транспортные формы углекислого газа в крови. Взаимосвязь между газообменом кислорода и углекислого газа.
7. Газообмен между кровью и тканями. Коэффициент утилизации кислорода тканями (КУК) в покое и при физической нагрузке.

Вопросы для самоподготовки:

1. Почему выдыхаемый воздух содержит больше кислорода, чем альвеолярный?
2. 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.
3. Какой максимальный уровень оксигемоглобина артериальной крови может быть ориентировочно достигнут у человека, если парциальное давление O_2 в его альвеолярном воздухе составляет 84 мм рт. ст.?
4. Определите КЕК, если содержание гемоглобина в крови составляет 120 г/л.
5. Как изменится сродство гемоглобина к O_2 и диссоциация оксигемоглобина: при ацидозе; при повышении pCO_2 ; при снижении температуры?
6. Чему в среднем равно pO_2 и каково насыщение Hb кислородом в венозной крови?
7. При pO_2 , равном 40 мм рт. ст., в крови содержится 85 % оксигемоглобина. Соответствует ли это норме или является признаком сдвига кривой диссоциации оксигемоглобина вправо или влево?
8. У испытуемого потребление кислорода составляет 250 мл/мин, объём крови — 5 л, содержание Hb — 150 г/л. Рассчитайте количество O_2 , которое содержится в крови этого человека. На какое время ему хватило бы этого количества кислорода при указанном уровне его потребления?
9. Рассчитайте МОК, если потребление кислорода у человека составляет 300 мл/мин, содержание гемоглобина в крови — 140 г/л, КУК — 30 %. Сравните с МОК при содержании гемоглобина в крови 110 г/л и кислорода в венозной крови 13 об%.

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 | 30–40 % |
| при физической нагрузке | 50–60 % |
| Объём кислорода, связываемый 1 г гемоглобина | 1,34 мл |

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 171–190.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 167–186.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 598 с. С. 251–257.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 26.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Просмотрите учебные видеофильмы и используйте полученную информацию при выполнении лабораторных работ:

1. Определение объёма физиологического мёртвого пространства (8 мин).
2. Оксигемография (9 мин).
3. Пульсоксиметрия (15 мин).
4. Картина кислородного статуса крови (10 мин).



Ознакомьтесь с учебными видеофильмами в компьютерном классе кафедры:

1. Кровоток в альвеолах (0:36).
2. Кровоток в тканях (0:24).
3. Эритроциты и кровоток в тканевых капиллярах (0:36).

Работа 26.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА АЛЬВЕОЛЯРНОГО И ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА. РАСЧЕТ ОБЪЁМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЕРТВОГО ПРОСТРАНСТВА (демонстрация учебного видеофильма)



Метод расчета объёма физиологического мертвого пространства (ФМП) 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:

$$\text{ФМП} = \frac{\text{ДО} \times (\% \text{CO}_2_{\text{альв}} - \% \text{CO}_2_{\text{выд}})}{\% \text{CO}_2_{\text{альв}}},$$

где ДО — дыхательный объём, % CO_{2 альв} и % CO_{2 выд} — процентное содержание углекислого газа в альвеолярном и выдыхаемом воздухе, соответственно.

Материалы и оборудование. Высокоточный анализатор углекислого газа, спирометр, спирограф, камера для сбора альвеолярного воздуха.

Ход работы. Для получения выдыхаемого воздуха обследуемый должен сделать 5 спокойных выдохов в спирометр. Для расчета частоты дыхания по секундомеру определяют время выполнения этих 5 дыхательных циклов. Среднюю величину дыхательного объёма (ДО) вычисляют путем деления полученного объёма на 5. Затем определяют содержание CO₂ (% CO_{2 выд}) в собранном выдыхаемом воздухе.

Для определения содержания углекислого газа в альвеолярном воздухе (% CO_{2 альв}) обследуемый должен выдохнуть в специальную камеру только последнюю порцию (300–400 мл) резервного объёма выдоха. Затем полученный альвеолярный воздух пропускают через газоанализатор и определяют в нем содержание CO₂.

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.

Полученные результаты:

ДО = _____ мл, ЧД = _____ мин⁻¹, МОД = _____ мл/мин

% CO_{2 выд} = _____, % CO_{2 альв} = _____, ФМП = _____ мл.

Отношение ФМП / ДО = _____ % (в норме — 20–35 % от ДО).

Показатель ФМП используется для расчета *эффективной* альвеолярной вентиляции (АВ) обследуемого: АВ = МОД – (ЧД × ФМП).

Заключение. Физиологическое мертвое пространство у испытуемого _____

Физиологическое мертвое пространство — это _____

Работа 26.3. ОКСИГЕМОМЕТРИЯ, ОКСИГЕМОГРАФИЯ, ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ (демонстрация учебных видеофильмов)



Перечисленные методы основаны на измерении поглощения (или отражения) света волн определенной длины гемоглобином крови при просвечивании тканей (уха, пальцев и т. д.). Эти методы позволяют непрерывно наблюдать за изменением насыщения крови кислородом и широко используются в клинической практике, особенно в отделениях интенсивной терапии и реанимации.

Влияние задержки дыхания на насыщение крови кислородом

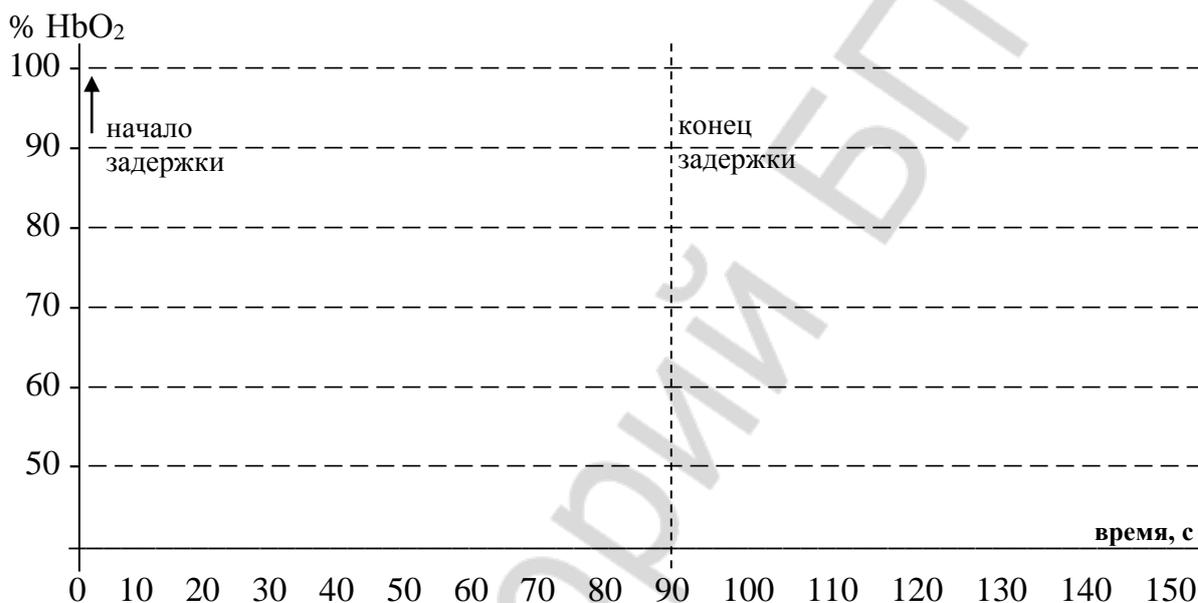
Исследование проводят на здоровых людях. При проведении пробы необходим тщательный контроль за состоянием обследуемого. При резком учащении или ослаблении пульса, появлении аритмии, побледнении или изменении цвета

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):

| Время, с | Задержка дыхания | | | | | | | | Прекращение задержки | | | |
|--------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 10 | 20 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 150 |
| % НвО ₂ | 96 | 96 | 95 | 92 | 88 | 82 | 76 | 68 | 60 | 85 | 92 | 94 |

Полученные результаты представьте в виде графика:



Вывод: (Как изменяется % НвО₂ по ходу задержки дыхания? Как быстро восстанавливается насыщение крови кислородом после возобновления дыхания?) _____

Работа 26.4. 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.

На экране представлена схема вентиляции и кровотока в лёгких, а также ряд показателей, характеризующих дыхание, газообмен и кровотоки.

Показатели, используемые в настоящей работе:

РАО₂ — рО₂ альвеолярного воздуха, 105–110 mmHg.

РаО₂ — рО₂ 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 / кровотока.

Возрастание отношения вентиляция/кровоток ($\uparrow V/Q$) в лёгких может происходить как вследствие увеличения вентиляции ($\uparrow V$), так и в результате снижения кровотока ($\downarrow Q$).

Моделирование гипервентиляция лёгких ($\uparrow V$). 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.

Моделирование снижения лёгочного кровотока ($\downarrow Q$) 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 26.1

| Показатель | В норме | При гипервентиляции через 30 с | При ост. 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 |
| $RR = \text{Част. дых.}$ | 10 /min | | 12/min |
| $TV = \text{ДО}$ | 0,62 L | | 0,80 L |
| $MV = \text{Альв. В.}$ | 4,7 L/min | | 7,66 L/min |

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? _____

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

Занятие 27. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

Основные вопросы:

1. Дыхательный центр, его структура, локализация, функции. Механизмы, обеспечивающие дыхательную периодику. Регуляторные влияния на стволовые отделы дыхательного центра со стороны высших отделов головного мозга.
2. Центральные и периферические рецепторы рН, CO_2 и O_2 в организме, их роль. Факторы, стимулирующие дыхательный центр продолговатого мозга.
3. Рецепторы дыхательных путей, лёгких и дыхательных мышц. Рефлекторные реакции на их раздражение. Рефлексы Геринга–Брейера.
4. Взаимосвязь между газообменом и кислотно-щелочным равновесием.
5. Нервные и гуморальные механизмы регуляции просвета дыхательных путей.
6. Дыхание при мышечной работе, повышенном и пониженном атмосферном давлении.
7. Механизмы первого вдоха новорожденного.
8. Гипоксия и её признаки. Теоретические основы искусственного дыхания.
9. Функциональная система поддержания относительного постоянства дыхательных констант внутренней среды организма.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие последствия для дыхания и других функций будет иметь разрыв спинного мозга на уровне C_1 – C_2 ? C_8 – Th_1 ?
2. Почему в реанимации применяется не чистый кислород, а карбоген — смесь 93–95 % O_2 и 5–7 % CO_2 ?
3. Рассчитайте объём крови, протекающей через малый круг кровообращения, если содержание кислорода в артериальной крови 20 об%, в смешанной венозной — 15 об%, а потребление $\text{O}_2 = 300$ мл/мин.
4. Как изменится дыхание при следующих показателях артериальной крови: pO_2 — 82 мм рт. ст., pCO_2 — 51 мм рт. ст., рН — 7,30?
5. Как изменится рН крови при гипервентиляции? Как изменится дыхание при алкалозе?
6. Как изменится дыхание при стимуляции j-рецепторов (юктакапиллярных)? Что стимулирует эти рецепторы?
7. Какое действие на дыхательные пути оказывают ацетилхолин, гистамин, адреналин?
8. Чем вызывается увеличение вентиляции лёгких при физической нагрузке?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 190–210.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 186–208.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 598 с. С. 257–271.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 27.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ

 Просмотрите учебные видеофильмы и используйте полученную информацию при выполнении лабораторных работ:

1. «Тестирование силы дыхательных мышц» (10 мин).
2. «Влияние увеличения концентрации CO₂ в атмосферном воздухе на внешнее дыхание» (10 мин).
3. «Взаимодействие дыхательной и сердечно-сосудистой системы» (10 мин).

Работа 27.2. ТЕСТИРОВАНИЕ СИЛЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ (демонстрация учебного видеофильма)

 Определение силы дыхательных мышц важно для дифференциальной диагностики нарушений внешнего дыхания, вызванных патологией дыхательной системы или связанными 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. 27.1.

Таблица 27.1

| Давление | Мужчины | Женщины |
|----------|---|---|
| МДВд | 40–130 см вод. ст. (4–13 кПа, 30–95 мм рт. ст.) | 30–90 см вод. ст. (3–9 кПа, 20–65 мм рт. ст.) |
| МДВыд | 120–230 см вод. ст. (12–23 кПа, 85–170 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 27.3. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДИАТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ С ДИАФРАГМАЛЬНОГО НЕРВА НА МЫШЦУ (компьютерная программа Twitch)



Откройте программу «**Twitch**», представляющую модель препарата участка диафрагмальной мышцы («полудиафрагмы») и подходящей к нему ветви диафрагмального нерва. Рассмотрите схему препарата и установки для его инкубации и стимуляции (вывод на экран через **Help**).

Нажав **Continue**, вернитесь к началу записи сокращений диафрагмы и стимулируйте эти сокращения через нерв или мышцу (меню в верхней части экрана — **Stimulator**, затем **Nerve** или **Muscle**). Запишите силу, развиваемую полоской диафрагмы (= грамм). Затем с помощью меню **Drugs** (препараты) поочередно введите перечисленные ниже препараты. Алгоритм введения препарата: **Drugs** — название препарата — **None** (выбор дозы) — **Apply Drug** (введение препарата в перфузионный раствор). Пронаблюдайте влияние введенного препарата на сокращение диафрагмы при её не прямой (через нерв) и прямой стимуляции. Запишите и проанализируйте результат. Затем устраните действие препарата отмытием (меню **Wash, Normal Krebs**). Через 30–60 с произойдет восстановление силы сокращений, и на этом фоне можно вводить новый препарат. Показатели силы сокращения полоски диафрагмы при введении препаратов внесены в таблицу. Внесите в неё и полученные вами данные.

Таблица 27.2

Препараты для введения, их характеристика и рекомендуемые дозы

| Препарат | Рекомендуемая доза | Характер действия |
|---------------|--------------------|--|
| Тубокурарин | 5.0 E – 6 M | Антагонист никотиновых рецепторов |
| Суксаметоний | 2.0 E – 5 M | Деполаризующий блокатор (стойкая деполаризация концевой пластинки) |
| Тетродотоксин | 5.0 E – 6 M | Блокатор натриевых каналов |
| Дантролен | 2.0 E – 3 M | Прямой мышечный релаксант (блок сократительного механизма саркомера) |
| Неостигмин | 5.0 E – 6 M | Ингибитор холинэстеразы |

Таблица 27.3

Характеристика сокращений диафрагмы после введения препаратов

| Препарат | Сила сокращения диафрагмы (г) | |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | при не прямой стимуляции мышцы | при прямой стимуляции мышцы |
| Тубокурарин | 0,7 | 60 |
| Суксаметоний | 0,6 | 60 |
| Тетродотоксин | 0,0 | 0,02 |
| Дантролен | 13 | 13 |
| Неостигмин | 83 | 60 |
| Р-р Кребса с Са | 60 | 60 |
| Р-р Кребса без Са | 0,0 | 60 |

На основании полученных результатов ответьте на вопросы:

Почему исчезает передача возбуждения с нерва на диафрагму при инкубации её в растворе, не содержащем кальция? _____

Какой медиатор осуществляет передачу возбуждения в нервно-мышечных синапсах диафрагмы? _____ Какие рецепторы постсинаптической мембраны воспринимают действие этого медиатора? _____

Каков основной физиологический механизм устранения действия ацетилхолина на постсинаптическую мембрану? _____

Что произойдет при стойкой деполяризации постсинаптической мембраны? _____

Чем опасна для пациента передозировка миорелаксантов и почему? _____

Работа 27.4. ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ CO_2 В АЛЬВЕОЛЯРНОМ ВОЗДУХЕ НА ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ



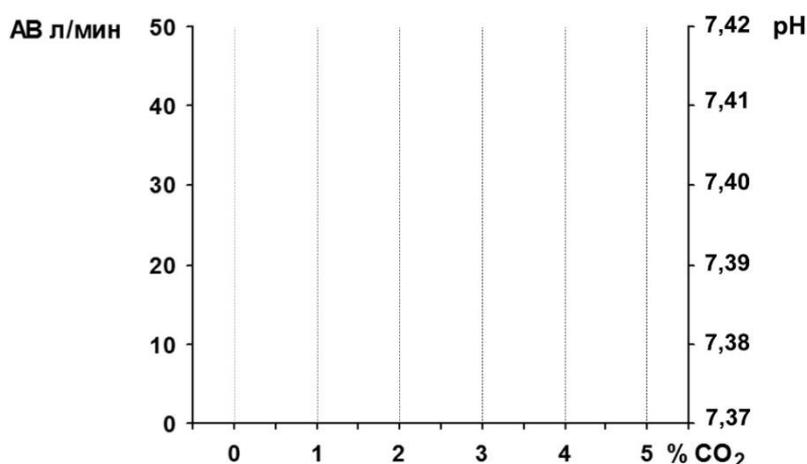
Для работы используется компьютерная программа **PhysioLogy**. Описание программы приведено в работе предыдущего занятия.

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 27.4

| 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 |
| $\text{MV} = \text{AV}$ | 4,71 л/мин | 13,1 | 18,5 | 51,1 |
| RR- частота | 10 /мин | 15 | 18 | 29 |
| $\text{TV} = \text{ДО}$ | 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 27.5. МОДЕЛЬ НЕРВНЫХ СВЯЗЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

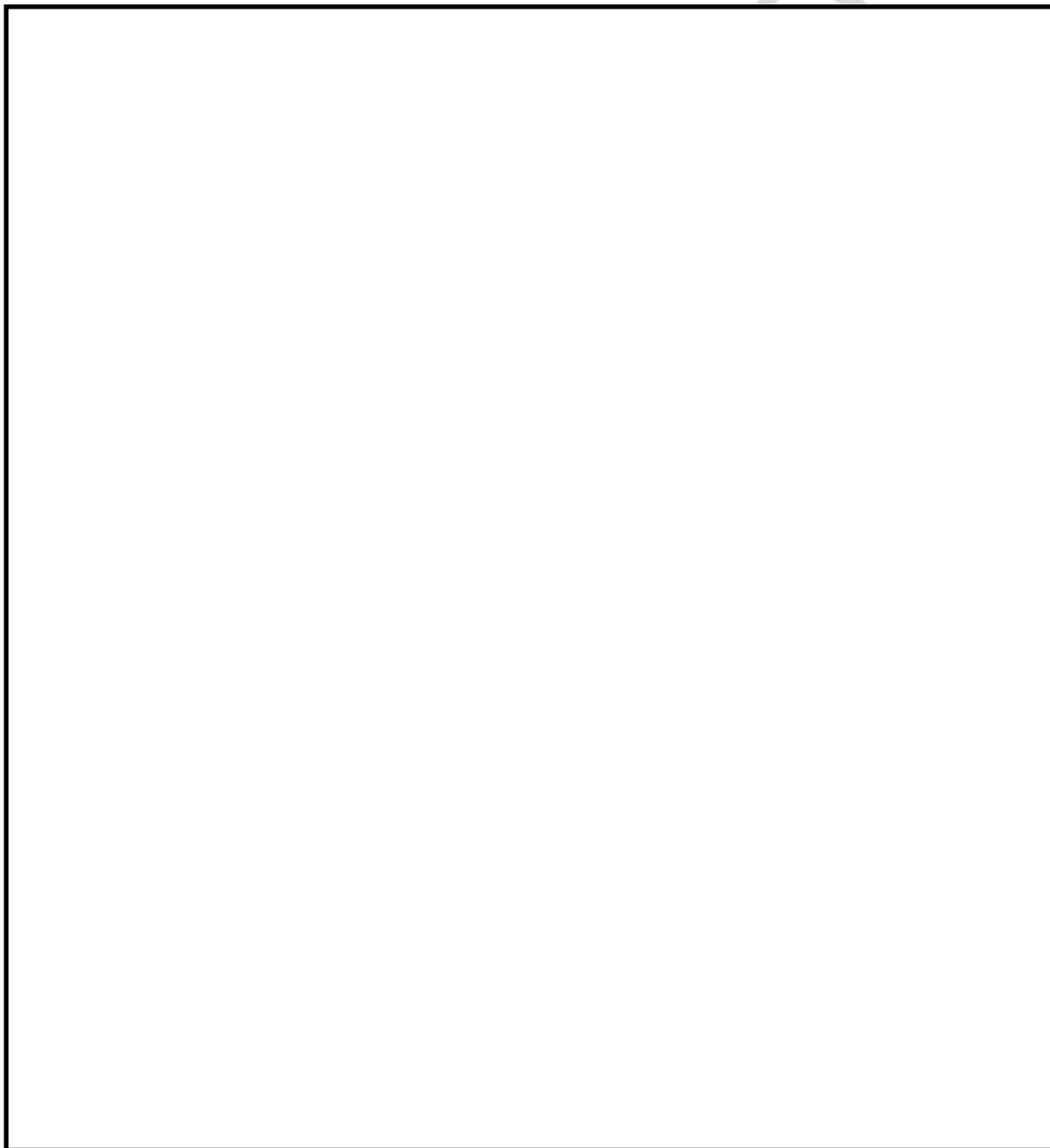


Работа проводится с использованием компьютерной программы «**Дыхательный цикл покоя**».

Запустите программу, щёлкнув один раз левой кнопкой мышки по изображению инспираторного центра. Дождитесь запуска дыхательного цикла и проследите за последовательностью возникновения и передачи возбуждения.

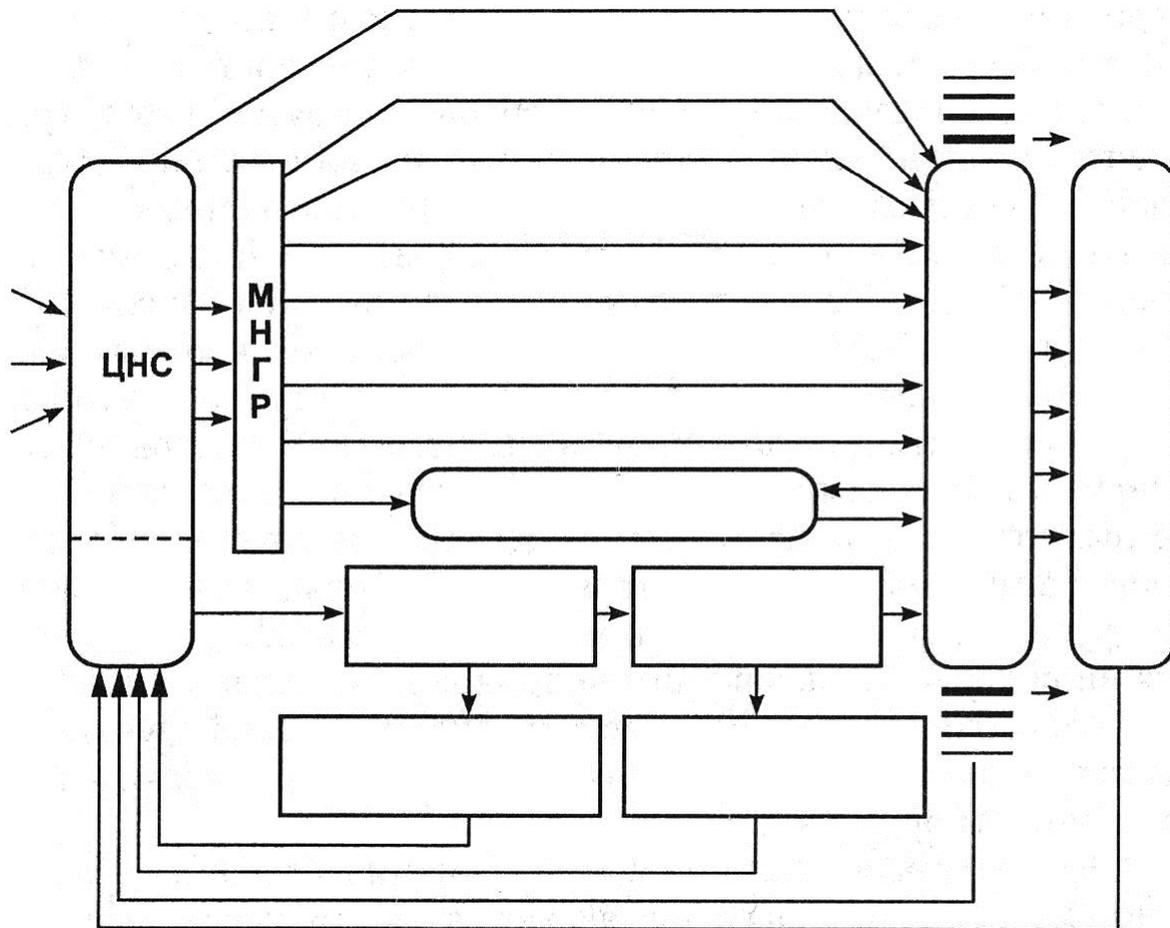
Для повторного просмотра трижды щёлкните левой кнопкой мыши. Выход из программы **Alt + F4**.

Указания к оформлению протокола. Зарисуйте модель нервных связей дыхательного центра.



**Работа 27.6. ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ ДЫХАНИЯ
(выполняется дома самостоятельно)**

Ход работы. Заполните схему функциональной системы регуляции постоянства газовых констант крови.



| | |
|--------------------------------|--|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 28. ТЕСТИРОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

1. Показатели функциональных возможностей системы внешнего дыхания. Понятие о факторах, ограничивающих резервы респираторной системы.

2. Расчет функциональных резервов системы внешнего дыхания в доставке кислорода в легкие у здорового человека.

3. Расчет величины диффузии кислорода в лёгких в покое и при максимальной физической нагрузке.

4. Расчет резервов транспорта кислорода кровью у здорового человека.

5. Коэффициент утилизации кислорода (КУК) организмом и различными органами в покое и при физической нагрузке.

6. Показатели, отражающие функциональные возможности сердца, современные методы их определения. Понятие о факторах, ограничивающих резервы сердца.

7. Кровоснабжение миокарда как лимитирующий фактор резервов кардиореспираторной системы у здорового человека. Показатели ЭКГ, характеризующие резерв коронарного кровотока и отражающие ишемию миокарда.

8. Интегральные показатели резервов кардиореспираторной системы в осуществлении газообмена. Максимальное потребление кислорода (МПК), порог анаэробного обмена (ПАНО), кислородный долг (КД), способы их определения и принципы оценки.

9. Принципы определения показателей резервов гемокардиореспираторной системы. Функциональные тесты с физической нагрузкой. Велоэргометрия (проба РВС-170). Использование ЭКГ, уровня потребления кислорода, теста 6-мин ходьбы, радионуклидных методов.

10. Понятие о функциональных классах кровообращения и тестах, используемых для их определения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое количество атмосферного кислорода доставляется в лёгочные альвеолы при МВЛ = 80 л/мин и частоте дыхания 40/мин?

2. В каком физиологическом состоянии (покой, легкая, средняя, тяжелая нагрузка) находится человек, величина МОК которого составляет 26 л/мин?

3. Определено, что у испытуемого МПК составило 6 МЕТ. К какому функциональному классу относится его система кровообращения?

4. Чему равна кислородная ёмкость крови при Hb 100 г/л? 140 г/л?

5. Содержание Hb 150 г/л, МОК 25 л/мин, КУК 60 %. Рассчитайте МПК.

6. Рассчитайте потребление кислорода миокардом, если коронарный кровоток составляет 500 мл/мин, Hb — 150 г/л, КУК миокарда — 75 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*

2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 133–139, 160–166, 171–185.*

3. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 131–136, 157–163.

4. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 133–139.

5. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 598 с. С. 257–266, 290–297, 316–327.

6. *Семенович, А. А.* Определение и расчет резервов организма в осуществлении газообмена : учеб.-метод. разраб. / А. А. Семенович. Минск, 1990. 12 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 28.1. ТЕСТ 6 МИНУТ ХОДЬБЫ

Тест основан на измерении максимального расстояния, которое испытуемый может пройти за 6 минут интенсивной ходьбы. При этом функциональный класс кровообращения (ФК) ориентировочно оценивается по табл. 28.1.

Таблица 28.1

| 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, функциональный класс кровообращения _____.

Работа 28.2. ТЕСТ PWC₁₇₀ (ВЕЛОЭРГОМЕТРИЯ)

Тест PWC₁₇₀ (Physical Working Capacity) 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. Выбор данной частоты основан на следующем:

1. Оптимальное функционирование кардиореспираторной системы у спортсменов достигается при ЧСС от 170 до 200 уд/мин. Таким образом, тест позволяет определить интенсивность физической нагрузки, которая выводит сердечно-сосудистую систему на уровень оптимального функционирования.

2. Между мощностью нагрузки и ЧСС имеется линейная зависимость до достижения ЧСС 170 уд/мин; при более высокой частоте она утрачивается. Чем больше мощность нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин, тем больше резервы сердечно-сосудистой системы. Однако благодаря линейной зависимости между мощностью нагрузки и ЧСС не требуется давать испытуемому нагрузку, приводящую к возрастанию пульса до такой величины. 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 после сбора анамнеза и принятия решения о допуске к тестированию. В течение 5 мин выполняется первая нагрузка (N_1), величина которой зависит от массы тела испытуемого (табл. 28.2). Частота вращения педалей сохраняется постоянной,

равной 60 об/мин. В последние 30 с выполняемой нагрузки подсчитывают ЧСС в уд/мин (F_1). Затем после 3-минутного отдыха обследуемый в течение 5 минут выполняет вторую нагрузку (N_2), величина которой зависит от F_1 (табл. 28.3). Вторая нагрузка, как правило, в два раза превышает первую. В последние 30 с выполнения пробы у обследуемого определяют ЧСС в уд/мин — F_2 . В норме при 1-й и 2-й нагрузке пульс у испытуемого не достигает 170 уд/мин.

Величину нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин (PWC_{170}) определяют по формуле:

$$PWC_{170} = N_1 + [(N_2 - N_1) \times (170 - F_1)] / (F_2 - F_1),$$

где PWC_{170} — мощность физической нагрузки на велоэргометре в кгм/мин; N_1 и N_2 — мощность первой и второй нагрузок (в кгм/мин); F_1 и F_2 — ЧСС в конце первой и второй нагрузки (в 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 28.2

Мощность первой нагрузки N_1 для определения PWC_{170} в зависимости от массы испытуемого

| Масса тела (кг) | Мощность (кгм/мин)* |
|-----------------|---------------------|
| 59 и меньше | 300 |
| 60–64 | 400 |
| 65–69 | 500 |
| 70–74 | 600 |
| 75–79 | 700 |
| 80 и больше | 800 |

* Для перевода кгм/мин в Ватты величину в кгм/мин делят на 6.

Таблица 28.3

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 | | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---------|---------|---------|
| | ЧСС при первой нагрузке, уд/мин | | | | |
| | 80–89 | 90–99 | 100–109 | 110–119 | 120–129 |
| 400 | 1100 | 1000 | 900 | 800 | 700 |
| 500 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 | 800 |
| 600 | 1300 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 |
| 700 | 1400 | 1300 | 1200 | 1100 | 1000 |
| 800 | 1500 | 1400 | 1300 | 1200 | 1100 |

Результаты:

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.

Масса тела испытуемого (m): _____ кг. Пол испытуемого _____.

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 28.3. ВЫЯВЛЕНИЕ ИЕРАРХИИ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ (демонстрация видеofilm)



Для выполнения работы использован комплекс приборов, позволяющий давать дозированную физическую нагрузку и следить за параметрами кровообращения и дыхания (велозргомметр, Cardiovit CS-100, «Спиrolит», пульсоксиметр, оксигемограф, пневмотахограф, электрокардиограф, тонометр, фонендоскоп, анализатор электрокардиограммы и др.).

Допуск испытуемого к выполнению тестов с максимальной физической нагрузкой производится при условии отсутствия противопоказаний. Пульс испытуемого должен быть ритмичным, ЧСС 60–80 в мин, систолическое артериальное давление не должно превышать 130, диастолическое — 90 мм рт. ст., оксигенация артериальной крови — в пределах 95–98 %, на ЭКГ не должно быть признаков ишемии миокарда, частота дыхания не более 20 в минуту, ДО ≤ 900 мл, самочувствие испытуемого должно быть хорошим. Только после получения этих данных испытуемый может приступить к выполнению ступенчато нарастающей физической нагрузки. Нагрузка проводится в 3 ступени, каждая продолжительностью 4 минуты. Мощность 1-й ступени нагрузки равна 50 Вт, 2-й — 100 Вт и 3-й — 150 Вт. Исследование продолжают в течение 3 минут после окончания нагрузки.

В табл. 28.4 приведены данные, полученные при велозргомметрии.

Таблица 28.4

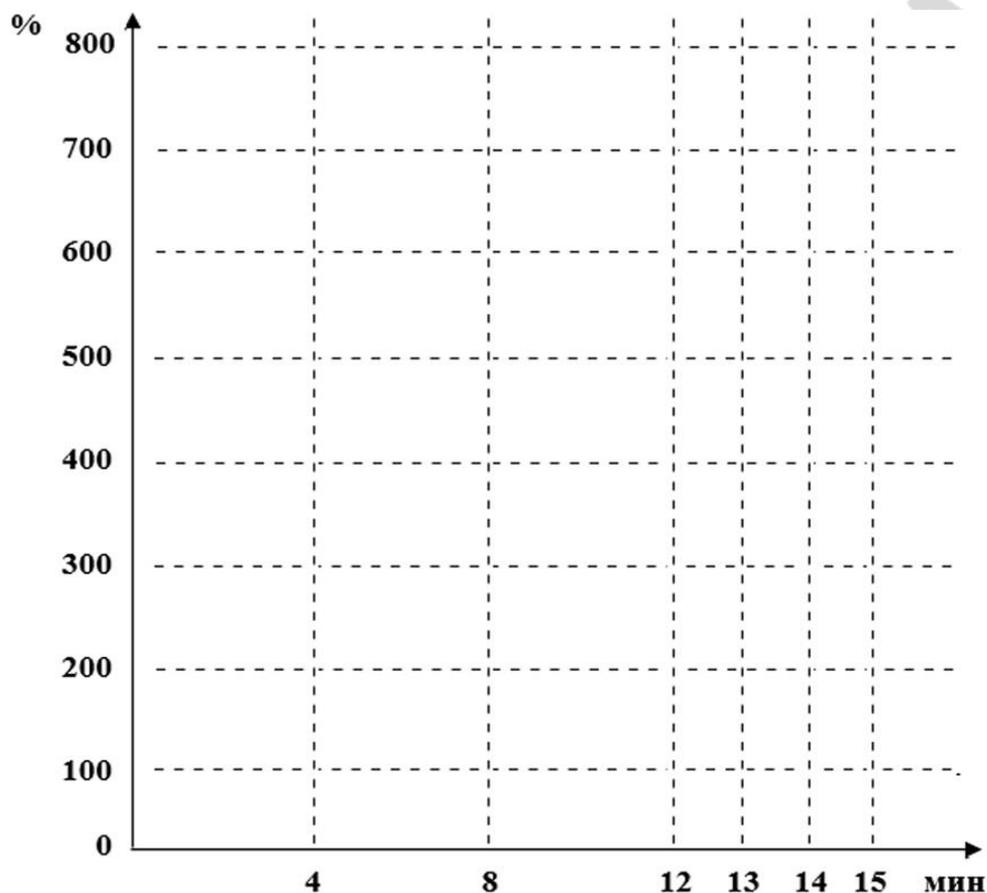
Показатели дыхания и кровообращения испытуемого при физической нагрузке (возраст — 19 лет, масса тела — 60 кг)

| Регистрируемый показатель | Величина регистрируемого показателя | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| | исходная | нагрузка, Вт | | | время после нагрузки, мин | | |
| | | 50 | 100 | 150 | 1 | 2 | 3 |
| 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 % |
| 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; VO₂ — потребление кислорода; HbO₂% — содержание оксигемоглобина в крови; pO₂ — напряжение

кислорода в артериальной крови (определяется по $\text{HbO}_2\%$ 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 %.



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, обладают устойчивостью на фоне выполнения физической работы? _____

3. За счет сдвигов каких показателей поддерживается постоянство величины данных показателей? _____

4. Какие из исследованных показателей являются важнейшими для организма при выполнении интенсивной нагрузки (поддерживается на постоянном уровне)? _____

Работа 28.4. 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

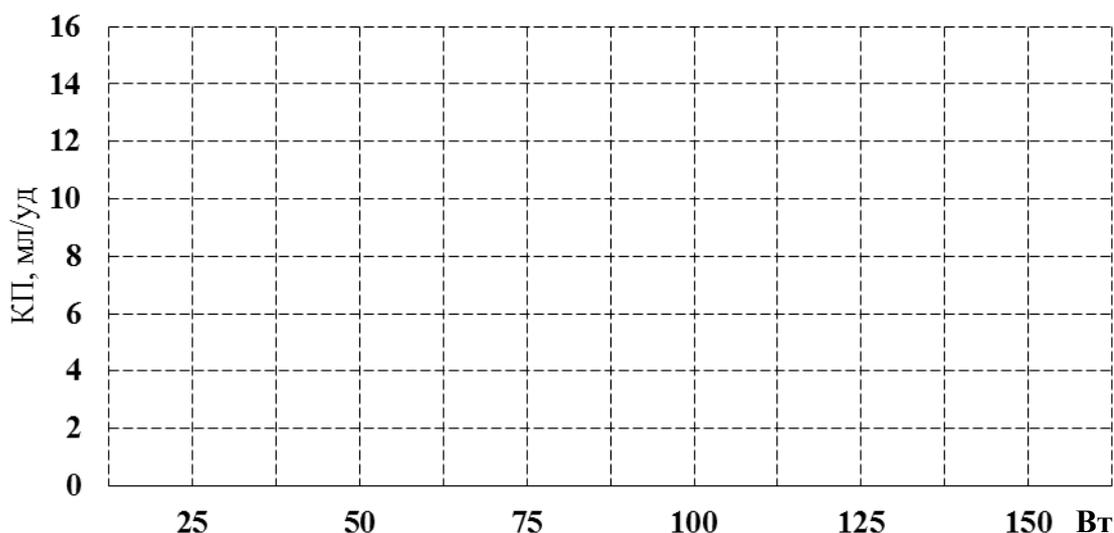
Показатель кислородного пульса (КП) характеризует объём кислорода, потребляемый из систолического (ударного) объёма крови.

$$\text{КП (мл/удар)} = V_{O_2} / \text{ЧСС},$$

где V_{O_2} — 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 |
|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| V_{O_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.

$$\text{КП}_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мл/удар.}$$

**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:

$$\text{МПК (мл)} = \text{КП}_{\text{max}} \times \text{ЧСС}_{\text{max}},$$

где КП_{max} — максимальный кислородный пульс (определен выше); ЧСС_{max} — частота сокращения сердца, при которой достигается предел насосной функции сердца. Расчет ЧСС_{max} проводят по формуле: **220 – возраст (полных лет)**

$$\text{ЧСС}_{\text{max}} \text{ испытуемого} = 220 - \text{возраст (полных лет)} = 220 - \underline{\quad} = \underline{\quad} / \text{мин}$$

$$\text{МПК испытуемого} = \text{КП}_{\text{max}} \times \text{ЧСС}_{\text{max}} = \underline{\quad} \times \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ мл/мин.}$$

Определите удельное МПК на килограмм массы тела испытуемого:

$$\text{МПК, мл/кг/мин} = \text{МПК} / 70 (\text{кг}) = \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ мл/кг/мин.}$$

МПК оценивают с помощью таблиц, разработанных для спортсменов, здоровых нетренированных и больных людей (табл. 28.6).

Таблица 28.6

**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 |

Для оценки степени снижения резервов сердечно-сосудистой системы в клинике используется понятие четырёх функциональных классов (табл. 28.7).

Функциональный класс сердечно-сосудистой системы по тесту МПК

| Функциональный класс | Потребление O ₂ мл/кг/мин | Потребление O ₂ (MET ¹⁷) | 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 |

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.

Заключение: МПК испытуемого _____

Функциональный класс сердечно-сосудистой системы: ФК _____.

Работоспособность испытуемого _____.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

¹⁷ MET — это условная единица, принятая на основе определения среднего поглощения человеком кислорода в состоянии покоя на 1 кг массы тела в минуту. 1 MET = 3,5 млO₂/кг/мин (около 250 мл O₂/мин или 1 ккал/кг/ч). Использование MET 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 MET), а высоко активный человек — более чем в 6 раз (> 6 MET).

Занятие 29. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ. РЕЗЕРВЫ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ»

Основные вопросы:

1. Сущность функции дыхания. Основные этапы процесса дыхания. Физиологическая роль дыхательных путей и лёгких. Механизмы кондиционирования вдыхаемого воздуха.

2. Понятие о растяжимости лёгких и аэродинамическом сопротивлении. Эластическая тяга и эластические свойства грудной клетки и лёгких. Роль сурфактанта. Давление в плевральной полости, его изменения при дыхании, механизм формирования.

3. Дыхательные мышцы, их иннервация. Биомеханика вдоха и выдоха.

4. Методы исследования вентиляции лёгких. Спирография, спирометрия. Объёмные показатели вентиляции лёгких, основные лёгочные объёмы и ёмкости. Мертвое пространство: анатомическое и физиологическое. Минутный объём дыхания, альвеолярная вентиляция, максимальная вентиляция лёгких.

5. Пневмотахометрия. Поточные показатели вентиляции лёгких. Пневмотахография. Тест (индекс) Тиффно. Кривая «поток – объём».

6. Понятие об обструктивных и рестриктивных нарушениях вентиляции лёгких. Показатели обструктивных и рестриктивных нарушений вентиляции.

7. Лёгочный кровоток, его связь с вентиляцией и гравитацией. Вентиляционно-перфузионное отношение. Зоны Веста. Подстройка кровотока к вентиляции: влияние снижения pO_2 на тонус сосудов лёгких.

8. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.

9. Относительное постоянство состава альвеолярного воздуха и механизмы его поддержания. Парциальное давление кислорода и углекислого газа в атмосферном, выдыхаемом и альвеолярном воздухе и напряжение их в крови. Расчёт парциального давления газа в смеси газов.

10. Газообмен в лёгких. Факторы, влияющие на процессы диффузии газов между альвеолярным воздухом и кровью. Диффузионная способность лёгких по кислороду в покое и при нагрузке.

11. Транспорт кислорода кровью. Транспортные формы кислорода. Кислородная ёмкость крови. Оксигеметрия. Пульсоксиметрия.

12. Кривая диссоциации оксигемоглобина, её сдвиги. Факторы, влияющие на сродство гемоглобина к кислороду, их физиологическое значение.

13. Транспорт углекислого газа кровью. Транспортные формы углекислого газа в крови. Взаимосвязь между газообменом кислорода и углекислого газа.

14. Газообмен между кровью и тканями. Коэффициент утилизации кислорода тканями (КУК) в покое и при физической нагрузке.

15. Дыхательный центр, его отделы, локализация, функции. Механизмы, обеспечивающие дыхательную периодичность. Влияния на дыхательный центр со стороны высших отделов головного мозга.

16. Центральные и периферические рецепторы pH , CO_2 и O_2 в организме, их роль. Механизмы первого вдоха новорожденного.

17. Рецепторы дыхательных путей, лёгких и дыхательных мышц. Рефлекторные реакции на их раздражение. Рефлексы Геринга–Брейера.

18. Взаимосвязь между газообменом и кислотно-щелочным равновесием (КЩР). Прямое влияние рН на вентиляцию лёгких и влияние вентиляции на рН крови через изменение рСО₂. Понятие о дыхательной компенсации метаболических сдвигов КЩР.

19. Нервные и гуморальные механизмы регуляции просвета дыхательных путей.

20. Функциональная система поддержания относительного постоянства дыхательных констант внутренней среды организма.

21. Показатели резервов функциональных возможностей системы внешнего дыхания. Понятие о факторах, ограничивающих резервы респираторной системы.

22. Расчет функциональных резервов системы внешнего дыхания в доставке кислорода в легкие у здорового человека.

23. Расчет величины диффузии кислорода в лёгких в покое и при максимальной физической нагрузке.

24. Расчет резервов транспорта кислорода кровью у здорового человека.

25. Коэффициент утилизации кислорода (КУК) организмом и различными органами в покое и при физической нагрузке.

26. Показатели, отражающие функциональные возможности сердца, современные методы их определения. Расчет максимальной ЧСС (по возрасту), расчет максимального МОК. Показатели резервов сердца (УО, ЧСС и двойное произведение ($АД_{сис\tau} \times ЧСС$)) при физических нагрузках. Понятие о факторах, ограничивающих резервы сердца.

27. Кровоснабжение миокарда как лимитирующий фактор резервов кардиореспираторной системы у здорового человека. Показатели ЭКГ, характеризующие резерв коронарного кровотока и отражающие ишемию миокарда.

28. Интегральные показатели резервов кардиореспираторной системы в осуществлении газообмена. Максимальное потребление кислорода (МПК), порог анаэробного обмена (ПАНО), кислородный долг (КД), способы их определения и принципы оценки.

29. Принципы определения показателей резервов гемокардиореспираторной системы. Функциональные тесты с физической нагрузкой. Велоэргометрия (проба РВС-170). Использование ЭКГ, уровня потребления кислорода, теста 6-мин ходьбы, радионуклидных методов для определения резервов коронарного кровотока.

Практические навыки:

1. Спирометрия, пневмотахометрия. Расчет должных величин. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

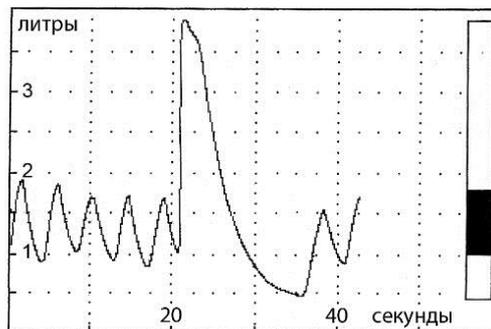
2. Спирография. Анализ спирограммы (умение).

3. Спирография. Кривая поток–объём. Тест Тиффно. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).

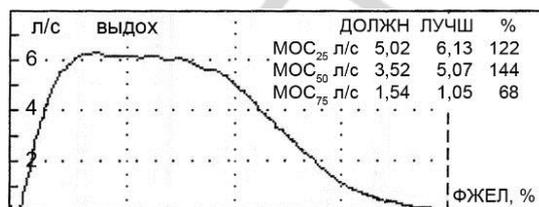
4. Определение функциональных резервов гемокардиореспираторной системы. Определение признаков истощения резервов коронарного кровотока по данным ЭКГ, признаков развития дыхательной недостаточности (умение).

Ситуационные задачи:

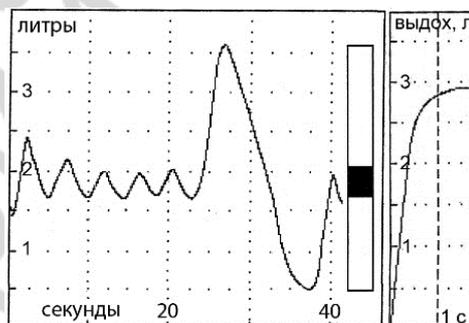
1. По спирограмме женщины 36 лет (рост 164 см, вес 82 кг) определите МОД, МОАВ, ЖЕЛ. Величину ЖЕЛ сравните с должной. Рассчитайте потребление кислорода за 1 минуту, если содержание O_2 в выдыхаемом воздухе 16 %.



2. У мужчины 30 лет (вес 72 кг, рост 176 см) при помощи спирометрии была определена ЖЕЛ — 5,2 л. По результатам исследования кривой «поток — объём» определите ПОС, сделайте заключение о состоянии функции внешнего дыхания испытуемого. ЖЕЛ и ПОС сравните с должными величинами.



3. У юноши (18 лет, 180 см, 87 кг) записана спирограмма, выполнен тест Тиффно. Определите величину $ОФВ_1$, ЖЕЛ (сравните её с должной), ФЖЕЛ, рассчитайте индекс Тиффно. Дайте физиологическую оценку полученных показателей.



4. У пациента ЧСС = 102 в 1 мин, ЧД = 24 в 1 мин, наблюдается цианоз слизистых оболочек, напряжение газов в артериальной крови: P_{aO_2} = 72 мм рт. ст., P_{aCO_2} = 49 мм рт. ст., HbO_2 = 80 %; на ЭКГ сегмент ST на изолинии. Дайте физиологическую оценку полученным показателям. Что преимущественно формирует полученные показатели: истощение резервов коронарного кровотока или дыхательная недостаточность?

5. Проанализируйте представленную ЭКГ (II отведение, скорость протяжки ленты 25 мм/с). Имеются ли отклонения от нормальной ЭКГ?



6. Рассчитайте объём крови, протекающей через малый круг кровообращения, если содержание кислорода в смешанной венозной крови 5,4 об%, содержание гемоглобина 100 г/л, а потребление O_2 = 2000 мл/мин. Оцените уровень физической активности испытуемого и резервы его гемокордиореспираторной системы.

7. Содержание Hb 90 г/л, МОК — 30 л/мин, КУК — 60 %. Рассчитайте максимальное потребление кислорода (МПК). Каким должен быть МОК, чтобы обеспечить такое же потребление O_2 , если содержание Hb будет 150 г/л?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 144–209.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 141–207.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 238–271, 325–327.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 29.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → **Леч. ф-т. Итоговое: Физиология дыхания. Резервы кардиореспираторной системы** или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.

2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Раздел «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ»

Занятие 30. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

Основные вопросы:

1. Обмен веществ и энергии в организме. Процессы анаболизма и катаболизма, их соотношение при различных функциональных состояниях организма.
2. Основной обмен и факторы, определяющие его величину. Энергозатраты организма в условиях основного обмена. Методы исследования основного обмена. Энергетическая роль питательных веществ.
3. Общий обмен. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности (в соответствии со степенью тяжести физического труда). Рабочая прибавка. Специфически-динамическое действие пищи.
4. Терморегуляция. Понятие о гомеотермии, пойкилотермии и гетеротермии. Температура тела человека и её суточные колебания. Температура различных участков кожных покровов и внутренних органов. Понятие о гипо- и гипертермии, лихорадке.
5. Теплопродукция организма. Источники теплопродукции в организме. Сократительный и несократительный термогенез. Метаболические процессы в бурой жировой ткани. Регуляция процессов теплопродукции.
6. Теплоотдача организма. Понятие о теплопередаче внутри организма. Физические процессы и физиологические механизмы, обеспечивающие теплоотдачу. Регуляция процессов теплоотдачи.
7. Нервные и гуморальные механизмы терморегуляции. Периферические и центральные терморцепторы. Центры терморегуляции. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему, используя данные об объёмах потребленного организмом O_2 , можно оценить величину энергетических затрат?
2. Что такое калорический эквивалент кислорода ($КЭ_{O_2}$)? Какие вещества имеют наибольший $КЭ_{O_2}$? Каков при этом дыхательный коэффициент (ДК)?
3. Альвеолярная вентиляция человека составила 10 л/мин. В выдыхаемом воздухе содержание O_2 было 15 %, содержание CO_2 — 4,8 %. Рассчитайте суточные энергозатраты испытуемого при условии сохранения текущего уровня физической активности. Отражает ли полученное значение истинные суточные энергозатраты испытуемого? Почему?
4. Вентиляция лёгких человека составляет 5 л/мин. Содержание O_2 в выдыхаемом воздухе — 16 %. Рассчитайте суточные энергозатраты человека при питании смешанной пищей ($КЭ_{O_2} = 4,86$ Ккал/л O_2). Оцените уровень физической активности испытуемого в момент проведения исследования.
5. Изменится ли температура тела человека при повышении его теплопродукции?

6. За счет каких механизмов человек поддерживает постоянную температуру тела при повышении теплоотдачи, связанном с внешним охлаждением?

7. Какой способ теплоотдачи не требует наличия положительной разности температур между поверхностью кожи человека и окружающей средой?

8. Почему высокая температура воздуха (30 °С) при высокой влажности переносится тяжелее, чем при низкой?

9. Что является основным способом регуляции теплоотдачи с поверхности тела человека в нормальных условиях?

10. Человек, работающий на солнце при температуре воздуха 32 °С в тени, пожаловался на недомогание. Аксиальная температура у него оказалась равной 38,1 °С. Как называется такое состояние? Нарисуйте кривую диссоциации оксигемоглобина у этого человека.

11. Чем отличаются механизмы повышения температуры тела при физической гипертермии и при лихорадке?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*

2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 278–281, 296–314, 322–345.*

3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 280–283, 298–315, 324–350.*

4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 398–399, 410–416, 422–430.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 30.1. РАСЧЕТ ДОЛЖНЫХ ВЕЛИЧИН ОСНОВНОГО ОБМЕНА ПО ТАБЛИЦАМ И ФОРМУЛАМ

Основной обмен — минимальные энергозатраты, необходимые для поддержания процессов жизнедеятельности организма в стандартных условиях. **Стандартные условия**, позволяющие исключить дополнительные затраты энергии, включают: 1) состояние **бодрствования утром после сна** (во время сна энергозатраты снижены на 8–10 % по сравнению со спокойным бодрствованием); 2) состояние физического и психического **покоя в положении лежа**; 3) **натощак, через 12–16 ч** после приема **пищи** (для исключения её специфически динамического действия); 4) при внешней **«температуре комфорта»** (18–20 °С для легко одетого человека), не вызывающей ощущения холода или жары. Энергия основного обмена расходуется на обновление клеточных структур, поддержание постоянной температуры тела, деятельности внутренних органов, тонуса скелетных и сокращения дыхательных мышц и др.

Величину основного обмена (ОО) легко рассчитать по формулам и таблицам, выведенным по результатам большого числа исследований суточных затрат энергии здоровыми людьми разного пола, возраста, массы тела и роста. Существует много способов расчета должной величины основного обмена (*должный* ОО). Одним из таких способов является расчет по формулам, приведенным в табл. 30.1.

**Формулы расчетов ДВОО человека в зависимости от возраста,
пола и массы тела (МТ)**

| Возраст, годы | Должный ОО (ккал/сутки) | |
|---------------|---|---|
| | Мужчины | Женщины |
| 0–3 | $60,9 \times \text{МТ} - 54$ | $61,0 \times \text{МТ} - 51$ |
| 3–10 | $22,7 \times \text{МТ} + 495$ | $22,5 \times \text{МТ} + 499$ |
| 10–18 | $17,5 \times \text{МТ} + 651$ | $12,2 \times \text{МТ} + 746$ |
| 18–40 | $1,0 \times \text{МТ} \times 24$ $15,5 \times \text{МТ} + 679$ | $0,9 \times \text{МТ} \times 24$ $14,7 \times \text{МТ} + 496$ |
| 40–60 | $11,6 \times \text{МТ} + 879$ | $8,7 \times \text{МТ} + 829$ |
| Более 60 | $13,5 \times \text{МТ} + 487$ | $10,5 \times \text{МТ} + 596$ |

Одним из наиболее широко используемых методов определения должной величины основного обмена является метод определения основного обмена по **таблицам Гаррис–Бенедикта** (приведены в Приложении). Имеются два варианта таблиц — для мужчин и для женщин. Каждая из них содержит две таблицы, А и Б. В первой таблице находят число А, зависимое от массы тела, а во второй — число Б, зависимое от роста и возраста. Сумма этих двух чисел (А+Б) дает должную величину ОО.

Ещё одним широко применяемым методом определения должного ОО является **метод Дюбуа**. Он основан на правиле поверхности тела, согласно которому затраты энергии теплокровного организма пропорциональны площади поверхности тела. Установлено, что теплопродукция на 1 м² поверхности тела человека зависит от возраста и пола. Для вычисления должного ОО найденную по табл. 30.2 величину продукции тепла в ккал/м²·час следует умножить на площадь поверхности тела (в м²) и на 24 часа в сутках. Площадь поверхности тела находят по номограмме в зависимости от массы тела и роста (приведена в приложении).

Таблица 30.2

Затраты на основной обмен 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 |

Разница между показателями должного основного обмена, рассчитанными разными методами, обычно не превышает 10 %.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте собственную должную величину ОО несколькими способами — по формулам, по таблицам Гаррис–Бенедикта и по площади поверхности тела.
2. Сравните полученные результаты. Наиболее точными методами являются метод с использованием таблиц Гарриса–Бенедикта и метод Дюбуа. Результа-

ты, полученные этими двумя методами, обычно отличаются незначительно (как правило, не более чем на 50–150 ккал).

ПРОТОКОЛ

1. Пол _____ (м/ж); рост _____ см; масса тела= _____ кг; возраст _____ лет.
2. Должный ОО = $1,0 (0,9) \times \text{МТ} \times 24 =$ _____ = _____ ккал/сутки.
Должный ОО = _____ $\times \text{МТ} +$ _____ = _____ ккал/сутки.
(по формуле из таблицы 30.1)
Должный ОО = $A + B =$ _____ = _____ ккал/сутки.
(по таблице Гаррис–Бенедикта)
Площадь поверхности тела (S) (по номограмме) = _____ м²,
Продукция тепла (E) на м² в час (из таблицы 30.2) = _____ ккал/м²·час.
Должный ОО = $E_{\text{ккал/м}^2\cdot\text{час}} \times S_{\text{м}^2} \times 24_{\text{час}} =$ _____ = _____ ккал/сутки.
(по Дюбуа)

Работа 30.2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В ПОДМЫШЕЧНОЙ ВПАДИНЕ

Температура тела — важный показатель состояния здоровья человека. 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. Однако следует учитывать, что 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 $36 \pm 0,9$ °С (35,1–36,9 °С). Температура 37 °С и выше рассматривается как повышенная (*гипертермия*), а 35 °С и ниже — как пониженная (*гипотермия*). При измерении в глубоких областях тела (прямой кишке, пищеводе) её нормальные значения на 0,5 °С выше, чем в подмышечной ямке.

Цель работы — определение минимального времени, необходимого для точного измерения аксиллярной температуры ртутными или электронными медицинскими термометрами в подмышечной впадине.

Материалы и оборудование: максимальный ртутный термометр, электро-термометр медицинский, секундомер, 70%-ный спирт, вата.

Ход работы. Кожа подмышечной ямки должна быть сухой, так как при влажной коже термометр будет показывать более низкие значения температур из-за испарения влаги с поверхности ртутного резервуара. 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 спиртом. Встряхните термометр до температуры 35 °С. Поместите термометр в подмышечную впадину. Запишите показания термометра через 3, 5, 8, 10, 15 мин.

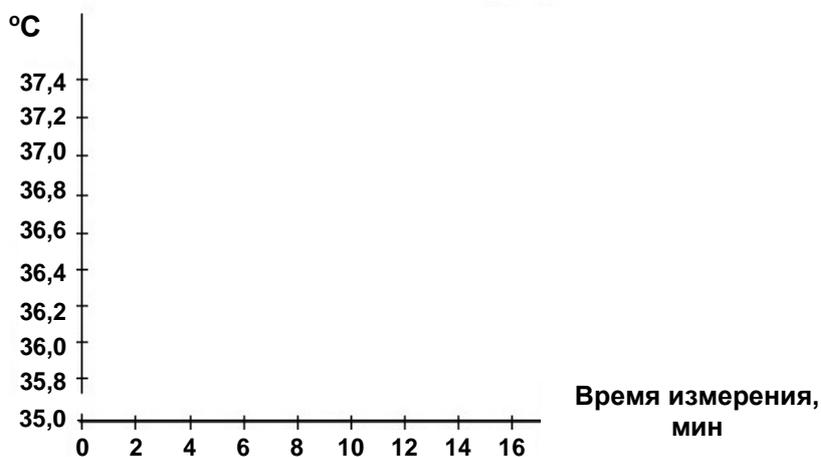
После этого проведите термометрию с помощью электронного термометра. Протрите датчик прибора спиртом. Для подготовки прибора к работе правую

ручку переключателя переведите в положение «К» (калибровка напряжения) и вращая левую ручку прибора установите стрелку указателя на отметку шкалы ± 42 °С. Поставьте правую ручку переключателя на требуемый диапазон измерений, отмеченный красной или синей точкой на панели указателя, и поместите датчик прибора в подмышечную впадину. Записывайте показания шкалы 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 через: | 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. Длительность измерения температуры тела электронным термометром _____, чем ртутным.

Работа 30.3. 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. На практике используют обычно средневзвешенную температуру кожных покровов, характеризующую степень закалённо-

сти организма. её величину определяют, «взвешивая» температурные значения нескольких стандартных участков поверхности тела 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 30.3. Полученные данные внесите в таблицу.

Таблица 30.3

| № 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:

$$СТ = k_1 \times t_1 + k_2 \times t_2 + k_3 \times t_3 + k_4 \times t_4 + k_5 \times t_5 + k_6 \times t_6 + k_7 \times t_7,$$

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 _____ от температуры «ядра», потому что оболочка тела _____.

При снижении температуры окружающей среды наиболее вероятно переохлаждение _____.

Работа 30.4. ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ТКАНЯХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЦВЕТНОЙ ТЕРМОГРАФИИ (демонстрация компьютерных слайдов)



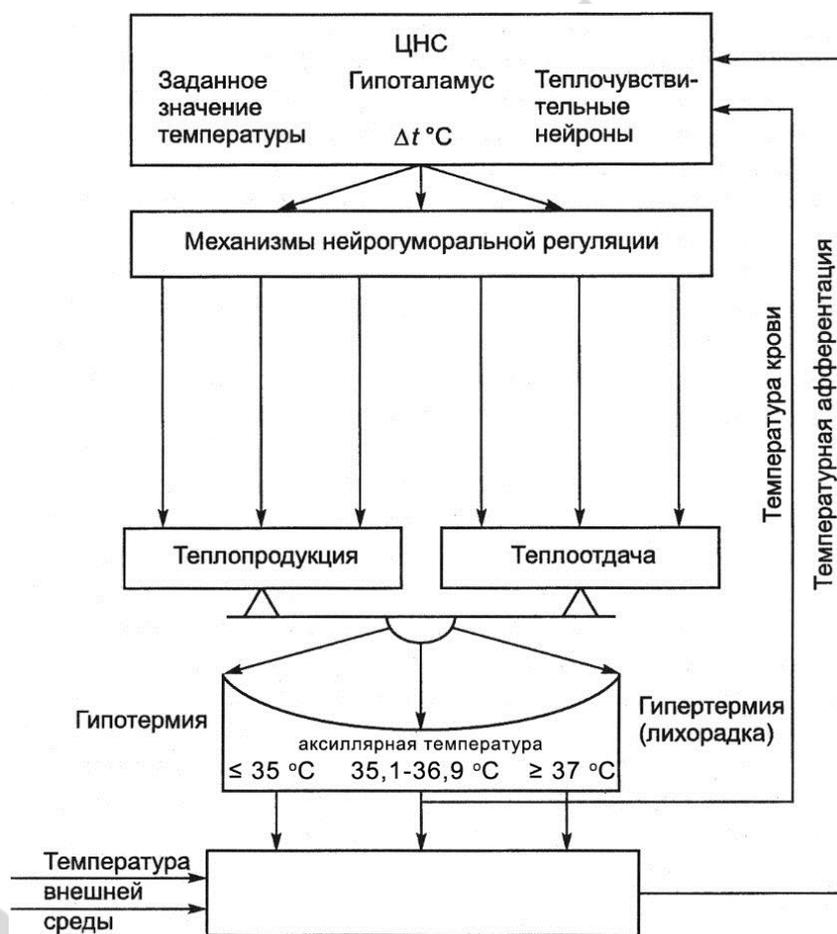
Для демонстрации распространения тепла в поверхностных тканях кисть руки человека была обработана специальным термографическим составом, меняющим цвет при нагревании. Миниатюрный источник тепла (39 °С) помещался на кожу тыла кисти в зоне проекции поверхностной вены. По мере разогревания тканей кисти 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 обуславливает _____ нагрузки на сердечно-сосудистую систему при усилении _____ или повышении температуры окружающей среды.

Работа 30.4. 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 | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ»

Занятие 31. ПИЩЕВАРЕНИЕ В ПОЛОСТИ РТА И ЖЕЛУДКА. ПИЩЕВАРЕНИЕ В ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКЕ

Основные вопросы:

1. Общая характеристика функциональной системы питания, роль и место в ней процессов пищеварения. Пищевые мотивации. Аппетит. Физиологические механизмы голода и насыщения.

2. Пищеварительные и непщеварительные функции системы пищеварения.

3. Типы пищеварения в зависимости от особенностей гидролиза и его локализации.

4. Экспериментальные и важнейшие клинические методы исследования функций пищеварительной системы.

5. Особенности регуляции функций пищеварительной системы.

6. Пищеварение в полости рта. Механическая и химическая обработка пищи. Слюноотделение (состав и свойства слюны), жевание, глотание. Механизмы их регуляции. Количество, состав и свойства слюны. Роль слюны в пищеварении.

7. Пищеварение в желудке. Функции желудка. Состав и свойства желудочного сока. Роль соляной кислоты и слизи желудочного сока. Механизм секреции соляной кислоты. Физиологические механизмы защиты слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки от действия повреждающих факторов.

8. Фазы и механизмы регуляции секреции желудочных желез натощак и после приема пищи. Моторная и эвакуаторная функции желудка натощак и после приема пищи, их регуляция.

9. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке. Роль поджелудочной железы в пищеварении. Состав и свойства сока поджелудочной железы.

10. Механизмы регуляции секреции сока поджелудочной железы натощак и после приема пищи. Фазы панкреатической секреции.

Вопросы для самоконтроля:

1. К каким последствиям приведет разрушение центра голода в гипоталамусе? Что такое булимия и анорексия?

2. Какое влияние на формирование чувства голода оказывают гормоны грелин и лептин? Где они вырабатываются?

3. Почему при сильном волнении, испуге ощущается сухость во рту, а при ощущении тошноты, головокружения слюноотделение усиливается?

4. Почему при анестезии корня языка нарушается глотание? Как изменяется глотание при недостаточном образовании слюны?

5. К каким последствиям приведет длительная гипосаливация?

6. Какие особенности регуляции перистальтики пищевода Вы знаете?

7. Какой механизм предотвращает обратный заброс кислого желудочного содержимого в пищевод?

8. Как изменяется желудочная секреция HCl при действии антагонистов гистаминовых H₂-рецепторов?

9. Почему после удаления пилорической части желудка резко снижается секреция желудочного сока?
10. Назовите факторы, усиливающие выделение гастрина в желудке.
11. Будет ли происходить секреция желудочного сока после перерезки блуждающего нерва? Почему?
12. Почему нестероидные противовоспалительные средства могут вызывать повреждение слизистой оболочки желудка?
13. Как изменятся состав и свойства желудочного сока при блокаде протонного насоса обкладочных клеток желудка?
14. Почему при атрофии слизистой оболочки желудка развивается В₁₂-дефицитная (мегалобластная) анемия?
15. От каких факторов зависит скорость эвакуации желудочного содержимого в двенадцатиперстную кишку?
16. Каким образом в кишечнике происходит нейтрализация кислого химуса, поступающего из желудка?
17. Как влияет скорость секреции сока поджелудочной железы на его состав? Почему?
18. Какие ферменты сока поджелудочной железы выделяются в неактивном виде?
19. Какие механизмы предотвращают активацию ферментов сока поджелудочной железы в её протоках?
20. Как активируется трипсиноген? проэластаза?
21. Как изменяется секреция сока поджелудочной железы при питании преимущественно пищей, богатой: 1) белками; 2) жирами; 3) углеводами?
22. Почему при поступлении кислого химуса из желудка в двенадцатиперстную кишку его эвакуация из желудка тормозится?

Нормативы

Слюна:

- Количество в сутки — 0,3–1,0 л.
- Удельный вес — 1,002–1,020 г/мл.
- рН = 6,2–7,4.

Желудочный сок:

- Количество желудочного сока, вырабатываемого в сутки — 2–2,5 л.
- Удельный вес желудочного сока — 1,004–1,010 г/мл.
- Объём желудочного сока натощак не более 50 мл.
- Натощак: общая кислотность — до 40 ммоль/л,
свободная HCl — до 20 ммоль/л.
- Базальная секреция желудка: общая кислотность — 40–60 ммоль/л,
свободная HCl — 20–40 ммоль/л.
- рН чистого желудочного сока — 1,0–1,8.
- рН желудочного содержимого — 6,0 и более.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.*
2. *Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 208–220, 230–231, 237–261.*
3. *Физиология человека : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 208–220, 236–237, 243–264.*
4. *Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 337–375.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 31.1. СИАЛОМЕТРИЯ

Сиалометрия — количественное определение объема выделенной смешанной слюны. Слюну следует собирать через 1,5–2 часа после еды или натошак (после ночного перерыва в приеме пищи) в спокойном месте. Испытуемого просят не делать того, что может стимулировать слюноотделение до самой процедуры сбора. Этот запрет включает жевание чего-либо, например, пищи, жевательной резинки, конфет; курение, чистку зубов, полоскание полости рта, питье и т. п.

Материалы и оборудование: 4 градуированные пробирки, 2 воронки, секундомер, жевательная резинка (студенты берут с собой).

Ход работы.

Сбор смешанной слюны в состоянии покоя (нестимулированной).

Испытуемого 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 (около 30 с), а затем проглотить всю слюну, накопившуюся в полости рта. После этого просят пожевать жевательную резинку в своей обычной манере 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.

В состоянии покоя скорость выделения смешанной слюны в среднем колеблется от 0,3 до 0,4 мл/мин, стимуляция жеванием увеличивает данный показатель до 1–2 мл/мин. Пределы скорости базового слюноотделения для смешанной слюны составляют от 0,1 до 2,0 мл/мин, а стимулированного слюноотделения — от 0,5 до 6,0 мл/мин.

| | Нестимулированная смешанная 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 | |
|---|--|
| 1. Скорость выделения слюны: | нестимулированной _____ мл/мин, стимулированной _____ мл/мин. |
| 2. Вывод. У испытуемого _____ (нормо-, гипо- или гиперсаливация) | |

Работа 31.2. ПЕРЕВАРИВАНИЕ КРАХМАЛА ФЕРМЕНТАМИ СЛЮНЫ ЧЕЛОВЕКА

В слюне содержатся амилолитические ферменты — α -амилаза и мальтаза. Оптимум их действия находится в пределах нейтральной реакции среды при нормальной температуре тела (при 37–38 °С). Действие высоких или низких температур, изменение рН среды могут снижать их активность, нарушая процессы пищеварения.

Материалы и оборудование: термостат или водяная баня с температурой 37–38 °С, спиртовка, штатив с пробирками, стеклоглаф, пипетки, маленькая воронка, стеклянная палочка, слюна человека, 1 % раствор варёного крахмала, 1 % раствор сырого крахмала, растворы 3 % йода или Люголя, 0,5 % раствор HCl, лакмусовая бумага, лед или холодильник, дистиллированная вода, ёмкость для отработанных материалов.

Ход работы. Слюну (5–6 мл) собирают в градуированную пробирку с помощью воронки. Нумеруют 5 пробирок, ставят их в штатив и в каждую пробирку вносят по 1 мл слюны. Затем пробирку № 2 осторожно нагревают на спиртовке до кипения, *наклонив под углом 30–40° к горизонту, прогревая по всей длине и направив в сторону от людей*. Одновременно пробирку № 5 на 5–10 мин ставят в стакан со льдом для охлаждения. Пробирки № 1–4 аккуратно доводят до 37–40 °С под тёплой проточной водой или на водяной бане.

После этого в 1-ю и во 2-ю пробирку добавляют по 1 мл 1 % раствора варёного крахмала¹⁸; в 3-ю по каплям добавляют, перемешивая, 0,5 % раствор HCl до появления стойкого красного окрашивания лакмусовой бумаги и затем 1 мл 1 % раствора варёного крахмала; в 4-ю — 1 мл 1 % раствора **сырого** крахмала; в 5-ю — 1 мл 1 % раствора варёного крахмала. *Содержимое пробирок перемешать стеклянной палочкой!*

¹⁸ Растворы варёного и сырого крахмала перед добавлением взбалтывают.

Первые четыре пробирки помещают в термостат или водяную баню при температуре 38 °С, 5-я пробирка продолжает охлаждаться на льду (30 мин). Через 30 мин из 5-й пробирки 1 мл содержимого переносят промытой пипеткой в пробирку № 6, которую подогревают в тёплой воде до 37–40 °С и ставят на водяную баню на 30 мин. Содержимое пробирок немедленно после окончания экспозиции исследуют на наличие крахмала путём добавления 1–2 капель раствора Люголя. Содержимое пробирок, в которых присутствует крахмал, приобретает синий цвет.

Указания к оформлению протокола:

1. По результатам эксперимента заполните табл. 31.1.
2. На основании цвета содержимого пробирок при добавлении раствора Люголя сделайте вывод о том, произошло ли переваривание крахмала в пробирках.

Таблица 31.1

| № пробирки | Содержимое пробирки | t, °С | Цвет содержимого пробирки после добавления раствора Люголя | Гидролиз крахмала + или – |
|------------|--|-------|--|---------------------------|
| 1 | 1 мл слюны + 1 мл варёного крахмала | 38 | | |
| 2 | 1 мл прокипяченной слюны + 1 мл варёного крахмала | 38 | | |
| 3 | 1 мл слюны + 0,5%-ный раствор HCl + 1 мл варёного крахмала | 38 | | |
| 4 | 1 мл слюны + 1 мл сырого крахмала | 38 | | |
| 5 | 1 мл слюны + 1 мл варёного крахмала | 0 | | |
| 6 | 1 мл содержимого из пробирки № 5 после окончания охлаждения | 38 | | |

Выводы. Гидролиз крахмала слюной происходит благодаря присутствию в ней ферментов _____. При кипячении слюны и сдвиге рН слюны в кислую сторону указанные ферменты _____ путём _____. При температуре тела их активность _____ (восстанавливается, не восстанавливается).

Сырой крахмал, в отличие от варёного, _____ ферментами слюны, что указывает на необходимость _____ растительной пищи.

Охлаждение слюны приводит к _____ её ферментов. После подогрева до температуры тела их активность _____.

Работа 31.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Материалы и оборудование: водяная баня или термостат, спиртовка, штатив с пробирками, стеклограф, пинцет, натуральный желудочный сок, фибрин или варёный яичный белок, 0,5 % раствор NaHCO₃, 0,5 % раствор HCl, стеклограф, лакмусовая бумага, ёмкость для отработанных материалов.

Ход работы. Нумеруют четыре пробирки и наливают в пробирки № 1–3 по 2 мл желудочного сока, в пробирку № 4 — 2 мл 0,5 % раствора HCl. После этого содержимое пробирки № 2 осторожно кипятят на спиртовке, а в пробирку № 3 по каплям добавляют 0,5 % раствор соды до получения синеватого окрашивания лакмусовой бумаги. Пробирки аккуратно подогревают в тёплой (37–40 °С) проточной воде.

Во все пробирки добавляют одинаковое количество фибрина или варёного яичного белка (0,1–0,3 г) и помещают их в водяную баню или термостат при температуре 38 °С. Через 30–40 мин пробирки извлекают из термостата и наблюдают изменение кусочков фибрина во всех пробирках.

Указания к оформлению протокола:

1. По результатам эксперимента заполните табл. 31.2.
2. На основании изменения кусочков фибрина сделайте вывод о функциях компонентов желудочного сока.

Таблица 31.2

| № пробирки | Содержимое пробирки | Состояние кусочков фибрина |
|------------|---|----------------------------|
| 1 | 2 мл желудочного сока + фибрин | |
| 2 | 2 мл кипяченого желудочного сока + фибрин | |
| 3 | 2 мл желудочного сока + раствор NaHCO ₃ + фибрин | |
| 4 | 2 мл 0,5 % раствора HCl + фибрин | |

Выводы. Гидролиз белков желудочным соком происходит благодаря присутствию в нём _____ и _____. При кипячении желудочного сока в нём происходит денатурация _____, при этом фибрин _____ вследствие наличия _____. Добавление NaHCO₃ приводит к нейтрализации _____ и _____ пепсинов. При этом белок _____ (набухает или нет) и _____ (переваривается или нет).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Методы исследования строения и функций органов
желудочно-кишечного тракта**

На сегодняшний день существует обширный спектр методов исследования, позволяющих изучать различные функции органов желудочно-кишечного тракта. Широко распространены зондовые методы — фиброгастродуоденоскопия (ФГДС), желудочное и дуоденальное зондирование, ректеромано- и колоноскопия, рН-метрия и др. ФГДС основывается на использовании волоконной оптики, что позволяет визуально оценить состояние слизистой оболочки, моторики, тонуса мышц пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки, изучить характер эвакуации пищи и другие показатели моторной и секреторной функции. Гастродуоденальное зондирование основывается на введении специальных зондов, через которые получают желудочное или дуоденальное содержимое, оценивают объём его нестимулированной и стимулированной секреции, рН, цвет, содержание ферментов, электролитов и другие характеристики. рН-Метрия позволяет вести длительную запись изменения рН пищевода, желудочного или дуоденаль-

ного содержимого, оценивать её изменения в разное время суток, зависимость от приёма пищи и т. д.

К *беззондовым методам* относят исследование кала, позволяющее установить характер и степень переваривания пищевых продуктов, содержания желчных пигментов, что позволяет судить о состоянии пищеварения в кишечнике. Биохимический анализ крови, мочи позволяет изучать содержание в них ферментов печени и поджелудочной железы, желчных пигментов и т. д. Используются методы *визуализации* структуры и функции различных органов — сцинтиграфия (позволяет судить о функциональном состоянии органа по накоплению в нём радиоактивного изотопа), рентгенорграфия или рентгеноскопия с контрастированием, ультразвуковое исследование, позволяющие изучить морфологию и моторику органов ЖКТ.

Одним из классических методов исследования моторной функции ЖКТ является электрогастрография. Она позволяет регистрировать электрическую активность мышц желудка с помощью поверхностных электродов и оценить состояние моторной и эвакуаторной функций желудка в норме и при заболеваниях желудочно-кишечного тракта.

В наполненном пищей желудке возникают три основных вида движений: перистальтические волны, быстрые монофазные высокоамплитудные сокращения антральной зоны и тонические сокращения большой амплитуды и длительности от 1 до 5 минут. Характер моторики желудка обусловлен видом пищи, степенью предварительной обработки, тщательностью пережевывания, сроком после приема пищи, быстротой опорожнения кишечника от химуса, рефлекторными и гуморальными влияниями на пейсмейкер желудка. У большинства здоровых людей регистрируется *нормокинетический* тип перистальтических волн желудка (частота биопотенциалов (n) = 3 импульс/мин, средняя амплитуда (A_{cp}) = 0,2–0,4 мВ). При некоторых заболеваниях, когда наблюдается повышение тонуса гладких мышц и увеличение секреции HCl, отмечается *гиперкинетический* тип ЭГГ ($n \geq 4$ импульс/мин, $A_{cp} > 0,4$ мВ), а при понижении тонуса мышц и секреции HCl — *гипокинетический* тип ($n < 2$ импульс/мин, $A_{cp} < 0,2$ мВ).

| | |
|--------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Внимание! К следующему занятию для выполнения лабораторной работы Вам необходимо собрать информацию по своему суточному пищевому рациону по форме:

| Приём пищи | Пищевые продукты | Масса (объём) |
|------------|--|-------------------------|
| Завтрак | Молоко 3,2 % Бутерброд из сыра Творог 9% | 200 мл 100 г 50 г |
| ... | | |

Занятие 32. РОЛЬ ПЕЧЕНИ В ПИЩЕВАРЕНИИ. ПИЩЕВАРЕНИЕ В ТОНКОМ И ТОЛСТОМ КИШЕЧНИКЕ. ПИТАНИЕ

Основные вопросы:

1. Функции печени. Роль печени в пищеварении. Желчеобразование и желчевыделение. Роль желчного пузыря. Механизмы регуляции желчеобразования и желчевыделения натощак и после приема пищи.

2. Состав и свойства желчи, её участие в процессах пищеварения. Рециркуляция желчных кислот.

3. Пищеварение в тощей и подвздошной кишке. Состав и свойства кишечного сока. Механизмы регуляции кишечной секреции.

4. Полостной и мембранный гидролиз питательных веществ. Сопряжение гидролиза и всасывания.

5. Всасывание продуктов гидролиза жиров, белков и углеводов, витаминов и микроэлементов в различных отделах пищеварительного тракта, его механизмы.

6. Моторная функция тонкого кишечника и её регуляция.

7. Пищеварение в толстом кишечнике. Моторика толстого кишечника и её регуляция. Дефекация. Значение для организма микрофлоры толстого кишечника.

8. Пластическая и энергетическая роль питательных веществ. Незаменимые для организма вещества. Азотистый баланс и виды его нарушений.

9. Питание. Физиологические основы и принципы здорового питания. Нормы питания в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Понятие о пищевых и непищевых факторах риска для здоровья человека. Суточные потребности в белке, жирах, углеводах.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие факторы (гуморальные, пищевые и др.) стимулируют образование и выделение желчи?

2. Какие свойства желчи обеспечивают её стабильное состояние?

3. Что такое «рециркуляция желчных кислот»? Каково её значение?

4. К каким последствиям приводит прекращение поступления желчи в кишечник?

5. Из чего образуется билирубин? Почему при заболеваниях печени может появляться жёлтое окрашивание кожных покров и слизистых?

6. В каком отделе кишечника происходит всасывание витамина В₁₂?

7. Какой общий механизм транспорта используется для всасывания в тонком кишечнике аминокислот, глюкозы, галактозы, желчных кислот?

8. Прекратится ли моторика толстой кишки после перерезки блуждающего нерва? Почему?

9. Рассчитайте калорийность продукта, содержащего 3 г белка, 3 г жира и 6 г углеводов на 100 г массы.

10. Что такое белковый минимум? Какое оптимальное количество белка должен получать организм человека в сутки?

11. 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?

12. 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.

Нормативы

Желчь печеночная:

- Количество в сутки — 0,5–1,2 л.
- Удельный вес — 1,008–1,015.
- рН = 7,3–8,0.

Сок поджелудочной железы:

- Количество в сутки — 1,5–2,5 л.
- рН = 7,5–8,8.

Сок толстого кишечника:

- Количество в сутки — 0,3–1,5 л.
- рН = 6,1–7,31.

Желчь пузырная:

- Объем пузыря — 50–80 мл.
- Удельный вес — 1,011–1,032.
- рН = 5,6–7,5.

Сок тонкого кишечника:

- Количество в сутки — до 2,5 л.
- рН = 7,2–8,6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 258–278.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 262–280.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 375–398, 399–410, 416–422.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 32.1. ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЧИ НА ЖИРЫ

Материалы и оборудование: предметные 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.

Результаты работы и их оформление. Нарисуйте, как распределяется жир в каплях воды без добавления и с добавлением желчи.



Выводы: (как влияет желчь на состояние жира и механизм этого явления)

Работа 32.2. ПРИСТЕНОЧНОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ

Материалы и оборудование: участок тонкой кишки крысы, пробирки, штатив, стеклограф, стеклянные палочки, нитки, ножницы, водяная баня, раствор Рингера, раствор Люголя, раствор варёного крахмала, ёмкость для сбора отработанных материалов.

Ход работы. В две пробирки налейте по 1 мл раствора Рингера и раствора варёного 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 капли раствора Люголя.

Результаты работы. Отметьте, как изменился цвет раствора в пробирках:

Вывод: (укажите, где произошёл гидролиз крахмала и объясните механизм)

Работа 32.3. АМИЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Определение активности амилазы в плазме крови имеет важное диагностическое значение и используется в клинике для оценки функции поджелудочной железы.

Материалы и оборудование: пробирки, штатив, стеклянные палочки, водяная баня, плазма крови крысы, раствор варёного крахмала, раствор Люголя.

Ход работы. К 1–2 мл плазмы крови добавьте 1 мл раствора варёного крахмала, перемешайте и инкубируйте в водяной бане 30 мин при температуре 38 °С. По окончании инкубации добавьте каплю раствора Люголя.

Результаты работы.

Укажите окраску раствора после добавления раствора Люголя: _____

Вывод: (объясните механизм наблюдаемого явления) _____

Работа 32.4. 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 её затратам. Повышение МТ является одним из важнейших факторов риска потери здоровья и развития сердечно-сосудистых, эндокринных и онкологических заболеваний. её понижение также является фактором риска потери здоровья, и нередко является симптомом уже начавшегося заболевания.

Рекомендуется периодически контролировать МТ. В случае увеличения или снижения её у здорового человека необходимо вносить соответствующую поправку в количество поступающих в организм с пищей калорий или изменить физическую активность. Незначительные колебания массы тела отражают в основном изменения водного баланса.

Материалы и оборудование. Весы, ростомер.

Ход работы. Определите массу тела.

Сравните величины определенной МТ и рассчитанной должной МТ (ДМТ). 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 её расчетом по **формуле Бока–Бругша (1)**:

ДМТ = Рост (см) – 100 (при росте ≤ 165 см);

ДМТ = Рост (см) – 105 (при росте 166–175 см);

ДМТ = Рост (см) – 110 (при росте > 175 см).

Формулы для расчета ДМТ в зависимости от роста и пола человека (2):

ДМТ (для мужчин) = $48 + (\text{Рост (см)} - 152) \times 1,1$ кг/см;

ДМТ (для женщин) = $48 + (\text{Рост (см)} - 152) \times 0,9$ кг/см.

При *астеническом* типе сложения ДМТ может быть уменьшена на 10 %, при *гиперстеническом* телосложении — может быть увеличена на 10 %. 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;
- более чем на 100 % — свидетельствует об ожирении IV степени.

Снижение МТ человека по сравнению с ДМТ:

- на 10–20 % — может отражать слабую степень,
- на 21–30 % — умеренную степень,
- на 31–40 % — тяжелую степень белково-энергетической недостаточности рациона;
- более чем на 40 % — отражает наличие кахексии (истощения).

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывается по формуле:

$$\text{ИМТ} = \text{МТ} / \text{Рост}^2 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Индекс массы тела сегодня используется чрезвычайно широко. На основании его оценки можно оценить степень риска развития некоторых заболеваний.

Масса тела, индекс массы тела, риск потери здоровья

| | Гипотрофия (сниженная МТ) | Норма МТ | Избыточная МТ | Ожирение |
|--------------------|---|---|---|----------|
| ИМТ | < 18,5 | 18,5–24,9 | 25,0 – 29,9 | ≥ 30,0 |
| Риск заболеваний | Анемии; снижение иммунитета и повышение частоты инфекционных заболеваний лёгких, мочевых путей и др.; онкозаболевания; остеопороз, кахексия | Минимальный | Ожирение, сахарный диабет, атеросклероз, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, инсульт и др. | |
| Общие рекомендации | Изменить режим питания и физической активности так, чтобы поступление энергии с пищей превышало её расход | Сохранять существующий режим питания и активности | Изменить режим питания и физической активности так, чтобы поступление энергии с пищей стало меньше её расхода | |

Рекомендации по употреблению пищевых продуктов различных групп:

- 1 группа (жир, сладости) — потреблять в небольших количествах.
- 2 группа (молоко, йогурт, сыры) — 2–3 порции.
- 3 группа (мясо, рыба, горошек, яйца, орехи) — 2–3 порции.
- 4 группа (овощи) — 3–5 порций.
- 5 группа (фрукты) — 2–4 порции.
- 6 группа (хлеб, рис, макароны) — 6–11 порций.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите Вашу измеренную массу тела (МТ).
2. Рассчитайте и оцените Ваши ДМТ, МТ и ИМТ.

ПРОТОКОЛ

Измеренная масса тела (МТ): _____ кг, рост _____ см, пол _____.

ДМТ₁ = _____ – _____ = _____ кг.

(по формуле 1)

Заключение: Отклонение МТ от ДМТ₁ _____ %. МТ: _____.

ДМТ₂ = _____ + (_____ – 152) × _____ = _____ кг.

(по формуле 2)

Заключение: Отклонение МТ от ДМТ₂ _____ %. МТ: _____.

ИМТ = _____ : _____ = _____.

Заключение: _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ**СОСТАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО РАЦИОНА
(демонстрационная компьютерная программа)**

Работа проводится с использованием компьютерной программы **iNutrition2**. Составление пищевых рационов с использованием компьютерных программ позволяет значительно упростить работу по анализу соответствия пищевого рациона человека принципам здорового питания, учесть удовлетворение

потребности в витаминах, микроэлементах, клетчатке и т. д., проводить динамический контроль за его коррекцией.

Ход работы. Войдите в программу **iNutrition2**, нажмите «Создать профиль» и введите требуемую информацию¹⁹, указав среднюю продолжительность рабочего дня²⁰. Нажмите **Ок**.

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 таблицу 32.2, внося (при необходимости рассчитав) должные величины потребности в основных питательных веществах.

Таблица 32.2

| 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 | | | |

¹⁹ 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.

²⁰ 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 | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ»

Занятие 33. ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ

Основные вопросы:

1. Система выделения. Органы выделения (почки, кожа, легкие, пищеварительный тракт). Их участие в поддержании гомеостаза. Почка. Выделительные и невыделительные функции почки.

2. Строение почки. Нефрон как морфофункциональная единица почки, виды нефронов, их структура, функции. Почечный кровоток, его особенности.

3. Основные процессы мочеобразования.

4. Структура почечного фильтра. Механизм клубочковой фильтрации. Образование первичной мочи, её количество и состав.

5. Механизмы канальцевой реабсорбции в различных участках канальцев нефрона и собирательных трубочках. Особенности и механизмы реабсорбции различных веществ.

6. Поворотно-противоточно-множительная система мозгового вещества почки, её физиологическая роль. Механизм концентрирования мочи.

7. Выделительная секреция и синтез в почке.

8. Методы исследования функции почек. Оценка величины фильтрации, секреции, реабсорбции. Клиренс.

9. Нейрогуморальная регуляция мочеобразования (процессов фильтрации, реабсорбции, секреции). Регулируемые параметры (почечная гемодинамика; скорость клубочковой фильтрации; реабсорбция воды, электролитов и др.).

10. Невыделительные функции почки: участие почек в поддержании кислотно-основного состояния, осмотического давления, ионного состава крови, объема циркулирующей крови, в регуляции системного кровотока, гемопоеза, водно-электролитного баланса.

11. Мочевыделение и мочеиспускание. Показатели функции мочевыводящей системы (частота, объём мочевого выделения, ночной и дневной диурез). Количество, состав и свойства конечной 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. Что такое порог выведения и какие вещества относят к пороговым?

4. В каких случаях и почему в конечной моче здорового человека можно обнаружить глюкозу? белок?

5. Как изменяется диурез при выключении реабсорбции ионов Na^+ , K^+ и Cl^- в восходящей части петли Генле?

6. К каким изменениям в организме приводит гиперсекреция альдостерона?

7. Какие факторы стимулируют секрецию ренина?

Показатели анализа мочи в норме

| <i>Физические свойства</i> | <i>Химический состав</i> |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">– цвет — соломенно-желтый;– прозрачность — прозрачная;– плотность — 1,008–1,025 г/мл;– суточное количество — 0,5–2,0 л/сут;– дневной : ночной диурез — 3–4 : 1 | <ul style="list-style-type: none">– реакция — рН 4,0–8,0;– белок — рутинными методами не выявляется;– глюкоза — рутинными методами не выявляется. |
| <i>Микроскопия осадка</i> | |
| <ul style="list-style-type: none">– эритроциты — не встречаются, либо единичные в поле зрения; | <ul style="list-style-type: none">– лейкоциты — не более 3–5 в поле зрения микроскопа. |

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 345–379.
3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 351–385.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 431–461.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 33.1. ПРОВЕДЕНИЕ ОБЩЕГО АНАЛИЗА МОЧИ

Исследование мочи имеет большое практическое значение, так как полученные результаты позволяют оценить функцию почек и некоторые стороны обмена веществ в организме.

Общий анализ мочи позволяет оценить её физические (цвет, прозрачность, запах, количество), физико-химические (удельный вес, реакция мочи) свойства, наличие патологических составных частей мочи (белка, глюкозы, ацетоновых тел, форменных элементов крови), а также выявить содержание случайных элементов в моче (нитритов, ртути, висмута, мышьяка, брома и бромистых препаратов и т. д.).

Определение 10 показателей конечной мочи в данной работе осуществляется методом колориметрии: тест-полоска имеет 10 различных индикаторных подушечек, меняющих цвет (или интенсивность цвета) после контакта с биологической жидкостью.

Ход работы:

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 определить результаты 10 показателей исследуе-

мой мочи, сравнив цвет каждой индикаторной подушечки со стандартными образцами, расположенными на упаковке.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные показатели исследуемой мочи в табл. 33.1.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

Таблица 33.1

| Тест | | Норма | Результат |
|-------------------|-----|------------------------------|-----------|
| 1. Лейкоциты | WBC | не выявляются | |
| 2. Нитриты | NIТ | не выявляются | |
| 3. Уробилиноген | URO | < 3,2 мкмоль/л (0,2 E.U./dl) | |
| 4. Белок | PRO | не выявляется | |
| 5. рН | 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): _____

Работа 33.2. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ПОЧКИ НА МОДЕЛИ



Работа проводится с использованием компьютерной программы «Kidney», раздел «Петля Генле», Механизмы концентрирования мочи (поворотно-противоточная система). На представленной анимации видна упрощенная схема строения петли Генле. Дальнейшее перемещение по страницам программы осуществляется нажатием клавиши «Пробел» («Space»). Из любого места программы можно вернуться в Главное меню с помощью клавиши **F10**.

Осмотическое давление первичной мочи в начальной части нисходящего колена петли Генле равно осмотическому давлению плазмы крови (290 мосмоль/л). Далее в нисходящем колене его величина будет определяться величиной давления в интерстициальном пространстве, поскольку стенка нисходящего колена петли Генле проницаема для воды. В восходящем колене осуществляется активная реабсорбция NaCl в интерстициальное пространство почки, тем самым повышая осмотическое давление жидкости в нём примерно на 200 мосмоль/л. При этом осмолярность мочи в восходящем колене снижается.

Стенки нисходящего и восходящего участков петли Генле расположены параллельно друг другу, а направление движения потоков жидкости в них противоположное (противоток). Благодаря этому и вследствие постоянной работы натриевого насоса (показан на анимации красным цветом) между жидкостью нисходящего колена и жидкостью интерстициального пространства почки будет поддерживаться градиент осмотического давления, силы которого обусловят реабсорбцию части воды из первичной мочи в интерстиций. Далее эта жидкость переходит в кровь венозных сосудов, расположенных вдоль канальцев.

Осмотическое давление мочи нисходящих канальцев нефрона по мере приближения к вершине петли Генле будет возрастать (до 1200–1400 мосмоль/л), а в восходящем колене за счет постоянной работы натриевого насоса вновь

уменьшаться. Поскольку, используя описанный механизм реабсорбции воды, одновременно функционируют многие тысячи рядом расположенных нефронов почки, то их общая насосная и реабсорбционная мощность не просто арифметически складывается, а умножается. В результате совместной работы нефроны формируют возрастающий градиент осмолярности в интерстициальном пространстве почки по направлению вглубь мозгового вещества.

Градиент осмолярности в интерстициальном пространстве поддерживается также мочевиной, которая выходит сюда из канальцев нефрона и собирательных трубочек. Вследствие реабсорбции большого количества воды и солей из первичной мочи, объём жидкости и её осмолярность к началу дистальных извитых канальцев нефрона значительно уменьшается (\approx на 75 % или до 24 л/сутки, осмолярность около 60 мосмоль/л).

В нормальных условиях в дистальных извитых канальцах и собирательных трубочках функционируют водные каналы (аквапорины), через которые в интерстиций и далее в кровь реабсорбируется бóльшая часть оставшейся воды. Оставшаяся жидкость (около 1,5 л) с нереабсорбированными и растворенными в ней многочисленными солями, метаболитами и другими веществами, образует конечный объём мочи, осмолярность которой составляет около 300–500 мосмоль/л.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Какие процессы происходят в нисходящем колене петли Генле?

2. Какие процессы происходят в восходящем колене петли Генле?

3. Как и почему изменится объём и осмолярность конечной мочи:

а) при гипергликемии _____

б) при приеме большого количества солей _____

в) при водной депривации _____

г) при избыточной водной нагрузке _____

д) при приеме фуросемида — ингибитора реабсорбции Na^+ , K^+ и Cl^- в восходящем колене петли Генле _____

е) при гиперсекреции АДГ _____

ж) при гипосекреции АДГ _____

| | |
|---------------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 34. ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ, ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ, ПИЩЕВАРЕНИЯ, ВЫДЕЛЕНИЯ»

Основные вопросы:

1. Обмен веществ и энергии в организме. Процессы анаболизма и катаболизма, их соотношение при различных функциональных состояниях организма. Пластическая и энергетическая роль питательных веществ. Незаменимые для организма вещества. Азотистый баланс и виды его нарушений.

2. Основной обмен и факторы, определяющие его величину. Энергозатраты организма в условиях основного обмена. Методы исследования основного обмена.

3. Энергетическая ценность, ДК и КЭО₂ при окислении в организме различных питательных веществ.

4. Общий обмен. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности (в соответствии со степенью тяжести физического труда). Рабочая прибавка. Специфически-динамическое действие пищи.

5. Питание. Физиологические основы и принципы здорового питания. Нормы питания в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Понятие о пищевых и непищевых факторах риска для здоровья человека. Суточные потребности в белке, жирах, углеводах.

6. Терморегуляция. Понятие о гомойотермии, пойкилотермии и гетеротермии. Температура тела человека и её суточные колебания. Температура различных участков кожных покровов и внутренних органов. Понятие о гипо- и гипертермии, лихорадке.

7. Теплопродукция организма. Источники теплопродукции в организме. Сократительный и несократительный термогенез. Метаболические процессы в бурой жировой ткани. Регуляция процессов теплопродукции.

8. Теплоотдача организма. Понятие о теплопередаче внутри организма. Физические процессы и физиологические механизмы, обеспечивающие теплоотдачу. Регуляция процессов теплоотдачи.

9. Нервные и гуморальные механизмы терморегуляции. Периферические и центральные терморцепторы. Центры терморегуляции. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.

10. Функциональная система питания, роль и место в ней процессов пищеварения. Пищевые мотивации. Аппетит. Физиологические механизмы голода и насыщения.

11. Пищеварительные и непищеварительные функции пищеварительной системы. Типы пищеварения в зависимости от особенностей гидролиза и его локализации. Экспериментальные и клинические методы исследования функций пищеварительной системы.

12. Пищеварение в полости рта. Механическая и химическая обработка пищи. Слюноотделение, жевание, глотание. Механизмы их регуляции. Количество, состав и свойства слюны. Роль слюны в пищеварении.

13. Пищеварение в желудке. Функции желудка. Состав и свойства желудочного сока. Роль соляной кислоты и слизи желудочного сока. Механизм секреции соляной кислоты.

14. Фазы и механизмы регуляции секреции желудочных желез натощак и после приема пищи. Моторная и эвакуаторная функции желудка натощак и после приема пищи, их регуляция.

15. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке. Роль поджелудочной железы в пищеварении. Состав и свойства сока поджелудочной железы.

16. Механизмы регуляции секреции сока поджелудочной железы натощак и после приема пищи. Фазы панкреатической секреции.

17. Функции печени. Роль печени в пищеварении. Желчеобразование и желчевыделение. Роль желчного пузыря. Состав и свойства желчи, её участие в процессах пищеварения. Рециркуляция желчных кислот. Механизмы регуляции желчеобразования и желчевыделения натощак и после приема пищи.

18. Пищеварение в тощей и подвздошной кишке. Состав и свойства кишечного сока. Механизмы регуляции кишечной секреции. Полостной и мембранный гидролиз питательных веществ.

19. Всасывание продуктов гидролиза жиров, белков и углеводов, витаминов и микроэлементов в различных отделах пищеварительного тракта, его механизмы. Сопряжение гидролиза и всасывания. Моторная функция тонкого кишечника и её регуляция.

20. Пищеварение в толстом кишечнике. Моторика толстого кишечника и её регуляция. Дефекация. Значение для организма микрофлоры толстого кишечника.

21. Система выделения. Органы выделения (почки, кожа, легкие, пищеварительный тракт). Их участие в поддержании гомеостаза. Почка. Выделительные и невыделительные функции почки.

22. Нефрон – структурно-функциональная единица почки. виды нефронов, их структура, функции. Почечный кровоток, его особенности.

23. Основные процессы мочеобразования.

24. Структура почечного фильтра. Механизм клубочковой фильтрации. Образование первичной мочи, её количество и состав.

25. Механизмы канальцевой реабсорбции в различных участках канальцев нефрона и собирательных трубочках. Особенности и механизмы реабсорбции и секреции различных веществ.

26. Поворотно-противоточно-множительная система мозгового вещества почки, её физиологическая роль. Механизм концентрирования мочи.

27. Методы исследования функции почек. Оценка величины фильтрации, секреции, реабсорбции. Клиренс.

28. Выделительная секреция и синтез в почке.

29. Участие почек в поддержании кислотно-основного состояния, осмотического давления, ионного состава крови, объема циркулирующей крови, в регуляции системного кровотока, гемопоза, водно-электролитного баланса.

30. Нейрогуморальная регуляция мочеобразования (процессов фильтрации, реабсорбции, секреции). Регулируемые параметры (почечная гемодинамика; скорость клубочковой фильтрации; реабсорбция воды, электролитов и др.).

31. Мочевыделение и мочеиспускание. Показатели функции мочевыводящей системы (частота, объём мочевого выделения, ночной и дневной диурез). Количество, состав и свойства конечной мочи

Практические навыки:

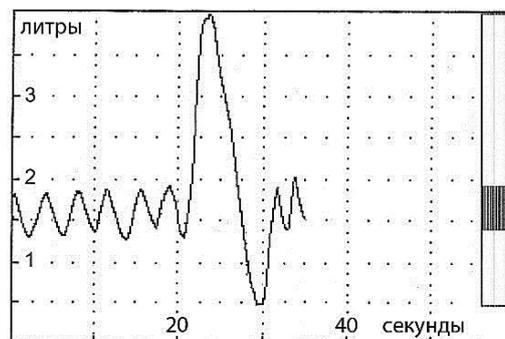
1. Методы определения основного обмена. Расчет должных величин основного обмена (умение).
2. Расчет должных величин основного обмена и общих энергозатрат организма (умение).
3. Методы определения расхода энергии. Прямая и непрямая калориметрия (знание).
4. Определение расхода энергии методом непрямой калориметрии с полным газовым анализом. Определение дыхательного коэффициента (умение).
5. Определение расхода энергии методом непрямой калориметрии с неполным газовым анализом (умение).
6. Оценка массы тела. Расчет индекса массы тела. Физиологическая оценка получаемых показателей и научно обоснованные рекомендации по коррекции массы тела (умение).
7. Составление пищевого рациона. Правила составления пищевых рационов (умение).
8. Методы измерения температуры тела у человека. Измерение аксиальной температуры тела с использованием ртутного и электронного термометров. Возможные ошибки при выполнении. Физиологическая оценка получаемых показателей (умение).
9. Клинико-физиологические методы исследования функций почек: расчёт скорости клубочковой фильтрации по клиренсу инулина (креатинина) (умение).
10. Клинико-физиологические методы исследования функций почек: оценка состава и свойств конечной мочи (умение).

Ситуационные задачи:

1. Рассчитайте должную величину основного обмена и общих энергозатрат организма женщины 26 лет (188 см, 81 кг), занятого умственным трудом, используя таблицы Гарриса–Бенедикта и по методу Дюбуа.

2. По результатам обследования у мужчины 38 лет (рост 166 см, вес 72 кг) были получены следующие показатели: ЧД = 14 в 1 мин, ДО = 500 мл, содержание в выдыхаемом воздухе кислорода = 15,93 %, углекислого газа = 4,28 %. Рассчитайте суточные энергозатраты и определите величину рабочей прибавки испытуемого.

3. Рассчитайте величину основного обмена девушки (18 лет, 160 см, 51 кг). Содержание кислорода в выдыхаемом воздухе 18,5 %. Девушка питается смешанной пищей. При необходимости, используйте данные спирографии. Сравните полученную величину основного обмена с должной.



4. При определении суточных энергозатрат было установлено, что мужчина за одну минуту потребляет 1200 мл кислорода и выделяет 1020 мл углекислого газа. Как называется примененный метод калориметрии. Сравните результаты, полученные с использованием метода прямой калориметрии — 2370 ккал/сут. Объясните полученные результаты.

5. Рассчитайте и оцените индекс массы тела женщины 36 лет (рост 162 см, масса 76 кг). Дайте (при необходимости) рекомендации по коррекции массы тела.

6. Определите, какое количество белков, жиров и углеводов необходимо употреблять в пищу в течение суток мужчине в возрасте 36 лет (рост 174 см, вес 70 кг, занят лёгким физическим трудом). Правильно ли составлен его пищевой рацион, если в течение суток она потребляет 56 г белка (38 г — животного происхождения), из них на завтрак и обед приходится 20 г?

7. Аксиальная температура тела, измеренная в 8 час утра, составила 36,8 °С. Дайте физиологическую оценку полученному показателю. Предположите, как изменится температура тела к 18 часам вечера.

8. Почему человек, плавающий в воде температурой 25 °С, имеет гораздо больший шанс переохладиться, чем человек, находящийся на воздухе при такой же температуре?

9. Мужчина, работающий на солнце при стопроцентной влажности воздуха, пожаловался на недомогание. Была измерена аксиальная температура — 38,0 °С. Как называется такое состояние? Нарисуйте кривую диссоциации оксигемоглобина у этого человека.

10. Рассчитайте величину эффективного фильтрационного давления и скорость клубочковой фильтрации в нефроне, если гидростатическое давление крови в капиллярах почечно-го тельца равно 65 мм рт. ст., гидростатическое давление первичной мочи — 8 мм рт. ст., онкотическое давление плазмы крови — 27 мм рт. ст., коэффициент фильтрации — 5 мл/мин×мм рт. ст.

11. Концентрация креатинина в плазме крови 66 мкмоль/л, в конечной моче — 5300 мкмоль/л, объём суточной порции мочи 1850 мл. Определите СКФ (мл/мин), дайте физиологическую оценку полученному результату.

12. Сделайте физиологическое заключение по результатам общего анализа мочи: суточный объём — 8 литров, бесцветная, прозрачная, плотность — 1001 г/л, белок — нет, глюкоза — нет, эритроциты — нет, лейкоциты — 1–2 в поле зрения. Чем могут быть обусловлены полученные результаты?

13. Сделайте физиологическое заключение по результатам общего анализа мочи: суточный объём — 2,4 литра, бесцветная, прозрачная, плотность — 1038 г/л, белок — нет, глюкоза — есть, эритроциты — нет, лейкоциты — 0–1 в поле зрения. Чем могут быть обусловлены полученные результаты?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 209–379.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2010. 511 с. С. 208–385.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. 608 с. С. 337–461.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 34.1. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ИЛИ ПИСЬМЕННЫЙ

Ход работы. Студент самостоятельно загружает программу «Тестирование» → Контрольные тесты → **Леч. ф-т. Итоговое: Физиология обмена веществ и энергии, терморегуляции, пищеварения, выделения** или выполняет письменную контрольную работу. При необходимости преподаватель после компьютерного или письменного контроля знаний у студента может провести устный опрос.

Указания к оформлению протокола: Внесите в протокол информацию о результатах контроля знаний.

ПРОТОКОЛ

1. Всего вопросов _____. Правильных ответов _____.

2. Процент правильных ответов _____%. Отметка _____.

Раздел «ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА»

Занятие 35. ВРОЖДЕННЫЕ И ПРИОБРЕТЕННЫЕ ФОРМЫ ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА К ИЗМЕНЕНИЮ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ. ПАМЯТЬ. ТИПЫ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные вопросы:

1. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты). Классификация (по И. П. Павлову и по П. В. Симонову), условия их реализации, физиологическая роль.
2. Понятие о высшей нервной деятельности (И.П. Павлов). Научение, его виды.
3. Условный рефлекс как форма приспособления животных и человека к изменяющимся условиям существования. Классификация условных рефлексов, их роль.
4. Закономерности образования и проявления классических и оперантных условных рефлексов. Правила выработки условных рефлексов. Их структурно-функциональная основа. Механизм замыкания временной связи.
5. Торможение в высшей нервной деятельности и его роль. Классификация торможения условных рефлексов.
6. Динамический стереотип. Его значение для обучения и приобретения трудовых навыков.
7. Физиология памяти. Виды памяти. Важнейшие структуры ЦНС, ответственные за отбор, фиксацию и хранение информации. Механизмы кратковременной и долговременной памяти. Долговременная потенция. Облегчение проведения через синапс. Понятие об амнезии и её видах.
8. Типы высшей нервной деятельности, их классификация и характеристика.
9. Понятие о современных средствах визуализации деятельности мозга: позитронно-эмиссионная томография, функциональная магниторезонансная томография, ЭЭГ-картирование.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключаются общие черты и различия между безусловными и условными рефлексами? между безусловными и условными видами торможения?
2. Какой раздражитель — условный или безусловный — должен действовать первым при выработке классического условного рефлекса?
3. Какой вид торможения выработанного условного рефлекса наблюдается при прекращении его подкрепления?
4. Какие структуры мозга являются важнейшими для процессов памяти?
5. В чем заключается отличие механизмов, лежащих в основе процессов кратковременной и долговременной памяти?
6. 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?

7. Какие общие черты имеются у сангвника и флегматика? Сангвника и холерика? Какие черты отличают их друг от друга (по И. П. Павлову)?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 504–544.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 527–568.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. С. 502–503, 507–520.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 35.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМА АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Ассоциативная память основана на самостоятельном, инициативном использовании человеком разных способов запоминания, хранения и воспроизведения информации. Ассоциативная память позволяет установить смысловую связь между предъявляемым новым событием (словом) и его ассоциацией с другими текущими или прошлыми событиями (обстановкой, временем, предметами и т. д.).

Материалы: ручки, чистые листы бумаги.

Ход работы. Студентам предлагается ряд слов (словосочетаний)²¹, 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 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.

²¹ Примеры рядов слов (словосочетаний) приведены в приложении.

Результаты:

Количество ошибок — _____

Набрано баллов — _____

Заключение: _____**Определение предположительного типа мышления**

Особенности типа мышления отражаются типами рисунков испытуемого.

Все изображения можно классифицировать на 5 основных видов:

- *абстрактные* — в виде линий, не оформленных в какой-либо образ;
- *знаково-символические* — в виде знаков или символов (геометрические фигуры, стрелки и т. д.);
- *конкретные* — конкретные предметы;
- *сюжетные* — изображаемые предметы, персонажи объединяются в какую-либо ситуацию, сюжет;
- *метафорические* — изображения в виде метафор, художественного вымысла и т. д.

В зависимости от наиболее часто используемого типа изображений можно сделать предположение об особенности типа мышления испытуемого. Если преимущественно используются абстрактные и знаково-символические рисунки, это свидетельствует о преобладании стремления к обобщению, синтезу информации. Такие люди характеризуются высоким уровнем развития *абстрактно-логического* мышления. Сюжетные и метафорические изображения преобладают у людей с *творческим* типом мышления. При преобладании конкретных изображений можно предполагать *конкретно-действенный* тип мышления.

Рассмотрите сделанные рисунки, определите преобладающий вид и сделайте заключение о предположительном типе мышления.

Заключение: _____**Работа 35.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМА КРАТКОВРЕМЕННОЙ СЛУХОВОЙ ПАМЯТИ С ПОМОЩЬЮ БУКВЕННЫХ И ЦИФРОВЫХ КОМПЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА**

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: 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 объема 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

Объем кратковременной слуховой памяти:

цифры — _____ знаков, буквы — _____ знаков.

Вывод: _____

| | |
|--------------------------------|---|
| Исправить задания на страницах | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

Занятие 36. ВЫСШИЕ ИНТЕГРАТИВНЫЕ ФУНКЦИИ МОЗГА КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА

Основные вопросы:

1. Физиологические потребности организма. Мотивации. Классификация мотиваций. Механизмы возникновения биологических мотиваций. Доминанта.
2. Эмоции, их виды. Понятие о нейрофизиологических механизмах формирования эмоций. Роль коры больших полушарий, лимбической системы. Состояние функций ЦНС, соматических, вегетативных, эндокринных функций организма при различных эмоциях.
3. Состояния сна и бодрствования и их нейрофизиологические механизмы. Цикл сон-бодрствование. Фазы сна. Состояние функций ЦНС, соматических и вегетативных функций организма во время сна и бодрствования. Функции сна.
4. Локализация функций в коре больших полушарий головного мозга. Функции ассоциативной и лобной коры. Функциональная асимметрия коры больших полушарий у человека. Доминантность полушарий и её роль в осуществлении психических функций (речь, мышление и др.). Пластичность коры.
5. Первая и вторая сигнальные системы. Речь, её виды и функции. Роль сенсорного (Вернике) и моторного (Брока) центров в речевой функции. Понятие об афазиях.
6. Внимание, его нейрофизиологическая основа. Механизмы. Роль внимания в процессах восприятия, запоминания и обучения.
7. Сознание. Нейрофизиологическая основа. Механизмы. Медицинские критерии оценки сознания человека.
8. Мышление. Типы мышления. Нейрофизиологическая основа. Понятие о механизмах.
9. Архитектура целостного поведенческого акта с точки зрения теории функциональной системы П.К. Анохина.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как отличаются показатели ЭЭГ в состоянии бодрствования и сна человека?
2. В какую из фаз сна отмечается минимальный тонус скелетных мышц?
3. Какая частота ЭЭГ характерна для фазы быстрого сна? глубокого сна?
4. Как изменится поведение человека при повреждении лобной коры?
5. Где локализуется слуховая кора?
6. В чём выражается функциональная асимметрия полушарий?
7. При каком виде афазии у человека нарушены понимание и смысл речи при сохранении способности бегло говорить?
8. При каком виде афазии у человека нарушены произнесение слов и построение фраз при сохранении понимания речи?
9. Как называется совокупность возбуждений, возникающих при удовлетворении потребности?
10. По каким признакам можно судить испытывает ли человек эмоции?
11. Что является компонентами стадии афферентного синтеза по Анохину?
12. На какой стадии поведенческого акта формируется акцептор результата действия?

13. По каким признакам можно оценить наличие или отсутствие сознания у человека?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Электронные учебно-методические комплексы, учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. 604 с. С. 544–594.

3. *Физиология человека* : учеб. пособие. В 2 ч. / под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2011. Ч. 2. 623 с. С. 568–616.

4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. С. 521–545.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 36.1. 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.

Повторите тест с начала. При этом сразу после исчезновения треугольника начните в уме последовательно отнимать число 7 от 200 ($200 - 7 = 193$, $193 - 7 = 186$ и т. д.) с максимальной скоростью. Не прерывая счета, при появлении второго треугольника также максимально быстро нажмите клавишу **Enter**. Запишите полученное значение латентного периода сложной сенсомоторной реакции.

На основании измеренных латентных периодов сравните скорости простой и сложной сенсомоторных реакций.

Результаты:

Латентный период простой сенсомоторной реакции _____ мс.

Латентный период сложной сенсомоторной реакции _____ мс.

Вывод: _____

Работа 36.2. ПРОЯВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ПОЛУШАРИЙ

Для оценки соотношения функций правого и левого полушария у человека используются множество тестов различного уровня сложности. В работе предлагается один из наиболее простых тестов.

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 баллы от 1 до 9. Постарайтесь поставить себе справедливую оценку «за настроение».

При необходимости, используйте аналоговую шкалу:

0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Баллы внесите в опросник:

| Пункт | Утверждение | Балл |
|-------|---|------|
| 1 | У меня преобладает хорошее настроение | |
| 2 | Я помню то, чему учился (училась) несколько лет назад | |
| 3 | Прослушав раз-другой мелодию, я могу правильно воспроизвести её | |
| 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 | |

Сумма баллов по пунктам 1, 2, 5, 8, 9 (Л) = _____
Значение Л характеризует левое полушарие.

Сумма баллов 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 36.3. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНИМАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КОРРЕКТУРНОЙ ПРОБЫ

Внимание — один из главных психологических процессов, от характеристик которого зависит состояние познавательной готовности к обучению, успешность учебной и профессиональной деятельности.

Основные показатели 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 В. Bourdon в 1895 г., позволяет оценить способность к концентрации и устойчивости внимания.

Исследование проводится при помощи специальных корректурных таблиц — бланков с рядами расположенных в случайном порядке колец Ландольта, букв, цифр, фигур (грибок, домик, ведёрко, цветок и т. п. — для детей 3–5 лет). В работе предлагается буквенный вариант таблиц.

Материалы и оборудование: секундомер, карандаш, стандартные корректурные таблицы с рядами строчных букв, расположенных в случайном порядке без интервалов.

Ход работы. Работа выполняется индивидуально либо всей группой студентов. Стандартные корректурные таблицы содержат 1600 знаков. Время выполнения работы — 5 мин (300 с).

Инструкция для испытуемых. По сигналу вы должны начать внимательно просматривать каждый ряд табл. 36.1 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».

Объём внимания оценивается по количеству просмотренных за 5 мин знаков (в норме 850 и более букв).

Концентрация внимания оценивается по количеству допущенных за 5 мин ошибок (в норме 5 и менее).

Показатель переключения внимания (C) рассчитывается по формуле:

$$C = [(K_s - O_s) / K_s] \times 100 \%,$$

где O_s — количество ошибочно просмотренных строк; K_s — общее количество строк в просмотренной части таблицы.

Показатель продуктивности и устойчивости внимания (S) рассчитывается по формуле:

$$S = (0.5 \times N - 2.8 \times n) / t,$$

где S — показатель продуктивности и устойчивости внимания в единицу времени, бит/с; N — количество просмотренных знаков в единицу времени; n — количество ошибок, допущенных в единицу времени; t — единица времени, с²².

Оценка результатов:

| 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 |

²² 60 с при определении продуктивности и устойчивости внимания за каждую минуту работы и 300 с при определении продуктивности и устойчивости внимания за все 5 мин.

Стандартная буквенная таблица для корректурной пробы

СХАВСХЕВИХНИСХНВХВКМНАИСЕМВХЕНАИСНПУКСОВК
 ВЕНХИВСНАВВСАВСАЕКМАХВКЕОРУМЛПНАВЫВАМПРИД
 НХСРОВНВОТКНЛМЧАМОЛТВНЛМИСМГУБВВНСМЛОТЛБ
 ХАКИТОНВММБЛЧСХНГХАИХКМИНГСВЧХФИСБЛМОГНХ
 АХВСТМОНЕУБСТГАХЫЧНАТНВЛСМНГАХВВЛГМВЕМНМ
 СОРНВУЛОНСМСЛНХЧССИОЛКОМГИСМВЛХТСИМНЕПСМ
 УХРАОПНИСМИОТУХНГВЛБЯШГВИМТСНУХЛОГНЦСИМУ
 ИКНГАЕПВОРСМИТУХЫЖБСИНУХТЯДЛАНТСИМХВУМОЛ
 БВАПМИСРОКНЕОЛЭТФОЕУБВОАЖМБНАОПМЮЭХЦШАМБ
 СИТНЫДАОРЕГСМИТАНЦХЭОАЛСЬМАБЖЧТСНМКЕАВЭХ
 ВАПУЕКАЧМСИТВДЛМТИНФЭЧБГГКПБЯЕХЮЩАНСМВАТ
 ЕКНМСИТВДЮБСЕГОВЧБЯЕХЮТГМИОУЕАВСБЮХЦТМА
 МНГАЕЛИЬЮМПВЕХФЛУЕАСМОЛВГОИБЧСМКЕНГОВМАЕ
 ХВАМСИРНКЕГОМЛЭЮБСМИХВАНЕГЛХУЫМСОЛЭТЕТМГ
 НГМИТГОЛХИНАПМТИНГОЛЭСВАИНРХВАЛЭЮМИНЕРПМ
 АПРВМИСНКМГОАМИВТХИНВЕАПРОЛАИСЕНВХАЭВММА
 БВМИЕНКЛОВМАБХМКЕНГИТМАБЛОМНГЕОЭЛАВТММБМ
 УИМЕВАРПОТИМТИГОХЮБТИСМУЛОАНЕГИАУФВАСМИА
 ТНГОРАМИСПАРВЭМТСАШНКТОВМНГАРМИСТЭХВМИМТ
 ВАПНСИМОЛХЭВТОЕНГАМИСВДЛАРПНМГМИТСЮБВАХЭ
 ЛНХЧССИОЛКОДЛМТИНБТИСМУЛПРОИСМЕАЛОВБИТЮМ
 ОРЕГСМИТАМКМАХВКЕОРУМФЭЧБГГКОРМГСММИИРША
 УКЕНАПМСИРВШОРОАПМУЕКНГТСОЭВКЕНВУАЕПИСФМ
 БЯЕХЮСМВПАЕВКБЛВРАНГЕИМТВДЮАПОРАОШУОВЛФЕ
 МТОНАПСМИВПРАОЭХШКНЕВАСМИФАВКЕНСИАРЕОТИВ
 КХАПРСМИТОВПНАКМГОДЛАТСИВПАМКЕГНХЛОБВАПК
 СМММИВПАЕАНКГАРОАИПТСМСВПАЕНУГКНРИМИМЕАТ
 ИТОСМШВАЕАУКГНВДЛАОПЭБТСИМПВАМБЛЧСМИВАЭХ
 ХВАПРСМИТСФШВХАПКЕНУИТСОЛЭВАТИСРЕВШЛАОЭМ
 ЕНГАРПСМИВАПРОИТИСМПВАЕУХЭДВАПРСШМИАПКНВ
 ГОВРПАШКНСИТВОГАЭЩДАРСМИВАКМНЦГСИТЛВОАРО
 АБСРПАМКЕНГМТИБЛВЭСИВАЕНВЛОАРШАМИАХУФАП
 ВОЛСМИАПНШУХЭВТСИАПАМНЕВРЛЕЧСАВКАИСМРАЕВ
 РОВНВШТЛМТИРОТИМРШНЭХВАПСРТИМКМПВГКНЕПРА
 БВАЕКУМИЦФЭЕАПРСИМХБВАЛОКЕНГМИБЭЛАЮВСМИЕ
 АУКШНМИСМАВОРИТВЭВОРАМНКГЛОМИСТЦЯХЭЛАОРС
 КНАЕВПСМИМРЛЭЯБСМИКШВПОЛЭХУНВЕКПРВСМИТОР
 ИМАКЕНВАЭОЛМТИСПЕАНВШГФХВПАРУЛОСИМТРОАХЕ
 ХКЕНИСМПВАМЧСИТВАРПОЛХГНКЕЭФЫВУКЕСИМАПХА
 ТОРВМСИПЕУКНВГЛОЭХФЦУЕМСИТМОАРПНЕКХНКШАГ

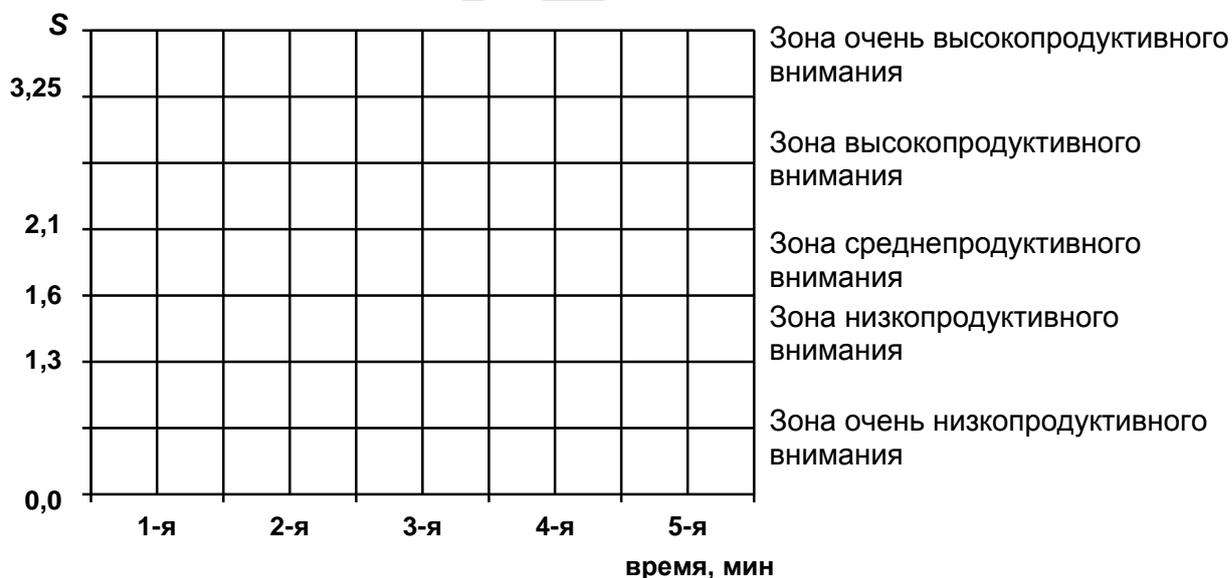
Указания к оформлению протокола. После окончания корректуры:

1. Определите количество букв, просмотренных за каждую минуту, и за 5 мин в целом. Определите объём внимания.
2. Определите количество ошибок (пропущенные и неправильно зачеркнутые буквы), допущенных за каждую минуту, и за все 5 мин (таблица для предварительной проверки дана в Приложении). Определите концентрацию внимания.
3. Рассчитайте показатели продуктивности и устойчивости внимания за каждую минуту работы и за 5 мин в целом.
4. По показателям продуктивности и устойчивости внимания (S), полученным в процессе выполнения задания, постройте график, отражающий динамику изменения продуктивности и устойчивости внимания во время выполнения пробы.
5. Сделайте вывод об объёме, концентрации, переключаемости, продуктивности и устойчивости внимания.

ПРОТОКОЛ

| Минута | Показатели внимания | | | | | |
|--------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------|-------|---------|
| | объём, букв (N) | концентрация, ошибок (n) | устойчивость (S , бит/с) | переключение | | |
| | | | | O_S | K_S | C (%) |
| 1-я | | | | | | |
| 2-я | | | | | | |
| 3-я | | | | | | |
| 4-я | | | | | | |
| 5-я | | | | | | |
| за все 5 мин | | | | | | |

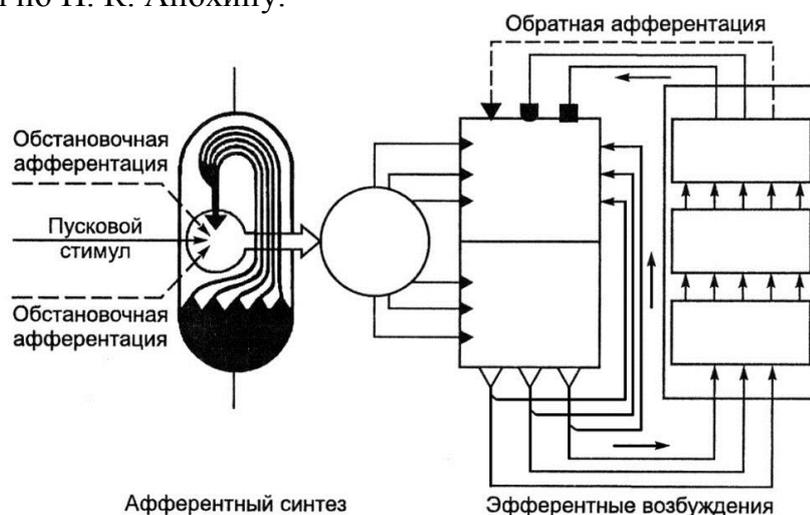
Динамика изменения продуктивности и устойчивости внимания



Выводы: _____

Работа 36.4. ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ (выполняется дома самостоятельно)

Ход работы. Заполните схему функциональной системы целенаправленного поведения по П. К. Анохину.



Работа 36.5. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Просмотрите учебные видеофильмы: «Физиология мотиваций и эмоций» (10 мин) и «Типы высшей нервной деятельности» (40 мин).

ПАМЯТКА ПО ДОПУСКУ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ К ЭКЗАМЕНУ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Студент (курсант) допускается к сдаче экзамена по нормальной физиологии при условии успешной защиты всех лабораторных работ и отсутствия пропусков лабораторных занятий или их своевременной отработки. Пропуски лекций учитываются при подведении рейтинга студента (по согласованию с преподавателем могут отрабатываться путём написания конспекта лекций, реферата, устного ответа по теме пропущенной лекции и т. д.). При расчёте рейтинга студента учитываются все отметки, включая полученные по результатам сдачи и пересдачи итоговых занятий, отработки учебных занятий. При получении неудовлетворительной отметки и при передаче экзамена рейтинг студента не учитывается.

Обучающийся не допускается к сдаче экзамена решением кафедры. 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 | ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ЗАЩИЩЕНЫ С ОТМЕТКОЙ: |
| | |

(подпись преподавателя)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Гайтон, А.* Медицинская физиология : учеб. / А. Гайтон, Э. Дж. Холл. Москва, 2008. 1296 с.
2. *Зилов, В. Г.* Физиология детей и подростков : учеб. пособие / В. Г. Зилов, В. М. Смирнов. Москва, 2008. 572 с.
3. *Кандел, Э.* В поисках памяти / Э. Кандел. Москва, 2012. 736 с.
4. *Кардиология* : национальное руководство / под ред. Е. В. Шляхто. 2-е изд. перераб. и доп. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 800 с.
5. *Морман, Д.* Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. 4-е междунар. изд. Санкт-Петербург, 2000. 256 с.
6. *Нормальная физиология* : учеб. / под ред. А. В. Завьялова, В. М. Смирнова. Москва, 2009. 816 с.
7. *Нормальная физиология. Краткий курс* : учеб. пособие / под ред. В. В. Зинчука. Минск, 2010. 431 с.
8. *Нормальная физиология. Ситуационные задачи и тесты: учебное пособие* / под ред. К. В. Судакова. Москва, 2006. 248 с.
9. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология : учеб. / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. 2-е изд. Москва, 2010. 832 с.
10. *Физиология человека. Compendium* : учеб. / под ред. Б. И. Ткаченко. 3-е изд. Москва, 2010. 496 с.
11. *Солодков, А. С.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учеб. / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. 4-е изд., испр. и доп. Москва, 2012. 620 с.
12. *Физиология человека* / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. В 3 т. 3-е изд. Москва, 2005. 881 с.
13. *Физиология человека* : учеб. пособие / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича. 4-е изд., испр. Минск, 2012. 544 с.
14. *Физиология человека. Задачи и упражнения* : учеб. пособие / под ред. Ю. И. Савченкова. 2-е изд. Ростов на Дону–Красноярск, 2007. 160 с.
15. *Физиология человека* : учеб. / Н. А. Агаджанян [и др.]. 5-е изд. Москва–Нижегород, 2005. 526 с.
16. *Фрит, К.* Мозг и душа : как нервная деятельность формирует наш внутренний мир / К. Фрит. Москва, 2012. 336 с.
17. *Чеснокова, С. А.* Атлас по нормальной физиологии : учеб. пособие / С. А. Чеснокова, С. А. Шастун ; под ред. Н. А. Агаджаняна. 2-е изд., испр. и доп. Москва, 2007. 480 с.
18. *Эндокринология* : национальное руководство / под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2008. 1072 с.
19. *Яковец, А.* Автоматизированный анализ крови : методологические нюансы / А. Яковец // Здоровье Украины. С. 69–70. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://health-ua.com/article/2571.html>. Дата доступа : 07.04.2015.
20. *Brodal, P.* The Central Nervous System / P. Brodal. 4th ed. Oxford, 2010. 608 p.
21. *Costanzo, L. S.* Physiology / S. L. Costanzo. 5th ed. 2013. 520 p.
22. *Fox, S. I.* Human Physiology / S. I. Fox. 11th ed. McGraw-Hill, 2009. 808 p.
23. *Ganong's Review of Medical Physiology* / K. E. Barrett [et al.]. 25th ed. McGraw-Hill, 2015. 768 p.
24. *Gutnik, B.* Physiology for «lazy» students = Физиология для «ленивых» студентов. Ч. 1. Нервно-мышечная физиология. Организация движений. Р. I : Neuromuscular Physiology. Motor Control / B. Gutnik, V. Kobrin, D. Nash. Москва, 2009. 200 с.
25. *Malcolm, S. T.* The only ECG book you'll ever need / S. T. Malcolm. 7th ed. LWW, 2012. 352 p.
26. *Silverthorn, D. U.* Human Physiology : an integrated approach / D. U. Silverthorn. 6th ed. Benjamin Cummings. 2012. 992 p.

ПРИСТАВКИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ СИ

| Префикс | Множитель | Обозначение | |
|---------|------------------------------------|-------------|---------------|
| | | русское | международное |
| пета | $10^{15} = 1.000.000.000.000.000$ | П | P |
| тера | $10^{12} = 1.000.000.000.000$ | Т | T |
| гига | $10^9 = 1.000.000.000$ | Г | G |
| мега | $10^6 = 1.000.000$ | М | M |
| кило | $10^3 = 1.000$ | к | k |
| гекто | $10^2 = 100$ | г | g |
| дека | $10^1 = 10$ | да | da |
| деци | $10^{-1} = 0,1$ | д | d |
| санتي | $10^{-2} = 0,01$ | с | c |
| милли | $10^{-3} = 0,001$ | м | m |
| микро | $10^{-6} = 0,000.001$ | мк | μ |
| нано | $10^{-9} = 0,000.000.001$ | н | n |
| пико | $10^{-12} = 0,000.000.000.001$ | п | p |
| фемто | $10^{-15} = 0,000.000.000.000.001$ | ф | f |

КОНТРОЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ КРОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ (к работе 4.4)

| Образец крови | Агглютинация с реактивом | | |
|------------------|--------------------------|--------|---------|
| | anti-A | anti-B | anti-Rh |
| 1 | + | - | + |
| 2 | - | + | + |
| 3 | + | + | - |
| 4 | - | - | - |
| 5 | + | + | + |
| 6 | - | + | - |

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ВЕЛИЧИНЫ ОСНОВНОГО ОБМЕНА

Формулы Гаррис–Бенедикта (1919):

$$\text{♀: } \text{ОО} = 655,09 + 9,56 \times \text{вес (кг)} + 1,85 \times \text{рост (см)} - 4,68 \times \text{возраст (годы)}$$

$$\text{♂: } \text{ОО} = 66,47 + 13,75 \times \text{вес (кг)} + 5,00 \times \text{рост (см)} - 6,76 \times \text{возраст (годы)}$$

Формулы Миффлина–Джеора (1990):

$$\text{♀: } \text{ОО} = 10 \times \text{вес (кг)} + 6,25 \times \text{рост (см)} - 5 \times \text{возраст (годы)} - 161$$

$$\text{♂: } \text{ОО} = 10 \times \text{вес (кг)} + 6,25 \times \text{рост (см)} - 5 \times \text{возраст (годы)} + 5$$

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

| См | ВОЗРАСТ В ГОДАХ | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 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)

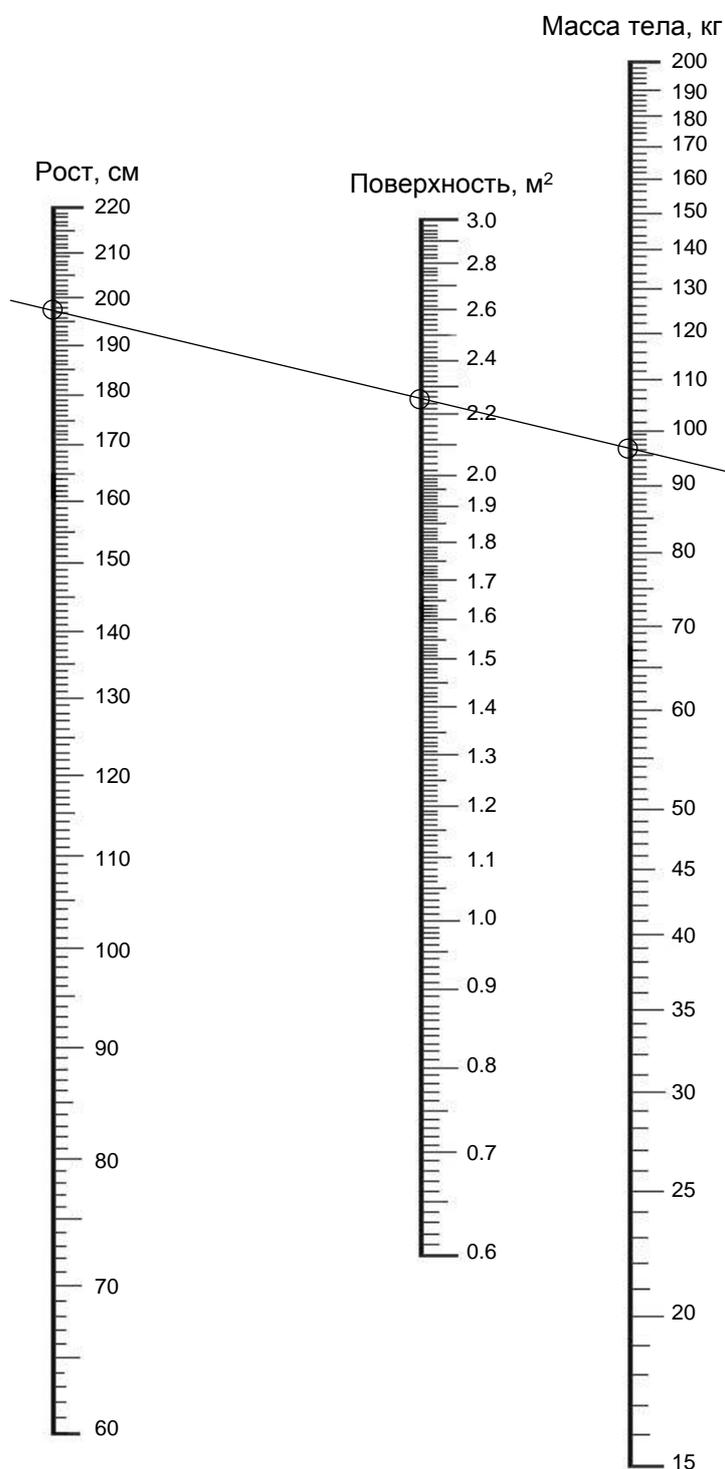
ТАБЛИЦА А

| 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 | 1325 | 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

| См | ВОЗРАСТ В ГОДАХ | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 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 |

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА



ПРИМЕРЫ ТЕРМИНОВ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЁМА АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ (к работе 35.1)

Пример 1.

Береговой, утрата, сладкий, ствол, пика, ласковое животное, собака на со-
ломе, печальный, занемочь, хруст льда, перелёт шмеля, ясный путь, ветреный,
верный товарищ, пламя, собачье счастье, вечерний звонок, легкая ходьба, накре-
ниться, судьба.

Пример 2.

Стяг, недоумение, чудесное утро, энергоёмкий, неприятный осадок, исце-
литься, долгий поход, гнетущие думы, знающий, ласковый ветер, лень, красивый
танец, май, время перемен, расцветающий, до свидания, разруха, взаимопонима-
ние, иммунный, прожаренная рыба.

КОНТРОЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ КОРРЕКТУРНОЙ ПРОБЫ (к работе 36.3)

В таблице приведены наименование и количество букв, которые должны
быть вычеркнуты в соответствующей строке корректуры.

| Строка | Букв | Строка | Букв | Строка | Букв | Строка | Букв |
|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| 1 | С, 6 | 11 | В, 3 | 21 | Л, 5 | 31 | Г, 3 |
| 2 | В, 8 | 12 | Е, 4 | 22 | О, 3 | 32 | А, 7 |
| 3 | Н, 5 | 13 | М, 5 | 23 | У, 3 | 33 | В, 5 |
| 4 | Х, 6 | 14 | Х, 3 | 24 | Б, 3 | 34 | Р, 5 |
| 5 | А, 4 | 15 | Н, 5 | 25 | М, 3 | 35 | Б, 3 |
| 6 | С, 8 | 16 | А, 6 | 26 | К, 4 | 36 | А, 4 |
| 7 | У, 4 | 17 | Б, 4 | 27 | С, 3 | 37 | К, 3 |
| 8 | И, 4 | 18 | У, 3 | 28 | И, 3 | 38 | И, 3 |
| 9 | Б, 4 | 19 | Т, 5 | 29 | Х, 2 | 39 | Х, 3 |
| 10 | С, 4 | 20 | В, 4 | 30 | Е, 2 | 40 | Т, 2 |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ» | 4 |
| Занятие 1. Введение. Предмет и задачи нормальной физиологии. Гомеостаз. Физико-химические свойства крови | 4 |
| Занятие 2. Физиологические функции эритроцитов. Гемопоз. Эритроцитопоз. | 15 |
| Занятие 3. Группы крови. Система АВ0; резус (Rh). Физиологическое обоснование подбора донорской крови. Физиологические функции тромбоцитов. Тромбоцитопоз. Система гемостаза | 27 |
| Занятие 4. Физиологические функции лейкоцитов. Лейкопоз. Неспецифическая и специфическая резистентность организма. Физиологическая оценка результатов общего анализа крови | 41 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ» | 52 |
| Занятие 5. Основы информационного обмена клетки с окружающей средой: химическая сигнализация. Общая физиология эндокринной системы. | 52 |
| Занятие 6. Физиология эндокринной системы | 57 |
| Занятие 7. Итоговое занятие по разделам «Физиология крови. Физиология эндокринной системы» | 62 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ» | 71 |
| Занятие 8. Электрическая сигнализация. Законы реагирования возбудимых тканей. Биологические потенциалы. Изменение возбудимости при возбуждении..... | 71 |
| Занятие 9. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача..... | 76 |
| Занятие 10. Физиология мышц | 80 |
| Занятие 11. Роль и функции нервной системы и её структурных элементов. Торможение в ЦНС. Общие принципы координационной деятельности ЦНС | 86 |
| Занятие 12. Итоговое занятие по разделу «Физиология возбудимых тканей» | 92 |
| Раздел «ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ» | 96 |
| Занятие 13. Роль и функции спинного мозга, продолговатого и среднего мозга, мозжечка, ретикулярной формации..... | 96 |
| Занятие 14. Роль и функции таламуса, гипоталамуса, базальных ядер, лимбической системы и коры полушарий мозга. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений | 102 |
| Занятие 15. Физиология автономной нервной системы | 107 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ» | 113 |
| Занятие 16. Общая физиология сенсорных систем. Зрительная система | 113 |

| | |
|--|-----|
| Занятие 17. Физиология слуховой, вестибулярной, вкусовой, обонятельной и соматовисцеральной сенсорных систем | 123 |
| Занятие 18. Итоговое занятие по разделам «Частная физиология нервной системы. Физиология сенсорных систем». Зачёт | 131 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ» | 137 |
| Занятие 19. Гемодинамика. Функциональные показатели кровообращения. Микроциркуляция | 137 |
| Занятие 20. Физиологические свойства и особенности миокарда..... | 147 |
| Занятие 21. Сердечный цикл. Методы исследования сердечной деятельности | 151 |
| Занятие 22. Регуляция кровообращения. Занятие 1 | 160 |
| Занятие 23. Регуляция кровообращения. Занятие 2 | 166 |
| Занятие 24. Итоговое занятие по разделу «Физиология сердечно-сосудистой системы» | 173 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ. РЕЗЕРВЫ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ» | 179 |
| Занятие 25. Вентиляция лёгких | 179 |
| Занятие 26. Газообмен в лёгких и тканях. Транспорт газов кровью | 186 |
| Занятие 27. Регуляция дыхания..... | 192 |
| Занятие 28. Тестирование резервов кардиореспираторной системы | 198 |
| Занятие 29. Итоговое занятие по разделу «Физиология дыхания. Резервы кардиореспираторной системы» | 206 |
| Раздел «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ» | 210 |
| Занятие 30. Обмен веществ и энергии. Терморегуляция | 210 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ» | 217 |
| Занятие 31. Пищеварение в полости рта и желудка. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке | 217 |
| Занятие 32. Роль печени в пищеварении. Пищеварение в тонком и толстом кишечнике. Питание. | 224 |
| Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ» | 231 |
| Занятие 33. Физиология выделения..... | 231 |
| Занятие 34. Итоговое занятие по разделу «Физиология обмена веществ и энергии, терморегуляции, пищеварения, выделения» | 235 |
| Раздел «ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА» | 240 |
| Занятие 35. Врожденные и приобретенные формы приспособительных реакций организма к изменению условий существования. Память. Типы высшей нервной деятельности | 240 |
| Занятие 36. Высшие интегративные функции мозга как физиологическая основа психических функций человека..... | 244 |
| ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА | 251 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | 252 |

Учебное издание

Переверзев Владимир Алексеевич
Кубарко Алексей Иванович
Александров Денис Александрович и др.

ПРАКТИКУМ ПО НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Учебное пособие

4-е издание

Ответственный за выпуск В. А. Переверзев
Компьютерный набор Д. А. Александрова
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 20.06.18. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 15,11. Уч.-изд. л. 14,25. Тираж 756 экз. Заказ 536.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

Репозиторий БГМУ