

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ПРАКТИКУМ

Под редакцией В.В. Зинчука

В двух частях

Часть 1

А в т о р ы :

зав. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», д-р мед. наук, проф. *В.В. Зинчук*;
доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук *Л.В. Дорохина*;
доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук *Ю.М. Емельяничук*;
доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук *О.А. Балбатун*;
доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук *С.Д. Орехов*;
доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук *С.В. Глуткин*.

Н83 **Нормальная физиология. Практикум** : учеб. пособие. В 2 ч.
Ч. 1 / В.В. Зинчук [и др.] ; под. ред. В.В. Зинчука. — 302 с.

Предназначено для студентов лечебного и педиатрического факультетов медицинских вузов. Составлено в соответствии с действующими типовыми учебными программами по нормальной физиологии, утвержденными Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Материал изложен в виде краткого теоретического курса и практических работ.

Все лабораторные работы с участием животных осуществляются на основании разрешения комитета по биомедицинской этике Гродненского государственного медицинского университета.

Содержание

Предисловие	9
Вводное занятие	10
Занятие. Физиология: предмет, методы, значение для медицины.	
Общие принципы функционирования целого организма.....	12
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	19
Физиология крови	20
Занятие № 1. Система крови, ее свойства и функции.	
Клинико-физиологические методы исследования крови	22
Занятие № 2. Основные константы крови и механизмы их саморегуляции. Клинико-физиологические методы исследования крови	34
Занятие № 3. Система гемостаза. Группы крови.	
Резус-фактор. Проблема переливания крови	43
<i>Основные формулы по разделу</i>	52
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	53
Физиология возбудимых тканей	54
Занятие № 1. Биоэлектрические явления в возбудимых тканях. Методы исследования возбудимых тканей.....	58
Занятие № 2. Функции и свойства поперечнополосатых и гладких мышц	66
Занятие № 3. Характеристика проведения возбуждения по нервным волокнам и синапсам. Нервно-мышечный синапс	80
<i>Основные формулы по разделу</i>	89
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	90
Физиология сердца	92
Занятие № 1. Физиологические свойства сердечной мышцы. Электрокардиография и ее значение.	
Нагнетательная функция сердца	94
Занятие № 2. Нагнетательная функция сердца.	
Нейрогуморальная регуляция деятельности сердца.....	106
<i>Основные формулы по разделу</i>	114
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	115

Физиология сосудистой системы	117
Занятие № 1. Движение крови по сосудам. Тонус сосудов и его регуляция. Функциональные методы исследования кровообращения	119
Занятие № 2. Саморегуляция кровяного давления. Регионарные особенности кровообращения	130
<i>Основные формулы по разделу</i>	142
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	144
<i>*Рекомендуемые темы рефератов</i>	145
Итоговое занятие № 1. Физиология крови и кровообращения.....	148
Физиология центральной нервной системы	150
Занятие № 1. Рефлекс как основная форма нервной деятельности. Свойства нервных центров	152
Занятие № 2. Общие принципы координационной деятельности ЦНС	160
Занятие № 3. Физиология среднего мозга, мозжечка, ретикулярной формации, промежуточного мозга, лимбической системы	170
Занятие № 4. Физиология стриопаллидарных образований и коры головного мозга. Вегетативная нервная система.....	179
<i>Основные формулы по разделу</i>	188
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	189
Итоговое занятие № 2. Физиология возбудимых тканей и центральной нервной системы	190
Зачетное занятие	192
Физиология дыхания	194
Занятие № 1. Внешнее дыхание	197
Занятие № 2. Транспорт газов кровью.....	206
Занятие № 3. Функциональная система транспорта кислорода. Регуляция дыхания.....	215
<i>Основные формулы по разделу</i>	224
<i>Фильмы, рекомендуемые для просмотра</i>	226
<i>*Рекомендуемые темы рефератов</i>	227
Задания, рекомендуемые для управляемой самостоятельной работы	231

Приложение для студентов медико-психологического факультета	233
Введение. Физиология крови	233
Занятие № 1. Введение. Система крови, ее свойства и функции. Клинико-физиологические методы исследования крови.....	233
Занятие № 2. Основные константы крови и механизмы их саморегуляции. Клинико-физиологические методы исследования крови	235
Занятие № 3. Система гемостаза. Группы крови. Резус-фактор. Проблема переливания крови	237
Физиология центральной нервной системы	238
Занятие № 1. Рефлекс как основная форма нервной деятельности. Свойства нервных центров	238
Занятие № 2. Общие принципы координационной деятельности ЦНС	240
Занятие № 3. Физиология спинного мозга, продолговатого, среднего мозга и ретикулярной формации.....	245
Занятие № 4. Физиология мозжечка, таламуса, гипоталамуса стриопаллидарной системы, лимбической системы и коры головного мозга	246
Занятие № 5. Вегетативная нервная система.....	250
Корректирующий тест (таблица Анфимова)	258
Приложение для студентов медико-диагностического факультета	259
Физиология сердца	259
Занятие № 1. Физиологические свойства сердечной мышцы. Нагнетательная функция сердца	259
Занятие № 2. Электрокардиография и ее значение. Звуковые проявления сердечной деятельности, фонокардиография. инвазивные и неинвазивные методики исследования сердечной деятельности	261
Занятие № 3. Нагнетательная функция сердца. Нейрогуморальная регуляция деятельности сердца.....	265
Физиология сосудистой системы	271
Занятие № 1. Движение крови по сосудам. Тонус сосудов и его регуляция. Функциональные методы исследования кровообращения	271

Занятие № 2. Саморегуляция кровяного давления. Регионарные особенности кровообращения	274
Физиология центральной нервной системы	278
Занятие № 1. Рефлекс как основная форма нервной деятельности. Свойства нервных центров и общие принципы координационной деятельности ЦНС.....	278
Занятие № 2. Физиология спинного, продолговатого, среднего мозга, мозжечка, ретикулярной формации, промежуточного мозга, лимбической системы	280
Занятие № 3. Физиология стриопаллидарных образований и коры головного мозга. Вегетативная нервная система.....	282
Физиология дыхания	284
Занятие № 1. Внешнее дыхание	284
Занятие № 2. Транспорт газов кровью.....	287
Занятие № 3. Регуляция дыхания	293
Занятие № 4. Функциональная система транспорта кислорода.....	295
 Список сокращений	 299
 Литература	 300

*К 150-летию со дня рождения
Уолтера Кеннона*



Иван Петрович Павлов и Уолтер Кеннон
(XV Международный конгресс физиологов 1935 г., Ленинград)

Уолтер Кеннон (1871–1945) — американский физиолог, профессор Гарвардского университета (1906), член Национальной академии наук США (1916), президент Американского физиологического общества (1914–1916), почетный член АН СССР (1942).

Опубликовал более 100 научных работ, в том числе 9 монографий, посвященных в основном нейрогуморальной регуляции функций организма, роли ЦНС и гормонов в формировании эмоций и поддержании гомеостаза.

В 1897 г., применив метод контрастной рентгеноскопии и рентгенографии в исследованиях пищеварения, впервые изучил акт глотания, моторные функции пищевода, желудка и кишечника, роль соляной кислоты в механизме перехода химуса из желудка в двенадцатиперстную кишку, а также мышечной активности и эмоций в моторике пищеварительного тракта и описал явление ритмической сегментации тонкого кишечника.

У. Кенноном была выдвинута гипотеза о голоде и жажде как о «местном чувстве». Чувство голода, по его мнению, обусловлено «голодными» сокращениями желудка, а чувство жажды — снижением секреции слюнных желез и появлением сухости во рту. Он показал, что в основе ряда эмоциональных состояний (боли, ярости, страха) лежат физиологические процессы, выражающиеся в рефлекторном возбуждении чревных нервов, усиленном выделении в кровь надпочечниками адреналина и появлении ряда приспособительных реакций (расширение зрачков, повышение кровяного давления, гипергликемия, активация метаболизма, повышение работоспособности скелетных мышц и др.). Создал учение о гомеостазе как о «саморегуляции физиологических процессов» (1929).

У. Кеннон выделил и исследовал физиологические свойства передатчиков нервного возбуждения — симпатина Е (англ. exciting — возбуждающий), впоследствии названного норадреналином, и симпатина I (англ. inhibitory — тормозящий), названного адреналином. Считал, что симпатoadреналовая система является основным механизмом гомеостаза. Эти предпосылки были использованы Г. Селье при создании учения об общем адаптационном синдроме. Ввел термины *реакция «бей или беги»* (1915 г.), *стресс* (1926 г.) и *гомеостаз* (1932 г.).

У. Кеннон был прогрессивным общественным деятелем. Его речь на XV Международном конгрессе физиологов (1935 г., Ленинград) прозвучала как призыв к ученым встать на борьбу с фашизмом. Был редактором журнала «Американское обозрение советской медицины». Поддерживал научные связи с И.П. Павловым. У. Кеннон несколько раз был номинирован на Нобелевскую премию по физиологии и медицине, не получил ее.

Предисловие

В практикум включены основные определения по всем разделам физиологии, вопросы для подготовки, в том числе указатель источников литературы и блок, обеспечивающий практическую часть занятия с подробным описанием лабораторных работ, в котором студент должен внести обозначения в схемы и рисунки, заполнить таблицы. На занятиях после выполнения лабораторных работ в протокол вносят результаты их выполнения и выводы.

Большинство лабораторных работ предусматривает проведение исследований на человеке, что позволит студентам лучше освоить клинические методы, что особенно важно в подготовке будущего врача. Часть работ может быть выполнена с помощью специальных компьютерных программ, позволяющих моделировать виртуальные физиологические эксперименты и являющихся альтернативой опытов на животных, что обеспечивает гуманизацию учебного процесса. Программы были предоставлены Международной организацией за гуманное образование (InterNICHE), Институтом Фармакологии и биомедицинских наук университета Strathclyde (Glasgow), Белостокской медицинской академией. Все работы с использованием лабораторных животных и привлечением волонтеров осуществляются на основании разрешения комитета по биомедицинской этике Гродненского государственного медицинского университета.

Применение практикума должно облегчить студентам процесс выполнения лабораторной части занятия, сформировать общеучебные умения и навыки, а также систематизировать изученный учебный материал. Процедура текущего компьютерного тест-контроля реализуется через механизм дистанционного обучения в виде интернет-тестирования в системе Moodle на сайте университета, что позволяет обеспечивать его эффективность, многократность повторения в удобное для студента время. Также предусмотрено выполнение заданий в формате управляемой самостоятельной работы. Данное пособие будет полезно преподавателям в организации и проведении занятий, а студентам — в усвоении знаний и выработке умений.

Считаем необходимым выразить слова благодарности преподавателям и лаборантам нашей кафедры, принимавшим участие в обсуждении содержания работ и их техническом оформлении. Авторский коллектив будет признателен за конструктивные замечания и предложения.

В практикуме знаком () отмечены вопросы, вынесенные для управляемой самостоятельной работы.*

ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ

Дата _____

Нормальная физиология (от греч. *phýsis* — природа и *lógos* — слово, учение) — наука, изучающая основные закономерности и механизмы регуляции функционирования организма в целом и отдельных его составляющих во взаимодействии с окружающей средой, организацию жизненных процессов на различных структурно-функциональных уровнях. Основная задача физиологии — проникновение в логику жизни организма (Наточин Ю.В., 2008).

Общая физиология — раздел дисциплины, который изучает фундаментальные закономерности реагирования организма на воздействие среды, основные его процессы и механизмы.

Частная физиология — раздел, который изучает закономерности и механизмы функционирования отдельных систем, органов и тканей организма.

Ткань — эволюционно сложившаяся система клеток и неклеточных структур, объединенных общностью строения, функции и происхождения.

Орган — часть организма, в виде комплекса тканей, сложившегося в процессе эволюционного развития и обеспечивающего выполнение определенной функции.

Организм — сложная структурно-функциональная организация, осуществляющая постоянно обмен веществ, энергии и информации с окружающей средой в процессе своего развития, характеризующаяся постоянством внутренней среды.

Функция (от лат. *function* — деятельность) — специфическая активность различных структур, обеспечивающих жизнедеятельность целого организма.

Физиологический механизм — совокупность различных процессов, обеспечивающих формирование определенной функции.

Регуляция функций — это направленное изменение активности работы органов, тканей, клеток для достижения полезного результата согласно потребностям организма в различных условиях жизнедеятельности.

Регуляция по отклонению — механизм, при котором любое изменение от оптимального уровня регулируемого показателя инициирует деятельность соответствующих компонентов функ-

циональной системы к восстановлению его значения к исходному уровню.

Регуляция по опережению — механизм, при котором регулирующие процессы активируются до начала изменения соответствующего параметра на основе информации, поступающей в нервный центр функциональной системы и сигнализирующей о возможном его изменении.

Саморегуляция функций — вид регуляции, при котором организм с помощью непосредственно собственных механизмов изменяет интенсивность функционирования органов и систем в соответствии со своими потребностями в различных условиях жизнедеятельности.

Рефлекс — это ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая с участием нервной системы.

Рефлекторная дуга — это совокупность структур (рецептор, афферентный, вставочный(е) и эфферентный нейроны, эффектор), обеспечивающих реакцию на раздражение, состоит из афферентного, центрального и эфферентного звеньев, связанных между собой синапсами.

Гомеостаз (homoios — подобный, stasis — состояние) — относительное динамическое, наследственно закрепленное постоянство внутренней среды и стабильность основных физиологических функций организма. Термин предложил У. Кеннон (1929 г.), теоретические основы разработал К. Бернар (1879 г.).

Константа гомеостаза — определенный параметр внутренней среды (рН, осмотическое давление, кровяное давление и др.), который в организме изменяется в узком (жесткая константа) или более широком (лабильная константа) диапазоне.

Гомеокинез — динамический процесс постоянного изменения ряда констант организма, их взаимодействие в процессе обмена веществ и возвращение к нормальному для данных условий уровню.

Функциональная система — это саморегулирующаяся организация, динамически и избирательно объединяющая ЦНС и периферические органы, ткани на основе нервной и гуморальной регуляции для достижения полезного приспособительного результата. Функциональная система включает следующие компоненты: полезный приспособительный результат, рецептор результата, обратную

афферентацию (идущую от рецепторов результата), центральные механизмы регуляций, исполнительные соматические, вегетативные и эндокринные компоненты.

Обратная связь в функциональной системе — передача информации о фактических параметрах состояния объекта в органы управления.

Мультипараметрический принцип — основа взаимодействия различных функциональных систем, при которой изменение деятельности одной системы влияет на результат работы другой.

Адаптация (лат. ad — к; aptus — пригодный, удобный) — это совокупность процессов организма, направленных на приспособление к изменению условий внешней или внутренней среды и поддержание гомеостаза.

Возрастная физиология — раздел физиологии, который изучает закономерности развития физиологических функций организма на протяжении различных периодов жизни.

Старение — процесс возникновения недостаточности физиологических функций организма вследствие действия внешних и внутренних факторов. Различают *календарный* (т.е. фактически прожитое время) и *биологический* (т.е. фактические состояния различных функциональных систем организма) возраст.

Занятие. Физиология: предмет, методы, значение для медицины. Общие принципы функционирования целого организма

Цель занятия: усвоить цели и задачи предмета нормальной физиологии. Принципы и механизмы регуляции функций организма.

Вопросы для подготовки

1. Предмет нормальной физиологии, основные цели и задачи. Физиология как теоретическая основа медицины. Роль и значение предмета нормальной физиологии для изучения клинических дисциплин. Связь нормальной физиологии с другими дисциплинами.

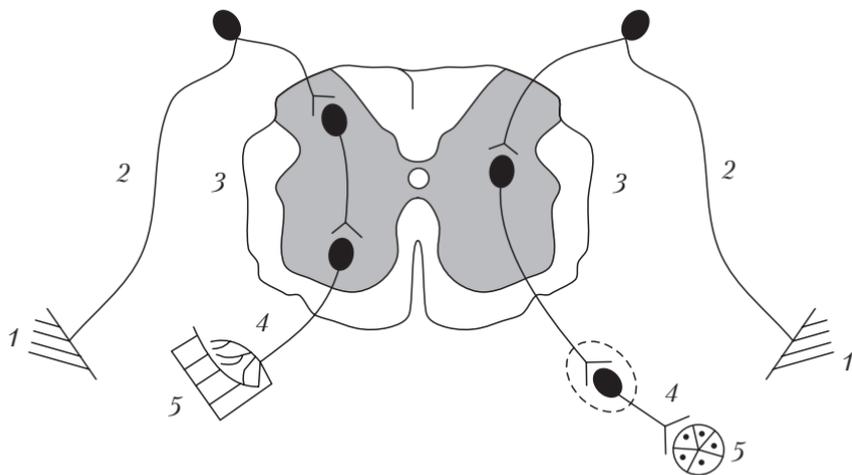
2. Исторические этапы развития физиологии (К. Гален, У. Гарвей, Р. Декарт, К. Бернар, И.М. Сеченов, И.П. Павлов).
3. Развитие физиологии в Беларуси (Б.Ф. Вериго, И.А. Булыгин, В.Н. Гурин, Н.И. Аринчин, М.В. Борисюк).
4. *Основные принципы изучения физиологии. Методы физиологических исследований. Особенности проведения физиологического эксперимента.
5. *Этический аспект в обучении, гуманное отношение к животным. Международные рекомендации по проведению биомедицинских исследований с использованием животных. Альтернативные методы обучения.
6. Гомеостаз, гомеокинез. Основные физиологические константы крови и механизмы их регуляции.
7. Понятие о регуляции функций организма (гуморальная, гормональная, нервная). Общие принципы функционирования целого организма.
8. Рефлекторный принцип регуляции, развитие рефлекторной теории (рефлекс, рефлекторная дуга, рефлекторное кольцо).
9. Структура функциональной системы (П.К. Анохин, К.В. Судаков). Полезный приспособительный результат, обратная афферентация, исполнительные механизмы.
10. Классификация возрастных периодов жизни человека.
11. Основные правила техники безопасности при обучении на кафедре нормальной физиологии. Просмотр видеофильма по правильному использованию огнетушителей.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 17–38, 98–99.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Схема рефлекторной дуги [3]*

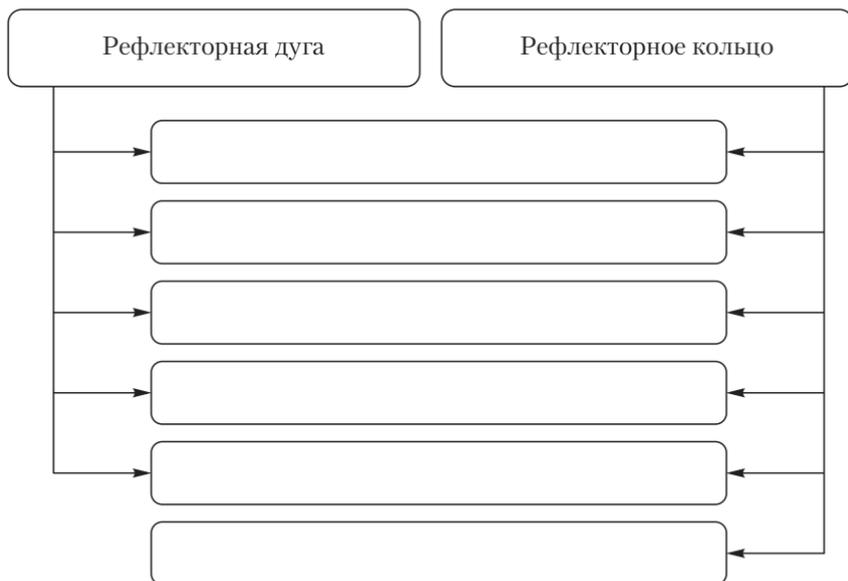


Обозначьте:

- 1 — _____
2 — _____
3 — _____
4 — _____
5 — _____

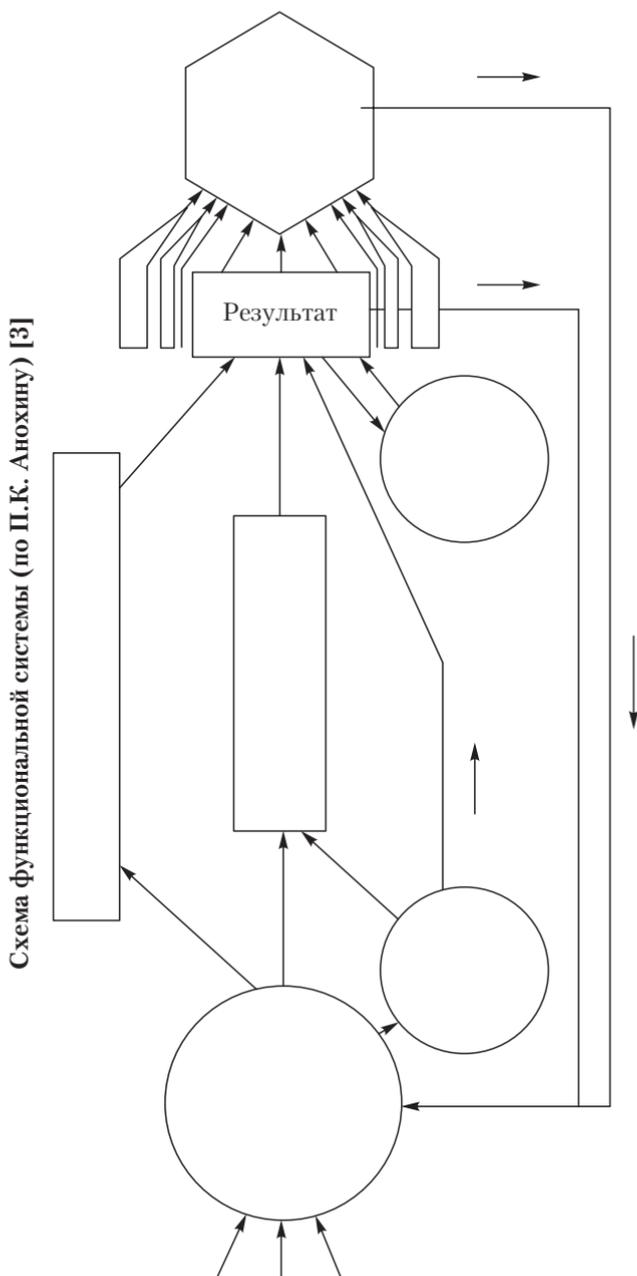
* Здесь и далее: в квадратных скобках дается ссылка на источник литературы к занятию.

Звенья рефлекторной дуги и рефлекторного кольца [3]



Классификация возрастных периодов жизни взрослого человека (годы) [3]

Возрастной период	Мужчины	Женщины
Юношеский (ювенильный)		
Зрелый возраст, первый период		
Зрелый возраст, второй период		
Пожилый возраст		
Старческий возраст		
Долгожители		



Лабораторные работы

1. Ознакомление с контролирующе-обучающей программой в компьютерном классе кафедры (тренинг) и интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

2. Инструктаж по технике безопасности и работа на ПК с контролирующе-обучающей программой по теме «Техника безопасности».

3. Определение размеров эритроцитов.

Оснащение: персональный компьютер, цифровой снимок мазка крови человека, компьютерная программа «ImageJ».

Ход работы. Выводят изображение мазка эритроцитов человека на экран монитора. Измеряют при помощи программы ImageJ диаметр 20 эритроцитов ($D_{\text{эп}}$) в мкм. Полученные данные заносят в таблицу № 1. Рассчитывают количество эритроцитов определенного размера и их отношение к общему количеству. Полученные данные заносят в таблицу № 2.

Рекомендации к оформлению работы: на основании полученных результатов постройте кривую Прайс – Джонса – графическую зависимость распределения эритроцитов по размерам.

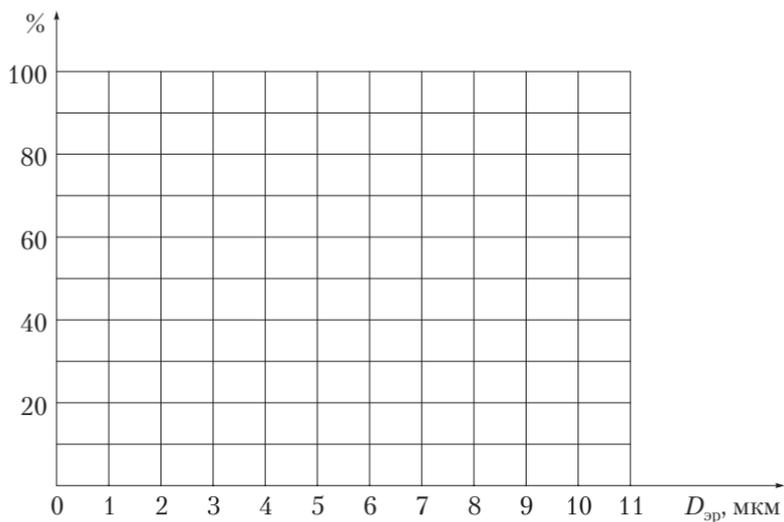
Результаты работы:

Таблица № 1

№	Диаметр эритроцита, мкм	№	Диаметр эритроцита, мкм
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

Таблица № 2

Диаметр эритроцита, мкм	Количество	% от общего количества
1–2		
2–3		
3–4		
4–5		
5–6		
6–7		
7–8		
8–9		
9–10		
10–12		



Вывод: _____

4. Решение ситуационных задач [4].

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Дата _____

Внутренняя среда организма — совокупность жидкостей (кровь, лимфа, тканевая жидкость и др.), принимающих непосредственное участие в процессах обмена веществ и поддержания гомеостаза в организме. «Постоянство внутренней среды есть условие независимого существования организма» (К. Бернар).

Плазма — жидкая часть крови бледно-желтого цвета без форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов).

Сыворотка — плазма, лишенная фибриногена.

Система крови — структурно-функциональная организация, которая включает непосредственно кровь, органы кроветворения, органы разрушения и аппарат регуляции (в 1939 г. это понятие ввел Г.Ф. Ланг).

Эритроциты — совокупность эритроцитов периферической крови, органов эритропоэза и эритроциторазрушения.

Эритропоэтин — гликопротеид, синтезируемый, в основном, в почках и стимулирующий эритропоэз (появляется в крови при кислородном голодании).

Гипоксический индуцибельный фактор — это гетеродимер, состоящий из α - и β -субъединиц, которые при гипоксии активируют образование эритропоэтина, адаптацию к недостатку кислорода, стимуляцию ангиогенеза.

Гематокрит — отношение форменных элементов к общему объему крови.

Цветовой показатель — показатель, характеризующий относительное насыщение эритроцитов гемоглобином (*в норме 0,8–1,05*).

Онкотическое давление — это часть осмотического давления плазмы, создаваемое белками.

Гемолиз — разрушение эритроцитов, сопровождающееся выходом гемоглобина в окружающую среду (окрашивается в красный цвет и становится прозрачной — «лаковая кровь»).

Осмотическая резистентность эритроцитов — устойчивость эритроцитов к действию гипотонических растворов (первые признаки гемолиза у здорового человека начинаются в 0,48%-м растворе NaCl, в 0,34%-м растворе разрушаются все эритроциты).

Кривая Прайс — Джонса — это графическая зависимость распределения количества эритроцитов по размеру.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) — показатель, характеризующий оседание эритроцитов крови при добавлении антикоагулянта (например, цитрат натрия). Определение СОЭ производят, измеряя высоту столбика плазмы над осевшими эритроцитами за 1 час. Механизм этого процесса определяется функциональным состоянием эритроцита, его зарядом, белковым составом плазмы и другими факторами.

Вязкость крови — это физико-химическое свойство данной ткани, обусловленное внутренним трением. Единицей измерения вязкости в системе СИ является *паскаль-секунда* (Па · с), в системе СГС — *пуаз* (П). $1 \text{ пуаз} = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$. В медицине наибольшее распространение для оценки вязкости получила единица *сантимуаз* (сП). Вязкость воды при 20,3 °С равна 1 сП.

Эффект Фареса — Линдквиста — это уменьшение вязкости крови при движении в сосудах малого диаметра (около 100 мк).

Гемоглобин — молекула, состоящая из белка глобина (две α - и две β -цепи) и 4 пигментных групп (гем), которые способны обратимо связывать молекулярный кислород. В одном эритроците содержится в среднем 400 млн молекул гемоглобина.

Лейкоцитарная формула — это распределение различных фракций белых клеток крови, выражаемое в процентах.

Лейкоцитоз (физиологический) — рост количества лейкоцитов, наблюдаемый при физических нагрузках, эмоциональном напряжении, болевом стрессе, после приема пищи, беременности.

Фагоцитоз (греч. *fago* — пожирать и *cyto* — клетка) — захват и элиминация лейкоцитом микроорганизмов или инородных субстанций (один лейкоцит может фагоцитировать до 15–20 бактерий). В 1883 г. открыл И.И. Мечников, за что в 1909 г. был награжден Нобелевской премией.

Лейкопоэтины — субстанции, содержащиеся в крови и стимулирующие лейкопоэз.

Апоптоз (греч. *apoptosis* — опадание листьев) — это физиологический процесс программируемой гибели клеток, сопровождаемой набором характерных цитологических признаков (маркеров апоптоза) и молекулярных процессов.

Свертывание крови (коагуляция) — многоэтапный каскадный ферментативный процесс, в котором последовательно активируется

ряд проферментов по механизму обратной связи, ведущий к образованию тромба.

Фибринолиз — процесс расщепления образовавшегося сгустка крови при ее свертывании.

Агглютинация — это необратимое взаимодействие форменных элементов крови с образованием конгломератов, происходящее при контакте соответствующих антител и антигенов (например: α и α , β и β).

Агглютинины — антитела, содержащиеся в плазме и определяющие групповые отличия крови (различают два вида агглютининов — α и β).

Агглютиногены — это гликопротеины, содержащиеся на поверхности эритроцитов и определяющие их групповые отличия.

Резус-фактор (Rh-фактор) — агглютиноген, содержащийся в эритроцитах (в среднем у 85 % людей).

Занятие № 1. Система крови, ее свойства и функции. Клинико-физиологические методы исследования крови

Цель занятия: изучить функции эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, методы определения их количества в периферической крови человека.

Вопросы для подготовки

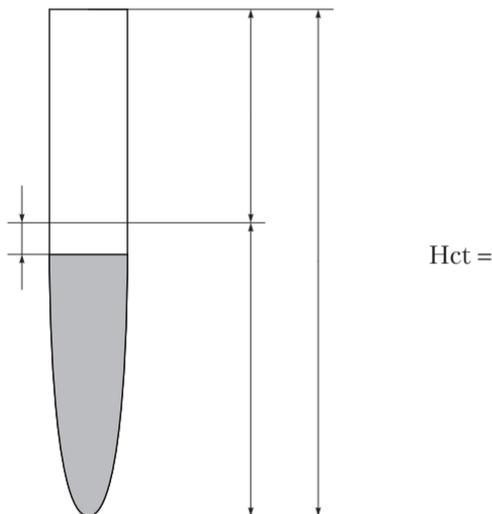
1. Общая характеристика крови. Понятие о системе крови (Г.Ф. Ланг) и эритроне. Основные функции крови.
2. Современные клинические методы исследования крови.
3. Общая характеристика форменных элементов крови. Функциональная система, определяющая оптимальное для метаболизма количество форменных элементов крови.
4. Плазма и сыворотка крови. Показатель гематокрита.
5. Электролитный состав плазмы. Осмотическое давление крови. Функциональная система, обеспечивающая постоянство осмотического давления крови.
6. Изотонический, физиологический, гипо- и гипертонический растворы и их применение в медицине. Принципы составления кровезамещающих растворов. Классификация кровезамещающих растворов.
7. Белки плазмы крови, их характеристика и функциональное значение. Онкотическое давление крови и его роль.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 229–256, 237–238, 260–261.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Определение гематокрита [3]



Обозначьте: h_1 — объем крови; h_2 — объем форменных элементов;
 h_3 — объем плазмы; h_4 — объем лейкоцитов.

Состав плазмы крови [3]

Компонент	Содержание	Компонент	Содержание
Вода		Мочевая кислота	
Белки		Креатинин	
Альбумины		Натрий	
α_1 -Глобулины		Калий	
α_2 -Глобулины		Кальций общий	
β -Глобулины		Хлориды	
γ -Глобулины		Железо общее	
Фибриноген		Медь общая	
Липиды		Гидрокарбонат	
Глюкоза		Фосфат	

**Схема изменения количества нейтрофилов и лимфоцитов
в различные периоды детского возраста (по А.Ф. Туру, 1968) [3]**

%	Дни												Месяцы												Годы																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14						
70																																												
60																																												
50																																												
40																																												
30																																												
20																																												

Примечание. У новорожденных соотношение нейтрофилов (65 %) и лимфоцитов (25 %) такое же, как у взрослых. На 5-й день их число уравнивается (первый «перекрест» лейкоцитов). К концу 1-го года лимфоциты достигают максимального количества (65 %), а нейтрофилы — минимального (25 %). На 5-м году — второй «перекрест» лейкоцитов. В дальнейшем процент нейтрофилов нарастает до нормы у взрослых.

Схема функциональной системы, обеспечивающей оптимальный уровень осмотического давления [3]

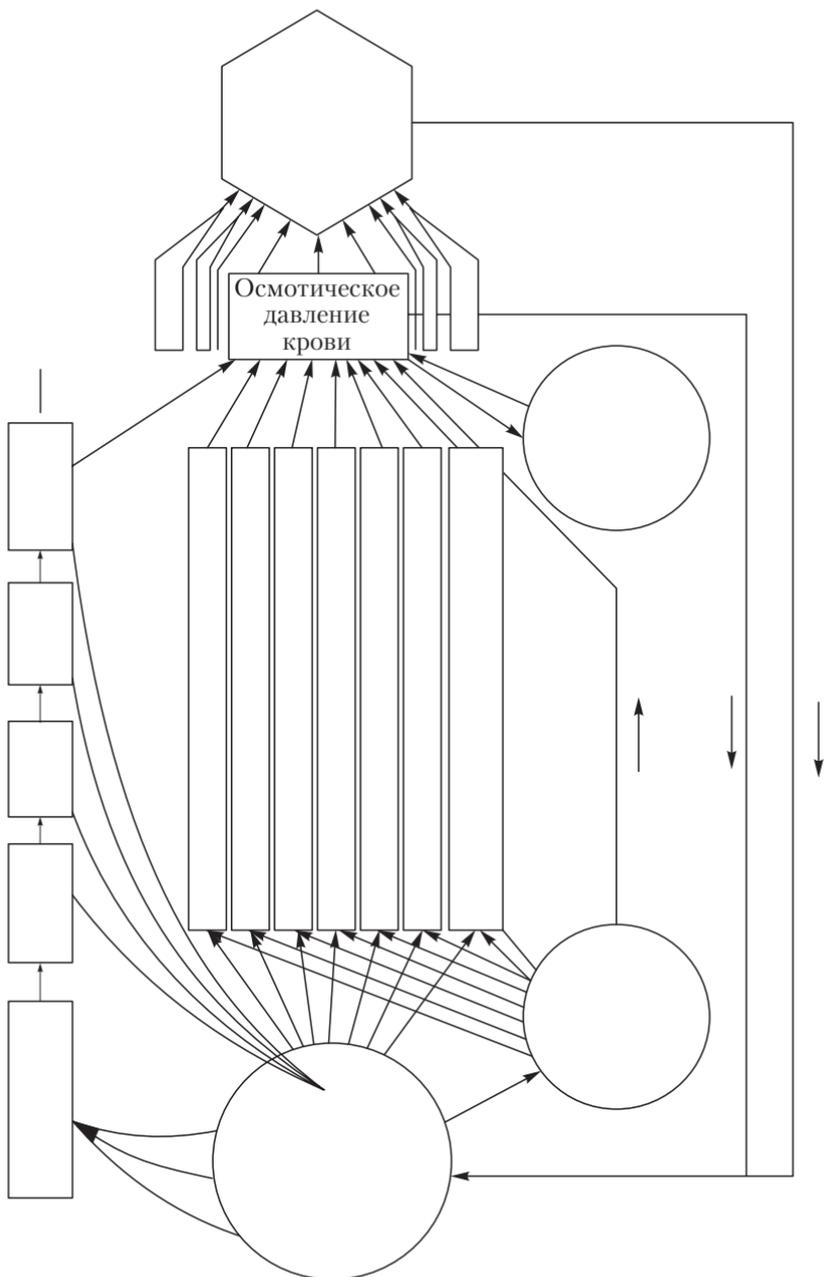
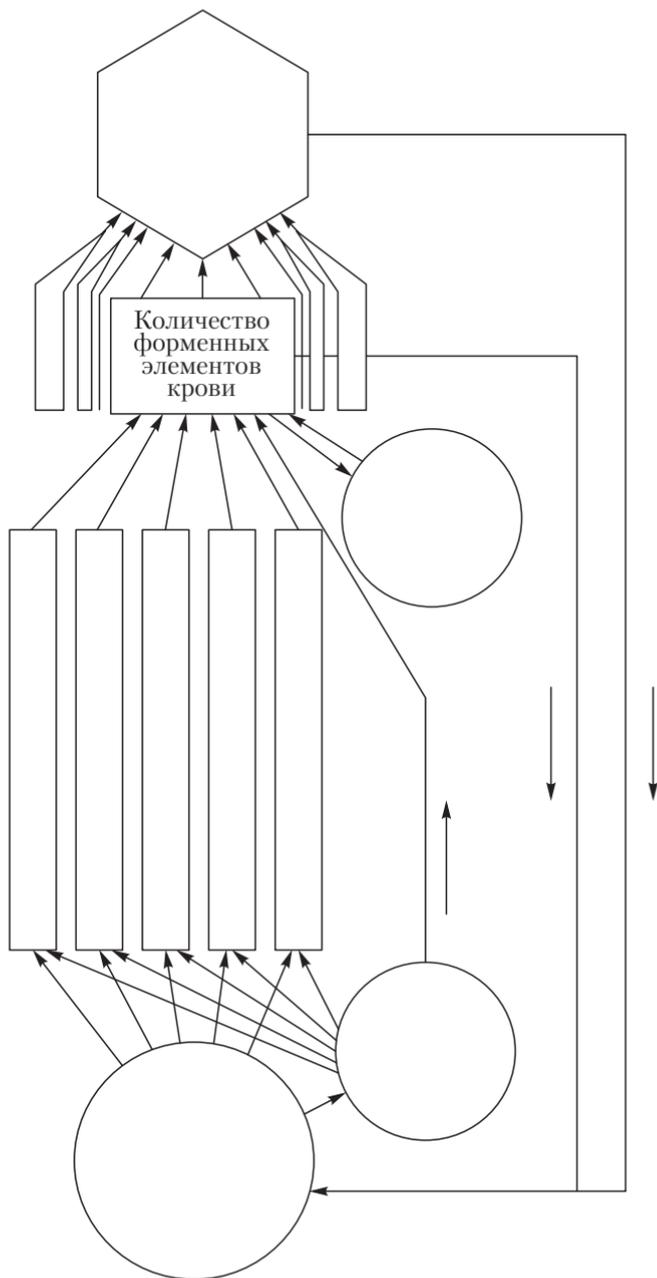


Схема функциональной системы, определяющей оптимальное для метаболизма количество форменных элементов крови [3]



**Показатели системы крови взрослого человека
(по данным Г.П. Матвейкова, 1986; А.И. Воробьева, 2005) [3]**

Показатель	Пол	Значение
Гемоглобин, г/л	М	
	Ж	
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	М	
	Ж	
Эритроцитарные индексы:		
средний объем эритроцита (MCV), мкм^3		
среднее содержание Hb в эритроците (MCH), пг		
средняя концентрация Hb в эритроците (MCHC), г/л		
Средний диаметр эритроцита, мкм		
Гематокрит, %	М	
	Ж	
Цветовой показатель		
Ретикулоциты, %		
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$		
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$		
<i>Лейкоцитарная формула</i>		
Нейтрофилы:		
миелоциты, %		
метамиелоциты, %		
палочкоядерные, %		
сегментоядерные, %		
Эозинофилы, %		
Базофилы, %		
Лимфоциты, %		
Моноциты, %		
СОЭ, мм/ч	М	
	Ж	
Объем крови в организме, % от массы тела		
Плотность крови, $\text{г}/\text{см}^3$		
Плотность плазмы, $\text{г}/\text{см}^3$		
Плотность форменных элементов, $\text{г}/\text{см}^3$		
рН крови (ед.):		
артериальной		
венозной		

Окончание таблицы

Показатель	Пол	Значение
Осмотическое давление плазмы, мм рт. ст. (атм)		
Онкотическое давление плазмы, мм рт. ст.		
Белок общий плазменный, г/л		
Содержание минеральных солей в крови, %		
Вязкость крови, сП		
Вязкость плазмы, сП		

Лабораторные работы

1. Подсчет количества эритроцитов в периферической крови человека.

Оснащение: микроскоп, кровь, капилляр, штатив с пробирками, 3%-й раствор NaCl, счетная камера Горяева с покровным стеклом, стеклянная палочка, ватные шарики, марлевые салфетки.

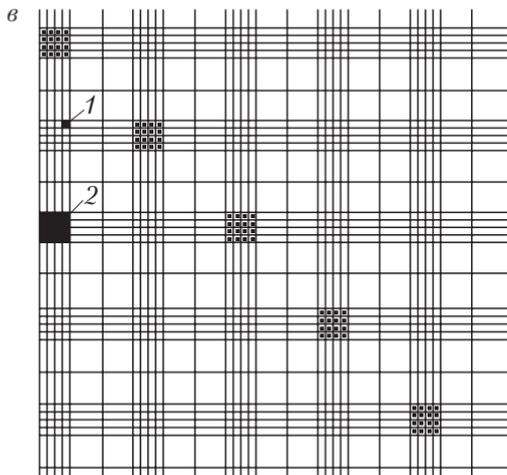
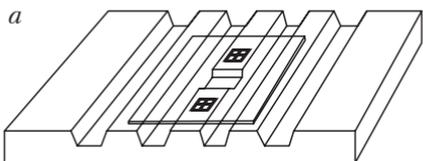
Ход работы. В сухую, чистую пробирку наливают 4 мл 3%-го раствора NaCl и добавляют 0,02 мл крови, тщательно перемешивают, достигая разведения в 200 раз. Затем суспензией эритроцитов заполняют камеру Горяева и, поместив ее под микроскоп, производят подсчет эритроцитов в 5 больших квадратах (разделенных на 16 маленьких квадратиков), расположенных по диагонали. При подсчете количества эритроцитов руководствуются правилом Егорова: «Относящимися к данному квадратику считаются эритроциты, лежащие внутри квадрата и на его верхней и левой границе. Эритроциты, лежащие на правой и нижней границе в данном квадрате не подсчитываются».

Количество эритроцитов (\mathcal{E}_p) в 1 л крови рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_p = \frac{A \cdot 4000 \cdot 200}{80} \cdot 10^6,$$

где A — сумма эритроцитов в 80 маленьких квадратах; $1/4000 \text{ мм}^3$ — объем камеры Горяева над одним маленьким квадратиком; 200 — разведение крови в 3%-м NaCl; 80 — число маленьких квадратиков, в которых подсчитывают эритроциты.

Результаты работы:



Вывод: _____

2. Подсчет количества лейкоцитов в периферической крови человека.

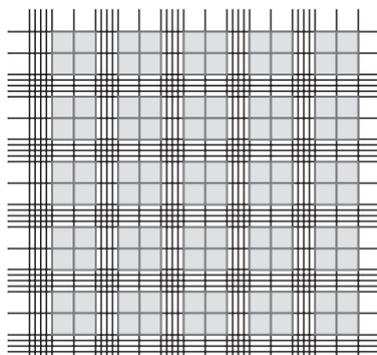
Оснащение: микроскоп, кровь, капилляр, штатив с пробирками, 5%-й раствор уксусной кислоты, подкрашенный метиленовым синим, счетная камера Горяева с покровным стеклом, стеклянная палочка, ватные шарики, марлевые салфетки.

Ход работы. В сухую, чистую пробирку наливают 0,4 мл 5%-го раствора уксусной кислоты, подкрашенной метиленовым синим. Кислота разрушает оболочки эритроцитов, а краска окрашивает ядра лейкоцитов. Кровь в объеме 0,02 мл добавляют в пробирку, тщательно перемешивают, достигая разведения в 20 раз. Затем полученным раствором заполняют камеру Горяева и, поместив ее под микроскоп, производят подсчет лейкоцитов в 100 больших квадратах (1600 маленьких).

Количество лейкоцитов (L) в 1 л рассчитывают по формуле

$$L = \frac{B \cdot 4000 \cdot 20}{1600} \cdot 10^6,$$

где B — сумма лейкоцитов в 25 больших квадратах; $1/4000 \text{ мм}^3$ — объем камеры Горяева над одним маленьким квадратиком; 20 — разведение крови в 5%-м растворе уксусной кислоты; 400 — число маленьких квадратиков, в которых подсчитывают лейкоциты.

Результаты работы:

Вывод: _____

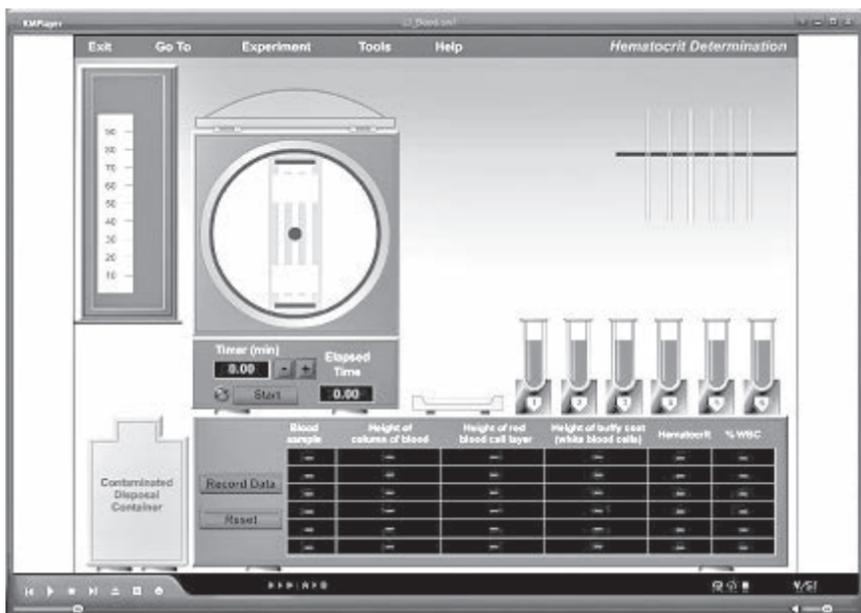
3. Интерактивная физиология PhysioEX 8.0: определение гематокрита.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии крови.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии крови, определяют гематокрит в 6 пробах крови. С помощью мыши берут капилляр и набирают в него кровь из первой пробирки. Затем опускают кончик капилляра в парафин для его

герметизации и помещают в ячейку центрифуги. Повторяют эти действия со всеми 6 пробамии крови. Когда все ячейки центрифуги заполнены, устанавливают время ее работы на 5 мин. После прекращения работы центрифуги первый капилляр помещают на мерную линейку. Для регистрации данных нажимают кнопку «Record data». Затем убирают капилляр в контейнер для мусора. Повторяют эти действия со всеми оставшимися капиллярами.

Результаты работы:



Проба крови	Высота столбика крови	Высота столбика эритроцитов	Гематокрит, %
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Вывод: _____

4. Анализ гемограмм.

Занятие № 2. Основные константы крови и механизмы их саморегуляции. Клинико-физиологические методы исследования крови

Дата _____

Цель занятия: изучить роль крови как важнейшего компонента внутренней среды организма, характеристику, механизмы поддержания и методы определения важнейших констант крови.

Вопросы для подготовки

1. Гемолиз крови, его виды. Осмотическая резистентность эритроцитов.
2. Реологические свойства крови (неньютоновские свойства крови, агрегация и деформируемость эритроцитов).
3. Нервная и гуморальная регуляция эритропоэза. Эритропоэтины, ингибиторы эритропоэза. Гипоксический индуцибельный фактор.
4. Физиологические характеристики гемоглобина (строение, виды, функции, спектральный анализ, концентрация в крови человека). Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и факторы, влияющие на нее.
5. Характеристика лейкоцитов (разновидности, функции отдельных видов, количество в крови человека). Лейкоцитарная формула.
6. Т- и В-лимфоциты, их значение в процессах иммунитета. Понятие об апоптозе. Понятие о дефензинах.
7. Функциональная система, поддерживающая в организме рН крови. Ацидоз и алкалоз (понятие, виды).
8. *Внесосудистые жидкие среды организма, их роль в обеспечении жизнедеятельности организма. Лимфа, ее состав, количество, функции. Транскапиллярный обмен жидкости (теория Старлинга).
9. Возрастные особенности системы крови (*для леч. факультета*); показатели системы крови плода и детей (*для пед. факультета*).

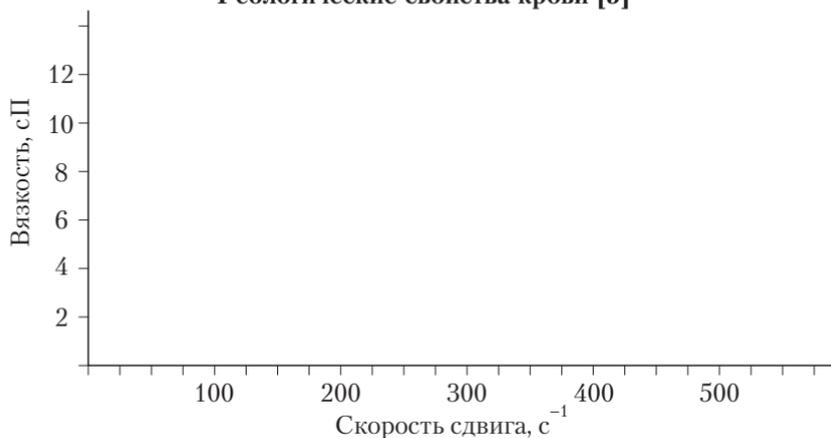
Литература

1. *Зинчук В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).

4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 231–256.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

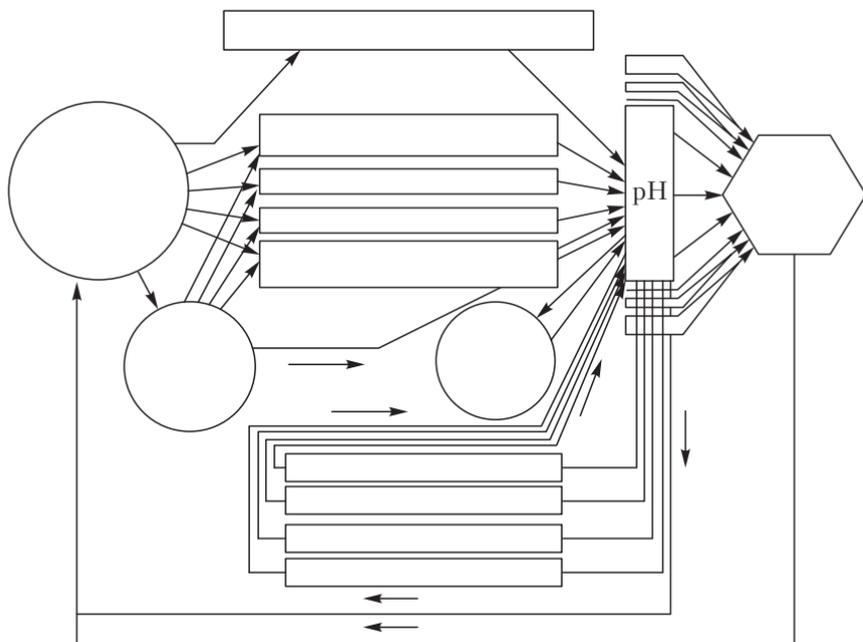
Реологические свойства крови [3]



Характеристика гемоглобинов [3]

Виды	НbP –
	НbF –
	НbA –
Типы	Нb –
	НbO ₂ –
	Нb(CO ₂) –
	Нb(CO) –
	MetHb –
	SNO-Hb –
	НbFe ²⁺ NO –

Схема функциональной системы, определяющей оптимальное для метаболизма тканей содержание водородных ионов (pH) в организме [3]



Транскапиллярный обмен жидкости (по Старлингу) [3]

Действующие силы	Артериальная часть капилляра, мм рт. ст.	Венозная часть капилляра, мм рт. ст.
Гидродинамическое давление в капилляре		
Гидродинамическое тканевое давление		
Интерстициальное онкотическое давление		
Онкотическое давление плазмы		
Результирующая		

Лабораторные работы

1. Определение концентрации гемоглобина в крови фотоколориметрическим методом.

Оснащение: фотоэлектроколориметр (ФЭК), кюветы, кровь, капилляр, две пробирки с 5 мл трансформирующего раствора (калий железосинеродистый, ацетонциангидрин, натрий двууглекислый), калибровочный график.

Ход работы. В капилляр набирают кровь до метки (0,02 мл) и добавляют в пробирку с 5 мл трансформирующего раствора (разведение 250 раз) и тщательно перемешивают. Через 10 минут смесь переливают в кювету и измеряют показания на ФЭК при длине волны 540 нм (зеленый светофильтр). Гемоглобин при взаимодействии с железосинеродистым калием (красная кровяная соль) окисляется в метгемоглобин, образующий с ацетонциангидрином окрашенный гемиглобинцианид, интенсивность окраски раствора пропорциональна количеству гемоглобина. Расчет содержания гемоглобина производят по калибровочному графику. Контрольная проба — трансформирующий раствор.

Результаты работы:

Вывод: _____

2. Расчет цветового показателя.

Цветовой показатель здорового человека равен 0,85–1,05. Если цветовой показатель выше нормы — *гиперхромия*. Если ниже нормы — *гипохромия*.

Ход работы. Цветовой показатель рассчитывают по формуле

$$\text{ЦП} = \frac{\text{Hb} \cdot 3}{\text{Эр}^*},$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Эр* — первые три цифры числа эритроцитов, если количество эритроцитов меньше $1,0 \times 10^{12}/\text{л}$, то первые две цифры.

Результаты работы: _____

Вывод: _____

3. Расчет кислородной емкости крови.

Кислородная емкость крови — максимальное количество кислорода, которое может содержаться в определенном объеме крови (1 л) при полном насыщении гемоглобина кислородом. В норме кислородная емкость крови 180–220 мл O₂ в 1 л крови.

Ход работы. Кислородная емкость крови (КЕК) рассчитывается по формуле

$$\text{КЕК} = \text{Hb} \cdot \Gamma,$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Γ — константа Гюфнера, 1,36 мл O₂/г. Константа Гюфнера — это количество миллилитров кислорода, присоединяемого к 1 г гемоглобина.

Результаты работы: _____

Вывод: _____

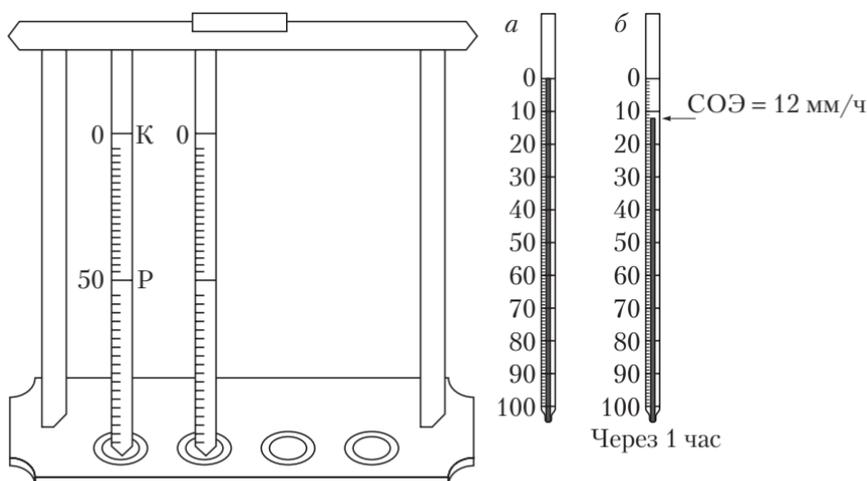
4. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ).

Оснащение: штатив Панченкова, капилляры, кровь, 5%-й раствор цитрата натрия, часовое стекло, ватные шарики.

Ход работы. Капилляр промывают 5%-м раствором цитрата натрия. Затем набирают цитрат натрия в капилляр до метки «Р» и выдувают в лунку. В тот же капилляр двукратно набирают кровь до метки «К». Обе порции крови выдувают в раствор цитрата натрия и тщательно перемешивают (соотношение 4:1). Затем набирают в капилляр до метки «0» и ставят в штатив Панченкова. Через час оценивают высоту образовавшегося слоя плазмы над осевшими эритроцитами в мм.

Рекомендации к оформлению работы: определите СОЭ исследуемой крови и зарисуйте результат. Сделайте вывод о его соответствии норме и клиническом значении данного показателя.

Результаты работы:



Вывод: _____

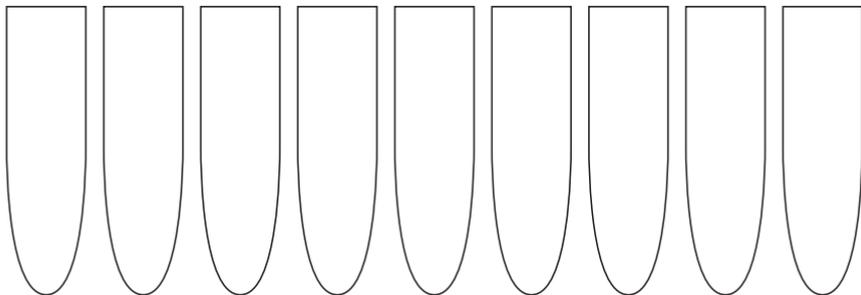
5. Изучение осмотической резистентности эритроцитов.

Оснащение: штатив с 9 пробирками, содержащими по 3 мл раствора NaCl в убывающей концентрации (0,9%, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 и 0,1%-й), пробирка с донорской кровью, 2 пипетки.

Ход работы. Пробирки последовательно ставят в штатив. Затем с помощью пипетки в каждую из пробирок добавляют по 2 капли цитратной крови. Через 5 минут оценивают результаты — наличие или отсутствие гемолиза, степень выраженности гемолиза.

Рекомендации к оформлению работы: укажите концентрацию раствора NaCl в каждой пробирке. Определите верхнюю и нижнюю границы резистентности эритроцитов и сравните данные с нормой. Оцените степень выраженности гемолиза: + — первые признаки гемолиза, ++ — выраженный гемолиз, +++ — полный гемолиз.

Результаты работы:



Вывод: _____

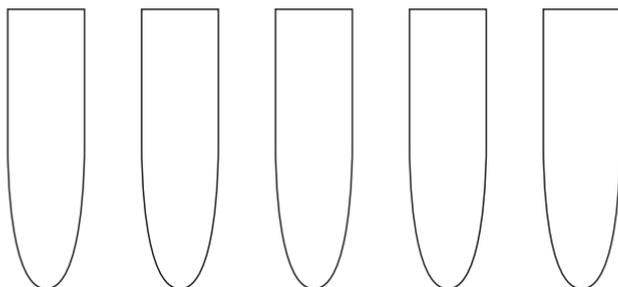
6. Анализ различных видов гемолиза.

Оснащение: штатив с пятью пробирками, пипетки, физиологический раствор, дистиллированная вода, 0,1%-й раствор HCl, 5%-й раствор глюкозы, сапонин, исследуемая донорская кровь.

Ход работы. В штатив ставят 5 пробирок, в каждую из которых наливают по 3 мл, соответственно, физиологического раствора, дистиллированной воды, 0,1%-го раствора HCl, 5%-го раствора глюкозы, раствора сапонина. Во все 5 пробирок вносят пипеткой по 2 капли крови. Рассматривая содержимое всех 5 пробирок, сравнивают результаты.

Рекомендации к оформлению работы: определите наличие или отсутствие гемолиза в каждой пробирке. Опишите механизм гемолиза в каждой пробирке.

Результаты работы:



Вывод: _____

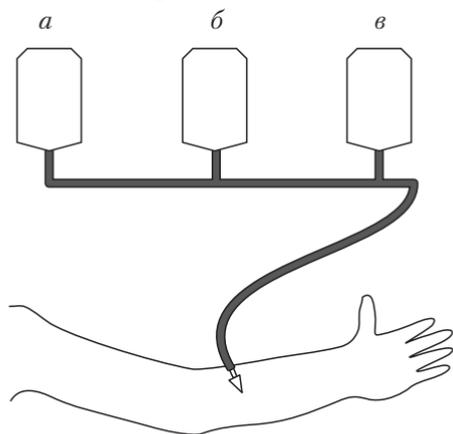
7. *Интерактивная физиология: жидкие среды организма (электролитный состав, осмотическое давление).

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии крови.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии крови, изучают основные жидкие среды организма, электролитный состав внутри- и внеклеточной жидкости, значение осмотического давления для обмена жидкостей в организме. Проводят

виртуальную инфузию изотонического, гипо- и гипертонического растворов и наблюдают за состоянием эритроцитов.

Результаты работы:



а) гипотонический раствор

б) изотонический раствор

в) гипертонический раствор

Вывод: _____

8. Анализ гемограмм.

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

Занятие № 3. Система гемостаза. Группы крови. Резус-фактор. Проблема переливания крови

Дата _____

Цель занятия: изучить основные компоненты системы гемостаза, усвоить основные представления о группах крови, их определение.

Вопросы для подготовки

1. Характеристика системы гемостаза. Основные компоненты системы гемостаза. Понятие о плазменных факторах свертывания крови.
2. Роль сосудистой стенки.
3. Тромбоциты, количество, функции, их роль в системе гемостаза.
4. Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз.
5. Коагуляционный гемостаз, фазы, характеристика.
6. Фибринолизирующие механизмы. Антикоагулянтные факторы и их классификация.
7. Возрастные особенности функционирования системы гемостаза (*для леч. факультета*), система гемостаза у детей (*для пед. факультета*).
8. Характеристика групповых систем крови человека. Характеристика системы АВ0. Определение групп крови по системе АВ0 при помощи стандартных сывороток.
9. Резус-фактор. Значение определения резус-принадлежности. Проблема резус-конфликта между матерью и плодом.
10. Правила переливания крови. Основные принципы подбора донорской крови.
11. Особенности групповых признаков крови и резус-принадлежности у плода и детей (*для пед. факультета*).

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).

4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 256–273.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Характеристика групповых свойств крови [3]

<i>По системе ABO</i>		
Группа	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)		
II (A)		
III (B)		
IV (AB)		
<i>По резус-фактору</i>		
Название	Наличие резус-фактора	
Резус-положительная кровь		
Резус-отрицательная кровь		

Механизмы фибринолиза [3]

Активаторы:

-
-
-

↓

↓

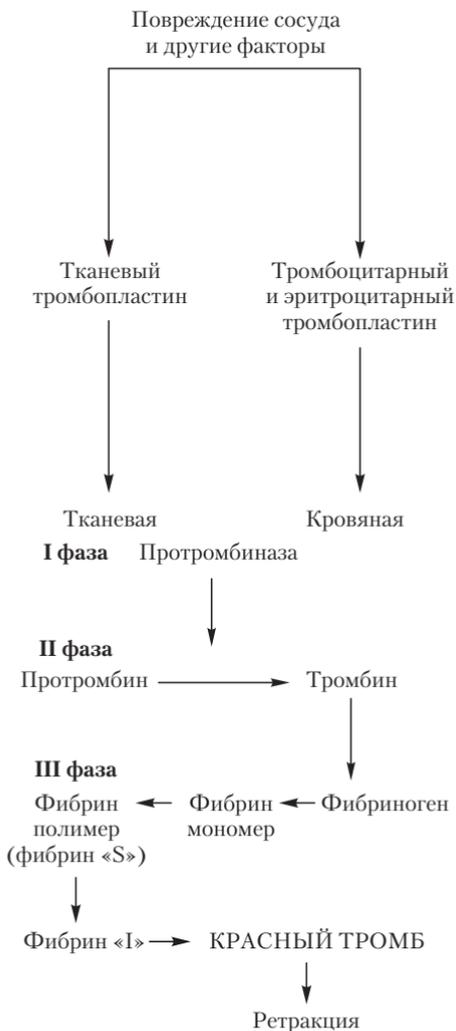
↓

Упрощенная схема свертывания крови [3]

Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз



Коагуляционный гемостаз. Свертывающая система крови



Лабораторные работы

1. * «Физиология крови» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. Интерактивная физиология PhysioEX 8.0: исследование групповой принадлежности крови.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии крови.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии крови, определяют групповую принадлежность крови по системе АВ0 и резус антигену с помощью соответствующих анти-А, анти-В и анти-Rh сывороток. Проводят виртуальный эксперимент на 6 пробах крови разных групп: каплю исследуемой крови смешивают с соответствующей анти-сывороткой; если в ней содержится одноименный антиген, то происходит склеивание эритроцитов (*агглютинация*).

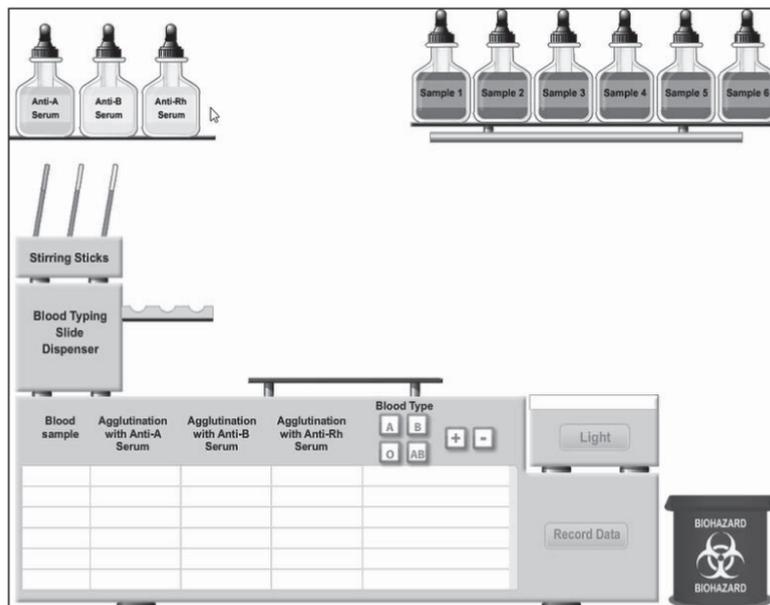
Рекомендации к оформлению работы: запишите полученные данные в таблицу. Сделайте заключение о группе крови, используя расположенную ниже таблицу.

Интерпретация результатов реакции агглютинации

Результат реакции с раствором агглютинина		Принадлежность исследуемой крови к группе крови
анти-А	анти-В	
—	—	0 (I)
+	—	A (II)
—	+	B (III)
+	+	AB (IV)

Примечание. «+» — наличие агглютинации; «-» — отсутствие агглютинации.

Результаты работы:



Проба крови	Наличие агглютинации с анти-A-сывороткой	Наличие агглютинации с анти-B-сывороткой	Наличие агглютинации с анти-Rh-сывороткой	Группа крови
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Вывод: _____

3. Определение групп крови при помощи стандартных сывороток.

Оснащение: пробирки с исследуемой кровью, 2 серии стандартных сывороток I, II, III и IV группы, планшетка, стеклянные палочки, спирт, марлевые салфетки или ватные шарики, физиологический раствор.

Ход работы. Определение группы крови проводится при температуре $+15...+25$ °С. На маркированную планшетку наносят (**не смешивая!**) по капле стандартной сыворотки I, II, III группы (2 серии в соответствующие лунки), содержащие агглютинины: I — α и β , II — β , III — α . После их нанесения получается 6 капель, расположенных в 2 ряда. Стеклянной палочкой переносят небольшое количество крови в каждую лунку, не затрагивая при этом до нанесенных сывороток! Соотношение крови и сыворотки — 1:10. Размешивают кровь в каждой капле сыворотки, пока смесь не станет равномерно розового цвета. Стеклянную палочку тщательно протирают после каждого перемешивания. За ходом реакции наблюдают не менее 5 минут, периодически покачивая тарелку.

В капли, где к 3-й минуте наблюдения произошла агглютинация, вносят по капле физраствора и наблюдают еще 2 минуты. Добавление физиологического раствора не разрушает истинной агглютинации и позволяет отдифференцировать ее от псевдоагглютинации, обусловленной самопроизвольным склеиванием эритроцитов в монетные столбики. При наличии агглютинации капля становится бесцветной, а эритроциты склеиваются в виде комочков. Результат оценивается по наличию агглютинации.

Эритроциты группы 0 (I) не содержат антигенов и в реакцию агглютинации не вступают. Если во всех сыворотках произошла агглютинация, то для исключения неспецифической панагглютинации и подтверждения, что это эритроциты IV группы крови, следует дополнительно исследовать их стандартной сывороткой группы АВ (IV). Для этого используется одна сыворотка, исследование проводится с соблюдением всех вышеуказанных условий. Сыворотка группы АВ (IV) не содержит никаких антител, а поэтому не должна давать агглютинации.

Рекомендации к оформлению работы: зарисуйте полученную картину, установите, к какой группе относится исследуемая кровь, используя ниже расположенную таблицу.

Интерпретация результатов реакции агглютинации

Агглютиногены донора	Агглютинины стандартных сывороток			
	$\alpha\beta$ (I)	β (II)	α (III)	0 (IV)
0 (I)	—	—	—	—
A (II)	+	—	+	—
B (III)	+	+	—	—
AB (IV)	+	+	+	—

Примечание. Отметьте реакцию агглютинации знаком плюс (+), а ее отсутствие знаком минус (-).

Результаты работы:

I ($\alpha\beta$) II (β) III (α)

Серия I

Серия II

IV (-)

Вывод: _____

4. Определение резус-факторной принадлежности крови.

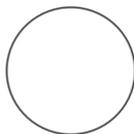
Оснащение: кровь, планшетка, стеклянная палочка, физиологический раствор, спирт, универсальный реагент антирезус анти-D (цоликлон), ватные шарики.

Ход работы. На планшетку наносят одну каплю универсального реагента антирезус и добавляют исследуемую кровь (10:1). После чего осторожными движениями перемешивают. Планшетку покачивают, наблюдая за реакцией визуально. Через 3 минуты читают результат. Наличие глыбок агглютинатов свидетельствует о содержании в эритроцитах резус-фактора. В случае резус-отрицательной крови агглютинация не наблюдается.

Рекомендации к оформлению работы: зарисуйте полученную картину, установите резус-фактор исследуемой крови.

Результаты работы:

Антирезус-сыворотка



Вывод: _____

5. Определение скорости свертывания крови (демонстрация).

Методы определения свертываемости крови по Альтгаузену и Сухареву — одни из широко применяемых в клинической практике. Основаны на определении времени спонтанного свертывания и появления первых нитей фибрина в цельной крови. Являются легко выполнимыми, однако позволяют выявить лишь грубый дефицит факторов свертывания.

Оснащение: секундомер, скарификатор, часовое стекло, капилляр Панченкова, кровь, спирт, йод, ватные шарики.

Ход работы. По Альтгаузену: сухое часовое стекло согревают на ладони и на него наносят 2–3 капли крови. Через каждые 30 секунд

проводят по капле крови скарификатором. Отмечают по секундомеру появление первых нитей фибрина. Скорость свертывания крови при использовании данного метода 5–6 минут.

По Сухареву: кровь набирают в капилляр Панченкова высотой 25–30 мм. Капилляр переводят в горизонтальное положение и, удерживая в руке, покачивают на 30° в обе стороны. По секундомеру отмечают замедление движения крои в капилляре и появление небольших сгустков. Полное свертывание крови соответствует моменту остановки движения крови. Нормальные показатели: начало свертывания — до 2 минут, конец свертывания — от 3 до 5 минут.

Результаты работы:

Вывод: _____

6. Решение ситуационных задач [4].

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

Основные формулы по разделу

Определение гематокрита:

$$\text{Hct} = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100 \%,$$

где h_1 — объем крови; h_2 — объем форменных элементов.

Кислородная емкость крови (КЕК):

$$\text{КЕК} = \text{Hb} \cdot \Gamma,$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Γ — константа Гюфнера, 1,36 мл O_2 /г.

Цветовой показатель крови (ЦП):

$$\text{ЦП} = \frac{\text{Hb} \cdot 3}{\text{Эр}^*},$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Эр* — число эритроцитов (первые три цифры).

Среднее содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ):

$$\text{СГЭ} = \frac{\text{Hb}}{\text{Эр}},$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Эр — число эритроцитов, $\times 10^{12}$ л.

Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (КГЭ):

$$\text{КГЭ} = \frac{\text{Hb}}{V \cdot \text{Эр}},$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; V — объем эритроцитов, мкм^3 ; Эр — число эритроцитов, $\times 10^{12}$ л.

Закон Ньютона, определяющий величину силы внутреннего трения между частицами ламинарного потока жидкости:

$$F = \eta \cdot S \frac{\Delta v}{\Delta r},$$

где F — сила трения, Н; η — вязкость, сП; S — площадь поверхности, м^2 ; $\Delta v / \Delta r$ — изменение скорости сдвига, с^{-1} .

ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

Дата _____

Возбуждение — активный физиологический процесс, сопровождающийся изменением структурно-функционального состояния клетки, вызванный действием внешних или внутренних факторов.

Возбудимые ткани — это ткани, способные отвечать на действие раздражителя активной физиологической реакцией. Возбуждение присуще в основном нервной, мышечной, железистой тканям.

Возбудимость — способность клеток реагировать определенным образом на действие раздражителя.

Пороговый раздражитель — раздражитель минимальной величины, способный вызвать возбуждение. Раздражители меньшей величины именуются *подпороговыми*, большей величины — *сверхпороговыми*.

Натрий-калиевый насос — энергозависимый механизм, обеспечивающий выведение из клетки ионов натрия и поступление в нее ионов калия. В 1957 г. профессор Йенс Скоу обнаружил фермент, гидролизующий АТФ при добавлении ионов Na^+ и K^+ — Na^+/K^+ -АТФаза.

Мембранный потенциал — разность потенциалов между цитоплазмой и окружающей средой. Различают два вида мембранных потенциалов: потенциал покоя и потенциал действия.

Потенциал покоя — это мембранный потенциал клетки, находящейся в невозбужденном состоянии. Величина потенциала покоя равна 60–90 мВ для волокон поперечнополосатой мускулатуры, 30–50 мВ — для клеток гладкой мышечной ткани, 60–70 мВ — для нервных клеток.

Потенциал действия — это кратковременное изменение мембранного потенциала клетки при ее возбуждении. Продолжительность потенциала действия может изменяться в широком временном диапазоне: от 1 мс (для нервных клеток) до 10 мс (для волокон скелетной мускулатуры) и даже до 100–300 мс (для кардиомиоцитов) и более (для гладкой мускулатуры).

Локальный ответ — местное изменение мембранного потенциала, возникающее при действии на возбудимую ткань подпороговых раздражителей.

Критический уровень деполяризации — уровень мембранного потенциала, при котором открываются все потенциал-зависимые натриевые каналы и начинается деполяризация.

Деполяризация — изменение мембранного потенциала в менее электроотрицательном направлении, ее возникновение обусловлено открытием Na^+ -каналов и вхождением ионов Na^+ в клетку.

Гиперполяризация — это изменение мембранного потенциала в более электроотрицательном направлении.

Овершут — это фрагмент потенциала действия, во время которого внутреннее содержимое клетки приобретает положительный заряд по отношению к окружающей среде.

Реполяризация — восстановление исходного уровня мембранного потенциала, обусловленное закрытием Na^+ -каналов, открытием K^+ -каналов и выходом ионов K^+ из клетки.

Реобазы — минимальная сила раздражителя, способная вызвать возбуждение при условии достаточно длительного его действия.

Полезное время — это время, в течение которого должен действовать раздражитель величиной в реобазу.

Хронаксия — это минимальное время, в течение которого должен действовать раздражитель величиной в две реобазы, чтобы вызвать возбуждение.

Закон «силы» — закономерность, согласно которой при увеличении силы раздражителя ответная реакция возбуждения растет.

Закон «всё или ничего» — это закономерность, согласно которой с увеличением силы сверхпорогового раздражителя ответная реакция возбуждения остается неизменной.

Электромиография — метод регистрации электрической активности мышц.

Электромеханическая сопряженность — это определенная последовательность процессов (от потенциала действия до инициированного им мышечного сокращения).

Одиночное мышечное сокращение — это действие одиночного раздражителя, вызвавшего изменение длины одного мышечного волокна при его возбуждении.

Суммация сокращений — сложение нескольких сократительных процессов при действии на мышцу нескольких раздражителей с определенной частотой (при условии, что интервал времени

между их действием меньше продолжительности одиночного мышечного сокращения).

Тетанус — длительное непрерывное сокращение с большой амплитудой скелетной мышцы, обусловленное действием нескольких раздражителей с определенной частотой. Виды: *зубчатый* и *гладкий* тетанус. Явление *оптимума* обусловлено тем, что каждый последующий раздражитель попадает в фазу супернормальной возбудимости, а явление *пессимума* — тем, что каждый последующий раздражитель попадает в фазу рефрактерности (относительной или абсолютной).

Тонус скелетных мышц — определенная активность мышечных элементов. Его нарушение может проявляться усилением (гипертония), ослаблением (гипотония) либо исчезновением (атония) активности.

Утомление — снижение работоспособности мышечной структуры при длительном активном функционировании. Оно обусловлено накоплением продуктов обмена (в частности, молочной кислоты), а также истощением энергетических ресурсов (кальция, гликогена, АТФ).

Активный отдых — состояние покоя, при котором восстановление работоспособности утомленной мышцы осуществляется более быстро при выполнении работы другими органами. И.М. Сеченов объяснял это развитием процессов утомления, прежде всего в нервных центрах.

Синапс (греч. *synapsis* — соприкосновение, соединение) — структура, обеспечивающая проведение сигнала от одной клетки к другой. Термин «синапс» был введен английским физиологом Ч. Шеррингтоном в 1897 г. *Химический синапс* — это межклеточное образование, которое обеспечивает передачу сигнала с помощью химического посредника-медиатора. *Электрический синапс* — это межклеточное образование, которое обеспечивает передачу импульса возбуждения посредством возникновения электрического тока между пресинаптическим и постсинаптическим отделами.

Коннексоны — это специфические белковые комплексы, обеспечивающие передачу возбуждения на мембранах электрического синапса, состоящие из шести субъединиц и располагающиеся в таком порядке, что в их центре образуется пора, заполненная водой, которая проходит через бислой клеточной мембраны.

Медиаторы — химические вещества, участвующие в передаче возбуждения или торможения от одной возбудимой клетки к другой.

Принцип Дейла — это закономерность, согласно которой, как правило, в синаптических окончаниях одного нейрона выделяется только один медиатор.

Синаптическая задержка — время необходимое для проведения импульса возбуждения в синапсе (0,2–0,5 мс).

Возбуждающий постсинаптический потенциал — это деполяризация мембраны в синапсах вследствие образования комплекса медиатор–рецептор, обуславливающего рост проницаемости для ионов Na^+ и в целом развитие возбуждения.

Тормозной постсинаптический потенциал — это гиперполяризация мембраны в синапсах вследствие образования комплекса медиатор–рецептор, обуславливающего рост проницаемости для ионов K^+ и Cl^- и в целом развитие торможения.

Локальные токи — это механизм проведения возбуждения по немиелинизированным нервным волокнам, основанный на возникновении разности потенциалов между возбужденными и невозбужденными участками, вследствие чего возникает местный ток.

Сальтаторный механизм — распространение возбуждения по миелинизированным нервным волокнам, осуществляемое за счет местных токов, возникающих в одном из перехватов Ранвье и распространяющихся на соседние, вызывая деполяризацию и генерацию потенциала действия (т.е. потенциал действия распространяется как бы прыжками от одного перехвата к другому).

Занятие № 1. Биоэлектрические явления в возбудимых тканях. Методы исследования возбудимых тканей

Цель занятия: изучить механизмы возникновения биоэлектрических явлений в возбудимых тканях, критерии оценки возбудимости.

Вопросы для подготовки

1. Возбудимые ткани. Общие свойства возбудимых тканей. Возбудимость и возбуждение. Специфические и неспецифические признаки возбуждения. Классификация раздражителей.
2. Электрические явления в возбудимых тканях. История их открытия (Л. Гальвани, А. Вольта, Ч. Маттеучи).
3. Современные представления о строении и функциях мембран, ионных каналов. Активный и пассивный транспорт ионов через мембраны.
4. Мембранный потенциал покоя, его происхождение и механизм поддержания (селективная проницаемость, Na^+/K^+ -насос и др.).
5. Потенциал действия и его фазы согласно мембранно-ионной теории возбуждения. Критический уровень деполяризации.
6. Соотношение фаз возбудимости с фазами потенциала действия. Особенности местного и распространяющегося возбуждения.
7. *Критерии оценки возбудимости. Хронаксиметрия.
8. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей (закон «всё или ничего», значение силы, длительности, крутизны нарастания раздражения).
9. *Действие постоянного тока на возбудимые ткани. Полярный закон раздражения. Электротонические явления в тканях, их значение в проведении возбуждения. Катодическая депрессия, анодическая экзальтация.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).

4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 39–58.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Классификация типов транспорта [3]

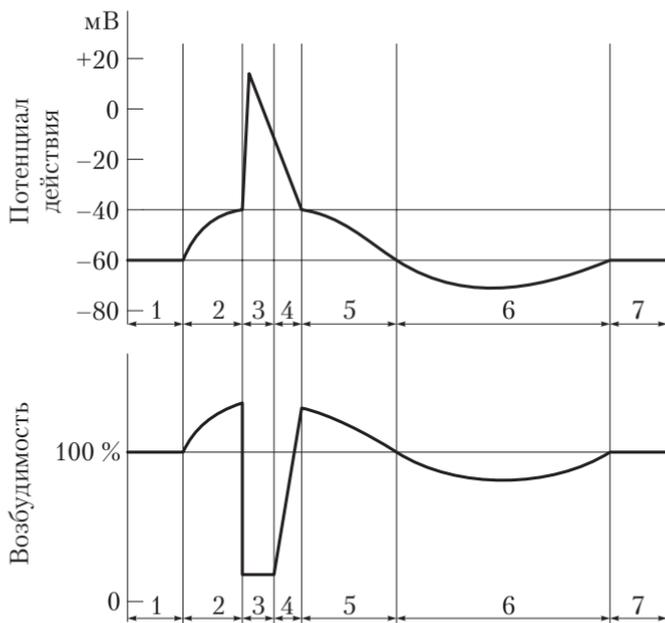
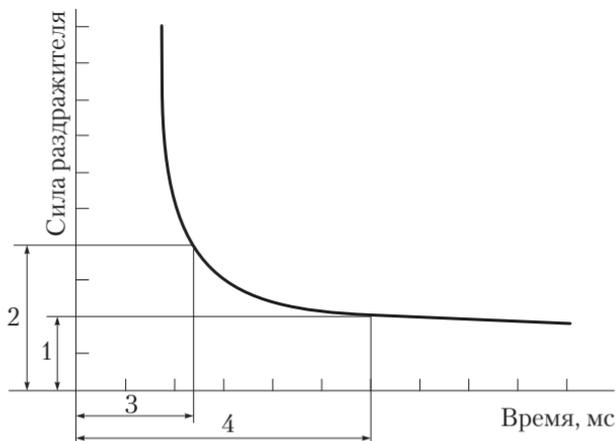
Пассивный:

Активный:

Сопряженный:

Сравнительная характеристика локального потенциала и потенциала действия [3]

Характеристика	Локальный потенциал	Потенциал действия
Проводимость		
Закон «силы»		
Закон «всё или ничего»		
Явление суммации		
Величина амплитуды		
Способность к возбудимости		
Величина раздражителя		

Потенциал действия и возбудимость, соотношения их фаз [3]**Зависимость между силой раздражителя и временем его действия [3]**

Лабораторные работы

1. Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки.

Оснащение: набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка.

Ход работы. Разрушают зондом головной и спинной мозг, большими ножницами рассекают тело лягушки поперек, пинцетом и ножницами из задней половины тела удаляют остатки внутренних органов и снимают кожу (при помощи салфетки). Большими ножницами осторожно (чтобы не повредить нервы крестцового сплетения) разрезают продольно позвоночный столб и получают два препарата задней лапы лягушки. Затем при помощи малых ножниц и пинцета выделяют икроножную мышцу. Далее при помощи стеклянных крючков осторожно выделяют седалищный нерв (внизу — до коленного сустава, вверху — до тазобедренного сустава), отсекают нерв в районе тазобедренного сустава, большими ножницами отсекают коленный сустав с икроножной мышцей и седалищным нервом от остальных элементов нижней конечности.

Результаты работы:

Вывод: _____

2. Опыты Гальвани.

Оснащение: набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, гальванический пинцет.

Ход работы. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Для выполнения *первого опыта Гальвани* к нерву нервно-мышечного препарата прикасаются браншами гальванического пинцета. Для выполнения *второго опыта Гальвани* нерв нервно-мышечного препарата стеклянным крючком набрасывают на другую отпрепарированную мышцу на границе между поврежденным и интактным ее участком (следует иметь в виду, что этот опыт проходит успешно только при свежем нервно-мышечном препарате).

Результаты работы:

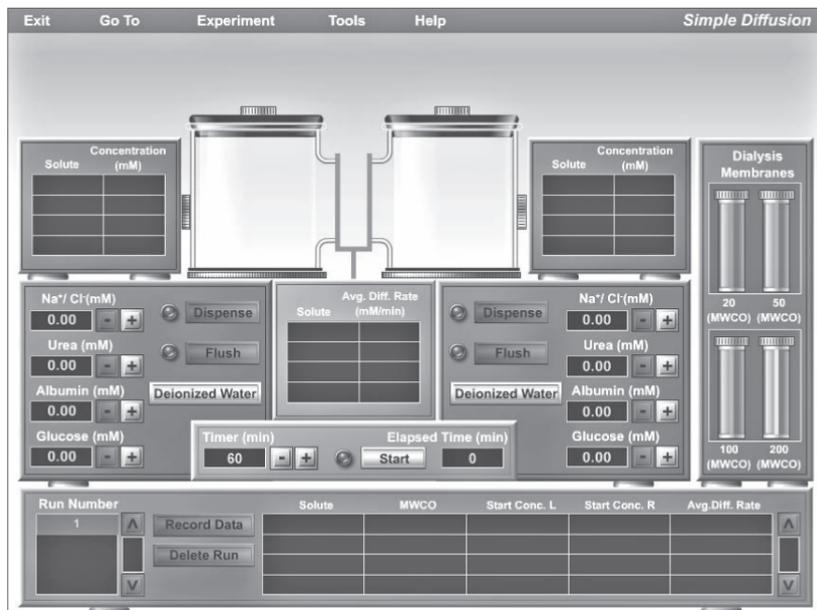
Вывод: _____

3. Изучение механизмов простой диффузии: интерактивная физиология PhysioEX 8.0.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии возбудимых тканей.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии возбудимых тканей, анализируют диффузию веществ с различным молекулярным весом через мембраны с различным размером

пор. Последовательно используем четыре типа мембран, пропускающих вещества с молекулярной массой меньше указанного значения (20; 50; 100; 200). Оценивают диффузию каждой из мембран для NaCl, мочевины, альбумина и глюкозы.



Рекомендации к оформлению работы: внесите полученные данные в таблицу (раздел «Результаты работы»). Наличие диффузии обозначьте знаком «+», отсутствие знаком «-».

Результаты работы:

Растворенное вещество	Имеет ли место диффузия?			
	Мембрана (MWCO)			
	20	50	100	200
NaCl				
Мочевина				
Альбумин				
Глюкоза				

Вывод: _____

4. Хронаксиметрия. Определение сенсорной, моторной реобазы и хронаксии.

Оснащение: исследуемый, блок электростимуляции электромиоскопа MG 440, стимулирующий электрод, спирт, 0,9%-й NaCl (электронная паста), вата.

Ход работы. Включают блок электростимуляции электромиоскопа MG 440 в сеть. Определяют минимальную силу тока, при которой электрический импульс длительностью 0,005 мс и частотой 5 Гц вызовет ответную реакцию. Определяют минимальную силу тока, при которой электрический импульс длительностью 2 мс и частотой 5 Гц вызовет ответную реакцию. По результатам эксперимента строят кривую силы–длительности.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» зарисуйте кривую силы–длительности, определите величину сенсорной реобазы, полезного времени и хронаксии (переменный ток частотой 5 Гц).

Результаты работы:

Вывод: _____

Занятие № 2. Функции и свойства поперечнополосатых и гладких мышц

Дата _____

Цель занятия: изучить свойства и функции поперечнополосатых и гладких мышц; знать закон средних нагрузок.

Вопросы для подготовки

1. Физиологические свойства скелетной мышцы. Нервно-мышечные единицы. Особенности возбуждения мышечной ткани.
2. Виды сокращения скелетных мышц (изотонические, изометрические и ауксотонические сокращения).
3. Одиночное мышечное сокращение, его фазы. Изменение возбудимости мышечного волокна при его возбуждении и сокращении.
4. Современные представления о механизме мышечного сокращения и расслабления. Теория скользящих нитей. Сопряжение возбуждения и сокращения мышц (электромеханическая связь).
5. Режимы сокращения скелетных мышц. Тетанус зубчатый и гладкий. Механизмы тетануса. Феномены оптимума и пессимума частоты и силы раздражения.
6. Сила и работа мышц. Зависимость работы от величины нагрузки и ритма мышечного сокращения. Закон средних нагрузок.
7. *Тонус скелетных мышц. Утомление работающей мышцы. Природа и локализация утомления при работе изолированной мышцы.
8. *Физиологические основы активного отдыха (И.М. Сеченов) и спортивной тренировки.
9. *Физиологическая характеристика гладких мышц. Особенности их функций.
10. Особенности функционирования скелетных мышц у плода и детей (для пед. факультета).

Литература

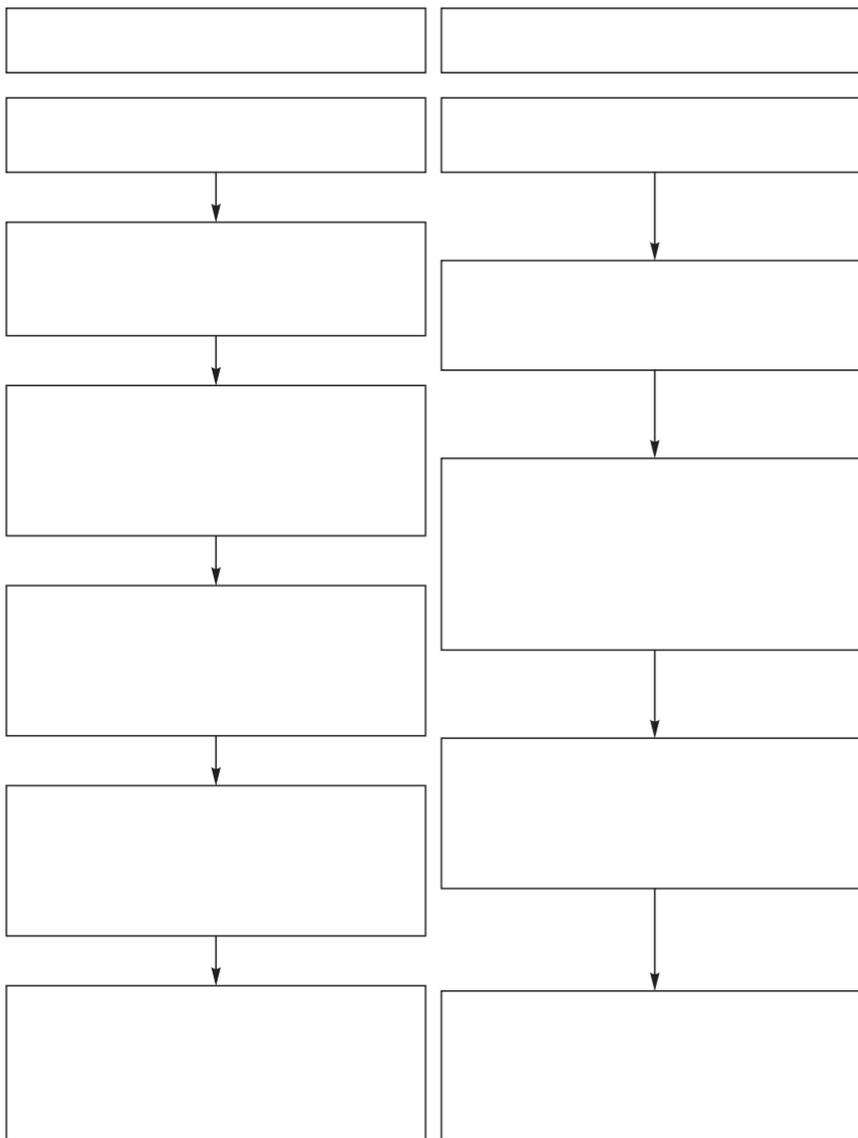
1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).

3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 74–93.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

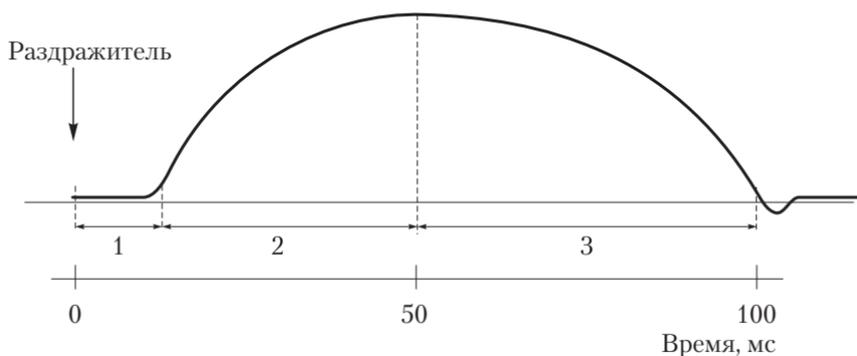
Оформить в протоколе

Характеристика трех типов волокон скелетных мышц [3]

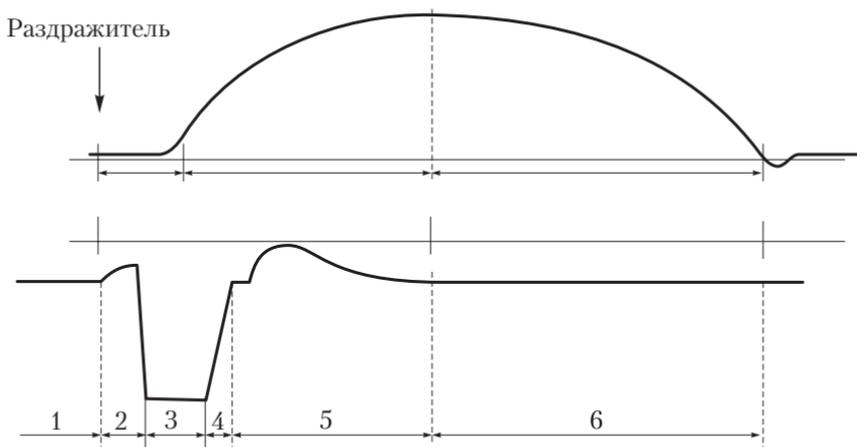
Показатель	Медленные оксидативные волокна (тип I)	Быстрые оксидативные волокна (тип IIA)	Быстрые гликолитические волокна (тип IIB)
Главный источник образования АТФ			
Митохондрии			
Капилляры			
Содержание миоглобина			
Активность ферментов гликолиза			
Содержание гликогена			
Скорость утомления			
Активность АТФазы миозина			
Скорость укорочения			
Диаметр волокна			
Размер двигательной единицы			
Диаметр двигательного аксона			

Особенности актин-миозинового взаимодействия в скелетной и гладкой мышцах [3]

Одиночное мышечное сокращение [3]



Соотношения фаз сократимости и возбудимости поперечнополосатых мышц [3]



Лабораторные работы

1. Анализ одиночного мышечного сокращения.

Оснащение: набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив.

Ход работы. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют, согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, электростимулятор устанавливают в режим частоты 1 Гц, ключом производят замыкание цепи, регистрируют одиночное сокращение.

Рекомендации к оформлению работы: скопируйте в раздел «Результаты работы» полученную запись и отметьте основные фазы одиночного мышечного сокращения.

Результаты работы:

Вывод: _____

2. *Тетанус зубчатый и гладкий, оптимум и пессимум частоты и силы раздражения (эксперимент на животном или виртуально).

Оснащение: 1) набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Осуществляют подготовку мышечного препарата и фиксируют его в штативе для выполнения последующего воздействия раздражителями в виде электрических сигналов различной частоты. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, посредством электростимулятора подают на нерв ток с определенной частотой. Наблюдают, как изменяется график мышечного сокращения по мере увеличения частоты стимуляции нервно-мышечного препарата (вначале отмечаются одиночные сокращения, затем начинаются зубчатые тетанические сокращения, они переходят в гладкий тетанус, сила сокращения достигает максимума при оптимальной частоте стимуляции, и, наконец, при дальнейшем увеличении частоты стимуляции возникает пессимальное торможение).

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» зарисуйте графики мышечного сокращения в режимах зубчатого и гладкого тетануса, при оптимуме и пессимуме частоты раздражения.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Электромиография. Регистрация биопотенциалов.

Оснащение: электромиоскоп MG 440, поверхностный биполярный электрод, заземляющий электрод, спирт, 0,9%-й NaCl (электронная паста), вата.

Ход работы. Включают электромиоскоп MG 440 в сеть. Исследуемого располагают вблизи электромиоскопа, обрабатывают запястье спиртом, смачивают 0,9%-м раствором NaCl, прикрепляют заземляющий электрод при помощи резинового кабеля на запястье. Обрабатывают место расположения одной из двигательных точек предплечья спиртом, смачивают 0,9%-м раствором NaCl и фиксируют поверхностный биполярный электрод в данной точке с помощью резиновой полосы. После включения миоскопа на экране регистрируют интерференционную электромиограмму мышц предплечья в режиме расслабления и при сжатии кулака.

Стандартная электромиограмма мышц предплечья в покое



Стандартная электромиограмма мышц предплечья при сокращении



Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» зарисуйте интерференционную электромиограмму мышц предплечья в режиме расслабления и при сжатии кулака.

Результаты работы:

Режим	Частота электромиограммы, Гц	Амплитуда электромиограммы, мкВ
Покой		
Сокращение		

Вывод: _____

4. Определение силы мышечного сокращения (динамометрия).**Оснащение:** динамометр.

Ход работы. Динамометр подготавливают к измерению, устанавливая при помощи кнопки возврата стрелку в нулевое положение. Держа динамометр в вытянутой руке перед собой, с максимальной силой сжимают его (сначала правой рукой, а затем — левой).

$$\text{Показатель силы} = \frac{\text{Сила мышц, кг}}{\text{Масса тела, кг}} \cdot 100.$$

Рекомендации к оформлению работы: занесите полученные результаты в таблицу (раздел «Результаты работы»), вычислите показатель силы.

Результаты работы:

Показатель	Левая рука	Правая рука
Сила мышц, кг		
Показатель силы, ед.		

Вывод: _____

5. Физиологические основы активного отдыха (И.М. Сеченов) и спортивной тренировки.

Оснащение: динамометр, секундомер.

Ход работы. Динамометр подготавливают к измерению, устанавливая при помощи кнопки возврата стрелку в нулевое положение. Держа динамометр в вытянутой руке перед собой, с максимальной силой сжимают его (сначала правой рукой, а затем — левой). После 10 приседаний повторяют динамометрию. Через 15 минут проводят измерение силы правой кисти, после чего в течение 30 секунд осуществляют 30 сжатий динамометра левой рукой с силой, равной половине максимальной. После данной нагрузки измеряют силу правой кисти, затем — силу левой кисти, после чего в течение 30 секунд осуществляют 30 сжатий динамометра правой рукой с силой, равной половине максимальной. После данной нагрузки измеряют силу левой кисти.

Рекомендации к оформлению работы: занесите полученные результаты в таблицы № 1 и № 2 (раздел «Результаты работы»).

Результаты работы:

Таблица № 1

Показатель	Правая рука	Левая рука
Сила мышц до приседаний, кг		
Сила мышц после приседаний, кг		

Таблица № 2

Показатель	Правая рука	Левая рука
Сила мышц до работы противоположной кистью, кг		
Сила мышц до работы противоположной кистью, кг		

Вывод: _____

6. *Закон «силы», или зависимость амплитуды сокращения изолированной скелетной мышцы от силы раздражителя (эксперимент на животном или виртуально).

Оснащение: 1) набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Готовят мышечный препарат и фиксируют его в штативе для выполнения последующего воздействия раздражителями в виде электрических сигналов различной частоты. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, посредством электростимулятора подают на нерв ток с пороговой силой раздражителя, регистрируя при этом соответствующее мышечное сокращение. Затем увеличивают силу раздражителя и регистрируют увеличение амплитуды сокращения скелетной мышцы (при пороговых значениях силы раздражителя сила сокращения минимальна, затем, с ростом силы раздражителя, возрастает сила сокращения).

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» схематически изобразите выявленную закономерность.

Результаты работы:

Вывод: _____

7. *Зависимость силы сокращения от исходной длины мышцы (*эксперимент на животном или виртуально*).

Оснащение: 1) набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Готовят мышечный препарат и фиксируют его в штативе для выполнения последующего воздействия раздражителями в виде электрических сигналов различной частоты. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1)*. Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, посредством электростимулятора подают на нерв стимулирующий ток с пороговой силой, регистрируя при этом силу мышечного сокращения. Затем, изменяя длину мышцы, регистрируют изменение амплитуды сокращения скелетной мышцы. При этом ступенчато увеличивают длину мышцы с минимальных значений до максимальных и регистрируют силу сокращений. Таким образом определяют исходную длину мышцы, при которой она сокращается с максимальной силой.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» укажите исходную степень растяжения мышцы, при которой сила сокращения мышц была наибольшей.

Результаты работы:

Вывод: _____

8.* Зависимость сокращения мышцы от длительности межстимульного интервала (*эксперимент на животном или виртуально*).

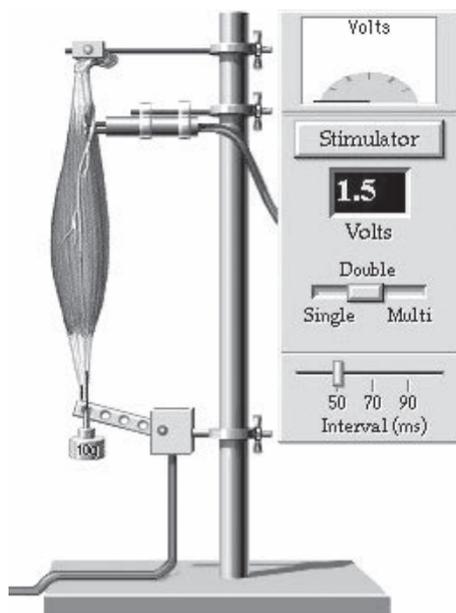
Оснащение: 1) набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Готовят мышечный препарат и фиксируют его в штативе для выполнения последующего воздействия раздражителями в виде электрических сигналов различной частоты. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1)*. Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, посредством электростимулятора

подают на нерв одиночный стимул. Затем подают на нерв пары стимулов с межстимульным интервалом 90, 70 и 50 мс.



Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» изобразите графики мышечного сокращения при различной длительности межстимульного интервала.

Результаты работы:

Занятие № 3. Характеристика проведения возбуждения по нервным волокнам и синапсам. Нервно-мышечный синапс

Дата _____

Цель занятия: знать законы проведения нервного импульса по периферическим нервам; изучить механизм передачи возбуждения в нервно-мышечном синапсе и развития утомления; уметь объяснить влияние нервных и гуморальных факторов на восстановление работоспособности.

Вопросы для подготовки

1. Физиологическая (функциональная) лабильность (подвижность) ткани. Методы ее определения. Характеристика возбудимости и лабильности нервной и мышечной тканей. Усвоение ритма (А.А. Ухтомский).
2. Паралич (Н.Е. Введенский). Переходные фазы от возбуждения к торможению. Паралич и торможение.
3. Характеристика структурно-функциональной организации синапса. Классификация синапсов.
4. *Общая характеристика электрических синапсов. Значение коннексонов. Понятие об эфapse.
5. Особенности передачи возбуждения в химических синапсах. Ионно-метаболические рецепторы. Медиаторы, их классификация и роль.
6. Механизм передачи возбуждения в нервно-мышечных синапсах.
7. Функции и физиологические свойства нервных волокон. Законы проведения возбуждения по периферическим нервам.
8. Особенности распространения возбуждения по безмиелиновым и миелиновым нервным волокнам. Функциональная характеристика нервных волокон, их классификация.
9. Особенности нервных волокон и нервно-мышечных синапсов у плода и детей (для *пед. факультета*).

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянич; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянич. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).

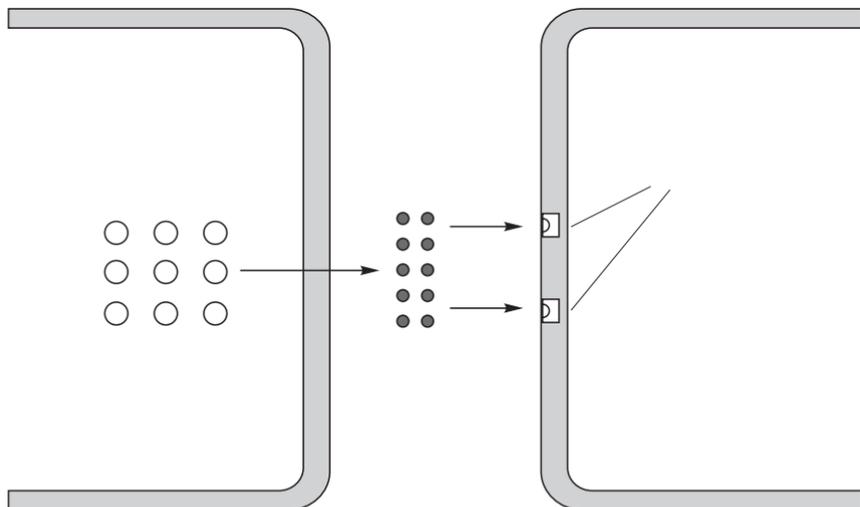
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 67–74.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Классификация нервных волокон (по Эрлангеру – Гассеру) [3]

Тип волокна	Функция	Средний диаметр, мкм	Средняя скорость проведения, м/с
A α			
A β			
A γ			
A δ			
B			
C			

Структурно-функциональная организация химического синапса [3]



Лабораторные работы

1. «Физиология возбудимых тканей» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. *Интерактивная физиология: функционирование нервно-мышечного синапса.

Оснащение: персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Наблюдают за тем, как работает виртуальная модель нервно-мышечного синапса. Наблюдают, как после деполяризации концевой пластины аксона открываются потенциалозависимые кальциевые каналы, кальций вызывает разрыв пузырьков, содержащих ацетилхолин, который, пройдя синаптическую щель, связывается с рецепторами постсинаптической мембраны. Присоединение ацетилхолина к рецептору приводит к открытию хемоактивируемых натриевых каналов постсинаптической мембраны, а значит — к возбуждению миоцита. Ацетилхолин, находящийся в синаптической щели и связанный с рецепторами, либо разрушается холинэстеразой, либо подвергается возврату в цитоплазму аксона, и синапс снова готов к проведению импульса.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» схематически изобразите нервно-мышечный синапс и отметьте основные этапы его функционирования.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Прямое и не прямое раздражение мышц.

Оснащение: набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, чернильно-пишущий осциллограф, ключ, набор проводов, штатив.

Ход работы. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с чернильно-пишущим осциллографом. Нерв фиксируют на выходах электростимулятора, вторую пару проводов фиксируют непосредственно на мышце, электростимулятор устанавливают в режим частоты 10 Гц. Ключом производят замыкание цепи, подающей ток на мышцу, регулятором мощности напряжение повышают от 0 до значений, при которых мышца начинает сокращаться. Затем переключают цепь в режим раздражения нерва и таким же образом находят минимальное напряжение, при котором мышца начинает сокращаться. На ленте осциллографа регистрируют процесс сокращения при прямом и непрямом раздражении мышцы.

Рекомендации к оформлению работы: скопируйте полученную запись в раздел «Результаты работы» и укажите силовой порог при прямом и непрямом раздражении мышцы.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. Локализация утомления в нервно-мышечном препарате.

Оснащение: набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, чернильно-пишущий осциллограф, ключ, набор проводов, штатив.

Ход работы. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1).* Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с чернильно-пишущим осциллографом. Нерв фиксируют на выходах электростимулятора, вторую пару проводов — непосредственно на мышце, электростимулятор устанавливают в режим частоты 50 Гц. Ключом производят замыкание цепи, подающей ток на нерв, а затем, после утомления нервно мышечного препарата, ток подают непосредственно на мышцу, что приводит

к восстановлению интенсивности сокращений утомленного препарата. На ленте осциллографа регистрируют процесс развития утомления и восстановления работоспособности при прямом раздражении мышцы.

Рекомендации к оформлению работы: скопируйте полученную запись в раздел «Результаты работы» и проанализируйте ее.

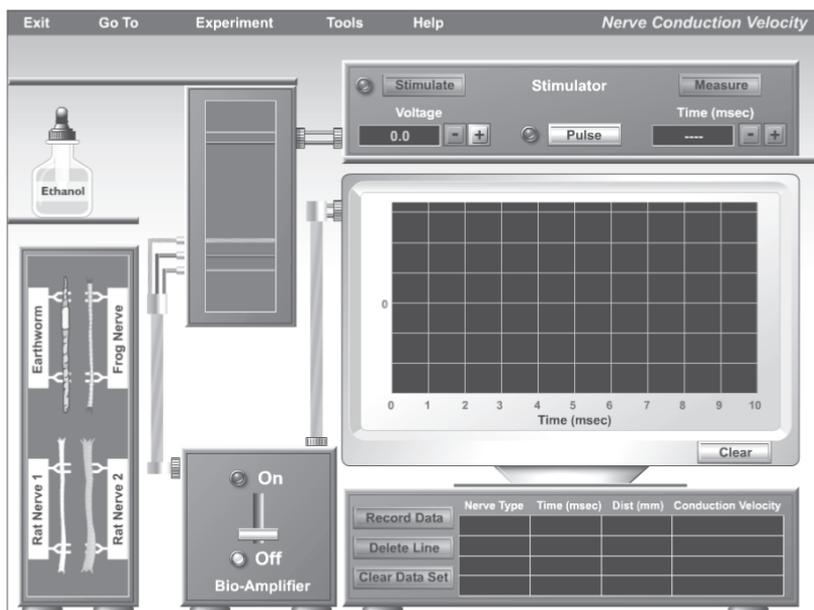
Результаты работы:

Вывод: _____

5. Измерение скорости проведения возбуждения по нерву: интерактивная физиология PhysioEX 8.0.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии возбудимых тканей.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии возбудимых тканей, измеряют скорости проведения различных типов нервов. Последовательно измеряют скорость проведения малого нерва земляного червя, среднего миелинизированного лягушки, среднего немиелинизированной крысы, большого миелинизированного крысы.



Рекомендации к оформлению работы: внесите полученные данные в таблицу (раздел «Результаты работы»).

Результаты работы:

Измерение скорости проведения различных нервов

Животное	Вид нерва	Порог, В	Время от стимуляции до ПД, мс	Скорость проведения, м/с
Земляной червь	Малый нерв			
Лягушка	Средний миелинизированный			
Нерв крысы № 1	Средний немиелинизированный			
Нерв крысы № 2	Большой миелинизированный			

Вывод: _____

6. Закон анатомической и функциональной целостности нерва (*эксперимент на животном или виртуально*).

Оснащение: 1) набор препаровальных инструментов (ножницы большие и маленькие, пинцет анатомический, зажимы, круглый тонкий зонд, препаровальная игла изогнутая, стеклянные крючки для препаровки нервов), препаровальная дощечка, раствор Рингера, лягушка, электростимулятор, механо-электрический преобразователь, регистратор, ключ, набор проводов, штатив;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Готовят мышечный препарат и фиксируют его в штативе для выполнения последующего воздействия раздражителями в виде электрических сигналов различной частоты. *Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки осуществляют согласно ходу работы № 1 (Тема № 1)*. Для данной работы удобнее использовать нервно-мышечный препарат, в котором ахиллово сухожилие берется вместе с сесамовидной косточкой. Коленный сустав препарата фиксируют в зажиме штатива, а сесамовидную косточку — на рычажок механо-электрического преобразователя, соединенного с регистратором. Нерв фиксируют на электродах, посредством электростимулятора подают на нерв стимулирующий ток с пороговой силой, регистрируя при этом мышечное сокращение. Затем наносят на нерв раствор новокаина (блокатор натриевых каналов) и отмечают отсутствие сокращения под действием тока пороговой силы. Отмывают нерв физиологическим раствором и отмечают восстановление его проводимости. Пинцетом раздавливают нерв и отмечают прекращение передачи импульсов. При интактном нерве раздражение его центрального конца электрическим током приводит к сокращению иннервируемой им мышцы.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» схематически изобразите опыт, демонстрирующий закон анатомической и функциональной целостности нерва.

Основные формулы по разделу

Уравнение Нернста (только для K^+):

$$E_M = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{[K^+]_H}{[K^+]_{BH}},$$

где E_M — величина мембранного потенциала, мВ; R — газовая постоянная; T — абсолютная температура; n — валентность иона; F — число Фарадея; $[K^+]_{BH}$ — концентрация ионов калия внутри клетки; $[K^+]_H$ — концентрация ионов калия снаружи.

Уравнение Нернста (для нескольких ионов):

$$E_M = \frac{R \cdot T}{F} \cdot \ln \frac{P_{K^+} [K^+]_{BH} + P_{Na^+} [Na^+]_{BH} + P_{Cl^-} [Cl^-]_H}{P_{K^+} [K^+]_H + P_{Na^+} [Na^+]_H + P_{Cl^-} [Cl^-]_{BH}},$$

где P — проницаемость соответствующих ионов через клеточную мембрану; $[]_H$ — концентрация соответствующих ионов снаружи клетки; $[]_{BH}$ — концентрация соответствующих ионов внутри клетки.

Формула М. Вейса:

$$I = \frac{a}{t} + b,$$

где I — пороговая сила тока, В; t — время действия раздражителя, с; a — константа, характеризующая постоянное время раздражения с момента, когда кривая становится параллельной оси ординат; b — константа, соответствующая силе раздражения при постоянной его длительности, когда кривая становится параллельной оси абсцисс.

Оценка динамической работы мышц:

$$A = P \cdot H,$$

где A — динамическая работа мышц, кг/м; P — масса груза, кг; H — высота подъема груза, м.

Расчет мышечной силы:

$$A_{\text{мс}} = \frac{P}{S},$$

где $A_{\text{мс}}$ — мышечная сила, кг/см²; P — максимальный груз, который способна поднять мышца, кг; S — площадь физиологического поперечного сечения мышцы, см².

Оценка скорости проведения возбуждения по нервному волокну:

$$v = \frac{S}{t},$$

где v — скорость проведения возбуждения по нервному волокну, м/с; S — расстояние по нервному волокну между стимулирующими и отводящими электродами, м; t — время латентного периода от момента нанесения раздражения до начала возникновения восходящей фазы потенциала действия, с.

Фильмы, рекомендуемые для просмотра

1. Физиология возбудимых тканей (80 мин).
2. Опыты Гальвани, ГрГМУ (9 мин).
3. Приготовление нервно-мышечного препарата, СГМУ (13 мин).
4. Опыты Гальвани. Опыт Маттеучи, СГМУ (10 мин).
5. Потенциал покоя живых клеток (17 мин).
6. Современный курс лекций по классической физиологии: «Мембранный потенциал покоя и потенциал действия». Чл.-корр. РАМН А.Л. Зефиоров (105 мин).
7. Некоторые законы раздражения возбудимых тканей (17 мин).
8. Сотая загадка мышц (10 мин).
9. Механизм мышечного сокращения (6 мин).
10. Электромиография, ГрГМУ (5 мин).
11. Физиологические свойства мышечной и нервной ткани (10 мин).
12. Нервная клетка (10 мин).
13. Большой скачок. Нервная клетка (26 мин).
14. Синапсы (12 мин).
15. Современный курс лекций по классической физиологии: «Строение и функции центральных и нервно-мышечных синапсов». Чл.-корр. РАН Л.Г. Магазаник (105 мин).
16. Труд и отдых (19 мин).

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА

Дата _____

Физиология сердца изучает общие принципы функционирования данного органа, закономерности процессов возбуждения, сокращения, автоматизма и насосную функцию миокарда. Главным фактором, обеспечивающим движение крови по сосудам, являются сокращения миокарда.

Типичные кардиомиоциты — сократительные клетки, образующие предсердия и желудочки.

Атипичные кардиомиоциты — клетки проводящей системы сердца, обеспечивающие возникновение возбуждения в сердце и проведение его от места возникновения к сократительным элементам предсердий и желудочков.

Проводящая система сердца — совокупность атипичных кардиомиоцитов, образующих узлы: синоатриальный и атриовентрикулярный, межузловые тракты Бахмана, Венкенбаха и Тореля, пучки Гиса и волокна Пуркинье.

Возбудимость кардиомиоцитов — способность клеток сердца реагировать на действие раздражителя специфической реакцией, характеризующаяся возникновением потенциала действия. Величина потенциала покоя *типичного* кардиомиоцита около -90 мВ. В *атипичном* кардиомиоците потенциал покоя имеет меньшую величину: около -60 мВ.

Потенциал действия типичного кардиомиоцита — изменение мембранного потенциала клеток сократительного миокарда при возбуждении с амплитудой 120 мВ и длительностью около $0,3$ секунды (300 мс). Во время пика потенциала действия в типичном кардиомиоците происходит изменение знака мембранного потенциала с -90 до $+30$ мВ.

Рефрактерность миокарда — снижение возбудимости типичных кардиомиоцитов при развитии потенциала действия.

Потенциал действия атипичного кардиомиоцита — быстрое изменение мембранного потенциала клеток проводящей системы. Во время пика потенциала действия в атипичном кардиомиоците происходит изменение мембранного потенциала от -60 до $+20$ мВ. Амплитуда потенциала составляет 80 мВ, длительность

в покое — 0,75–1,0 секунды (значительно варьируется под влиянием нервных и гуморальных факторов).

Автоматизм — способность атипичных кардиомиоцитов самопроизвольно, без внешних воздействий, генерировать электрические импульсы, вызывающие ритмические возбуждения сердца.

Водитель ритма сердца (пейсмейкер) — участок проводящей системы сердца, генерирующий автоматические импульсы, вызывающие сокращение сердца. В норме — синоатриальный узел.

Вставочный диск миокарда — комплекс микроскопических структур в месте контакта мембран кардиомиоцитов, состоящий из электрических синапсов (нексусов), десмосом (фибриллярных белков, обеспечивающих механический контакт) и интердигитаций.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) — количество сердечных сокращений (кардиоциклов) в течение 1 минуты (уд/мин). В покое ЧСС колеблется от 60 до 90 уд/мин, что соответствует продолжительности сердечного цикла от 0,67 до 1 секунды.

Сердечный цикл — период времени, включающий одно сокращение и одно расслабление предсердий и желудочков. При 75 сокращениях сердца в минуту общая продолжительность сердечного цикла составляет 0,8 секунды.

Систола — фаза сердечного цикла, включающая сокращение миокарда и изгнание крови из сердца в сосудистую систему.

Диастола — фаза сердечного цикла, включающая расслабление миокарда и наполнение полостей сердца кровью.

Конечный диастолический объем — количество крови в каждом из желудочков в конце диастолы. В условиях покоя его значение составляет 110–120 мл.

Конечный систолический объем — количество крови в каждом из желудочков в конце систолы. В условиях покоя его значение составляет 30–40 мл.

Фракция выброса — отношение объема крови, выбрасываемого в сосуды ко всему объему крови в желудочках к началу систолы (конечный диастолический объем). В покое фракция выброса составляет 50–60 % и является резервом, который используется при физической нагрузке.

Систолический объем (СО), или ударный объем (УО) — количество крови, поступающее в аорту при каждом сокращении

сердца. *В норме*: у здорового молодого человека 60–100 мл; среднее значение 70–80 мл.

Минутный объем крови (МОК) — количество крови, выбрасываемое левым (правым) желудочком сердца в сосудистую систему за 1 минуту (*в норме* 5–6 л/мин).

Брадикардия — снижение частоты сердечных сокращений, менее 60 уд/мин.

Тахикардия — повышение частоты сердечных сокращений, более 90 уд/мин.

Тоны сердца — звуковые проявления механической деятельности сердца, которые находятся в определенной связи с фазами сердечного цикла.

Внутрисердечные (интракардиальные) механизмы регуляции — регуляторные процессы, возникающие внутри сердца и продолжающие функционировать в изолированном сердце. К интракардиальным механизмам относятся *саморегуляция* (внутриклеточная или миогенная регуляция), *межклеточная регуляция* и *органная регуляция*.

Внесердечные (экстракардиальные) механизмы регуляции — регуляторные влияния, возникающие вне пределов сердца и не функционирующие в нем изолированно. К экстракардиальным механизмам относятся *нервно-рефлекторная* и *гуморальная регуляция* деятельности сердца.

Сердечно-сосудистый центр (ССЦ) — комплекс нервных структур в проекции дна IV желудочка продолговатого мозга, включающий прессорный и депрессорный отделы и ядра вагуса.

Занятие № 1. Физиологические свойства сердечной мышцы. Электрокардиография и ее значение. Нагнетательная функция сердца

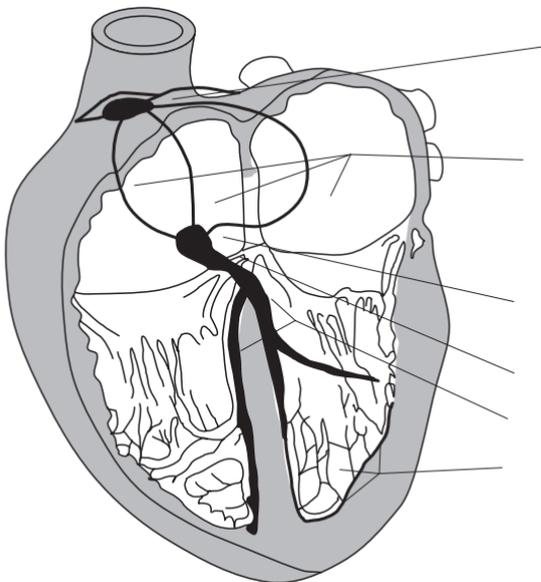
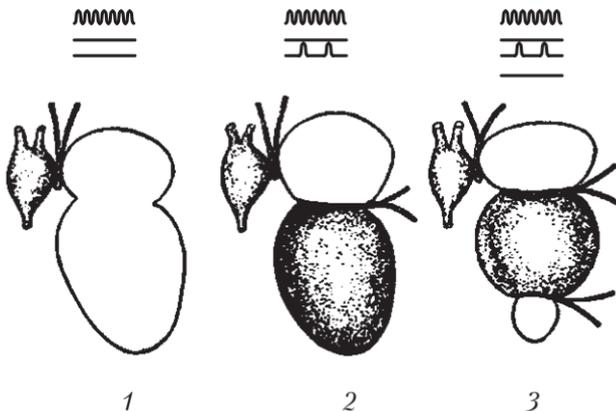
Цель занятия: усвоить основные данные об особенностях физиологических свойств мышцы сердца, электрокардиографии, нагнетательной функции сердца и уметь применять их для объяснения сердечной деятельности.

Вопросы для подготовки

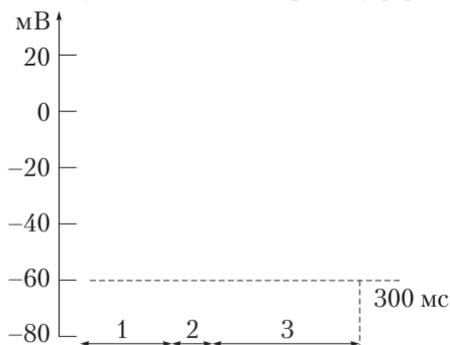
1. Функции кровообращения. Кровообращение как компонент различных функциональных систем. *История открытия и изучения кровообращения. Эволюция кровообращения.
2. Физиологические свойства и особенности сердечной мышцы. Особенности возбуждения и распространения его по миокарду. Соотношение возбуждения, возбудимости и сократимости типичного кардиомиоцита.
3. Потенциал действия атипичного кардиомиоцита. Автоматия сердца. Градиент автоматии (опыт Станниуса). Субстрат и природа автоматии.
4. Волокно миокарда как диполь. Дипольная теория генеза ЭКГ.
5. Электрокардиография. Отведения ЭКГ. Электрическая ось сердца. Варианты положения электрической оси сердца.
6. Анализ нормальной ЭКГ человека (форма и величина зубцов ЭКГ, длительность интервалов).
7. *Суточное (холтеровское) мониторирование ЭКГ. Значение электрокардиографии для клиники. Особенности ЭКГ у плода и детей (*для пед. факультета*).
8. Цикл работы сердца и его фазы. Фазовый анализ сердечного цикла. Клапанный аппарат сердца и его значение.
9. *Нагнетательная функция сердца. Изменение объема и давления крови в полостях сердца в разные фазы сердечного цикла.
10. Тоны сердца и их происхождение. Фонокардиография. Особенности ФКГ у плода и детей (*для пед. факультета*).

Литература

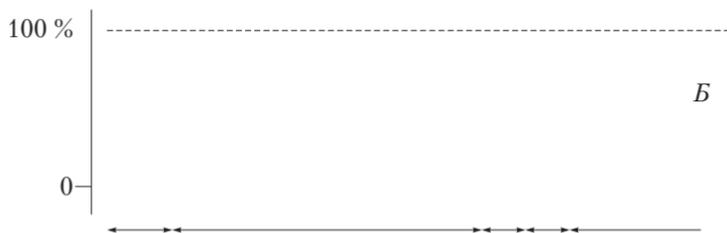
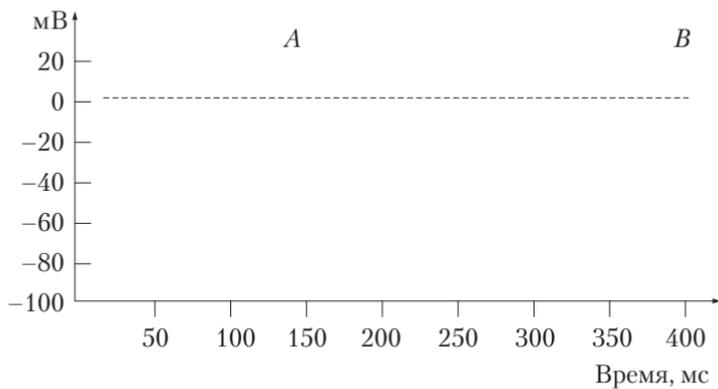
1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 274–288.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе**Архитектоника проводящей (автоматической) системы сердца [3]****Выявление степени автоматии различных отделов сердца
(опыт Станниуса) [3]**

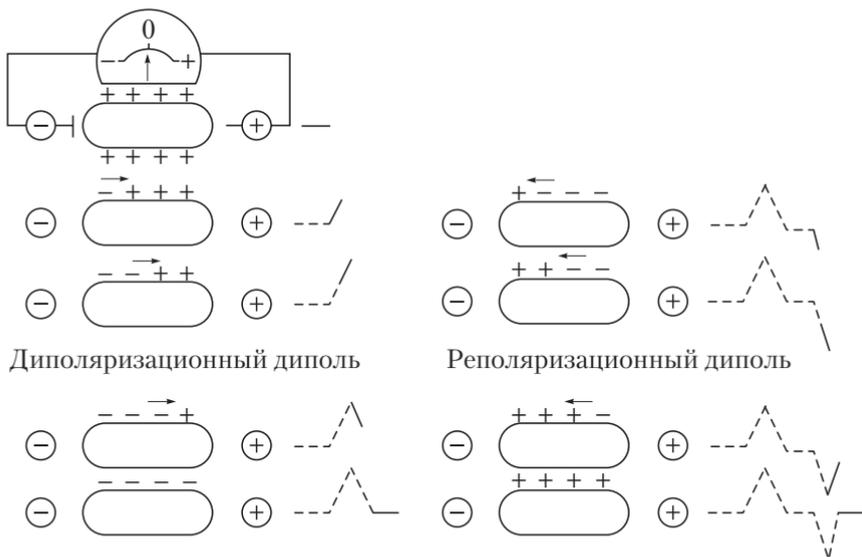
**Потенциал действия атипичного кардиомиоцита
(клетки водителя ритма) [3]**



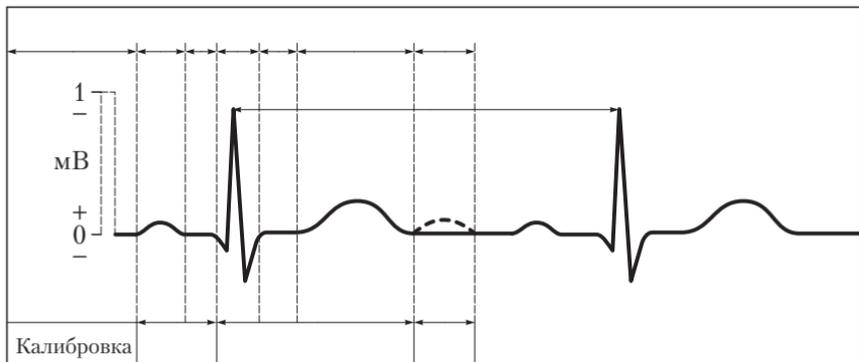
**Соотношение кривых возбуждения (А), возбудимости (Б)
и сокращения (В) сердечной мышцы [3]**



Волокно миокарда как диполь [3]



Характеристика электрокардиограммы [3]



Лабораторные работы

1. *Виртуальный физиологический эксперимент: наложение лигатур по Станниусу.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу, анализируют изменение сокращений венозного синуса, предсердий и желудочков сердца лягушки после наложения 1-й, 2-й и 3-й лигатур Станниуса.

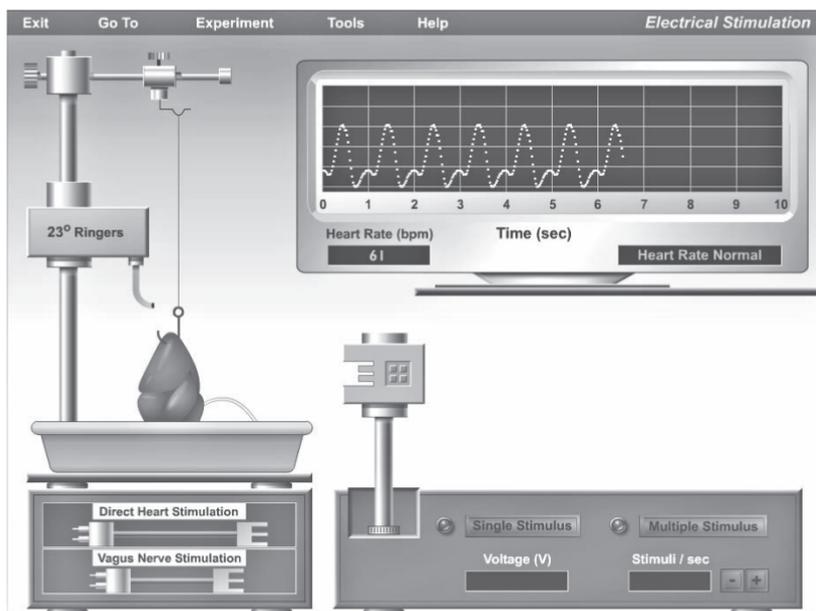
Результаты работы:

Вывод: _____

2. *Интерактивная физиология PhysioEX 8.0: электрическая стимуляция изолированного сердца лягушки.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии сердца.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии сердца, проводят различные варианты электрической стимуляции изолированного сердца лягушки: а) прямое раздражение одиночными импульсами; б) прямое раздражение серий импульсов; в) раздражение блуждающего нерва.



Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» запишите характер изменения сокращений изолированного сердца лягушки после: а) прямого раздражения одиночными импульсами; б) прямого раздражения серией импульсов; в) раздражения блуждающего нерва.

Результаты работы:

Вид электрической стимуляции	Вольтаж, В	Количество импульсов в 1 с	ЧСС, уд/мин
Прямое раздражение одиночными импульсами	20	1	
Прямое раздражение серией импульсов	20	20	
Раздражение блуждающего нерва	1	50	

Вывод: _____

3. Компьютерная программа: физиологические основы электрокардиографии.

Оснащение: персональный компьютер, программа по физиологическим основам электрокардиографии.

Ход работы. Наблюдают, как распространяется волна возбуждения по миокарду и возникают элементы ЭКГ в различных отведениях. После анализа исходной записи в меню программы последовательно выбирают различные фазы возбуждения миокарда и проводят их анализ.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» зарисуйте схематическое изображение распространения волны возбуждения по миокарду и отметьте основные элементы проводящей системы сердца.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. *Интерактивная физиология: проводящая система сердца.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии проводящей системы сердца.

Ход работы. Программа по интерактивной физиологии позволяет проанализировать основные элементы проводящей системы сердца, последовательность распространения волны деполяризации по миокарду предсердий и желудочков, формирование компонентов электрокардиограммы. Обратите внимание на взаимосвязь

компонентов электрокардиограммы с электрическими процессами в сердце. Зубец Р соответствует деполяризации предсердий, сегмент PQ отражает распространение волны возбуждения от предсердий к желудочкам, комплекс QRS — деполяризацию желудочков, сегмент ST — деполяризацию всей поверхности желудочков, зубец Т — реполяризацию желудочков, интервал Q–Т — электрическую систолу желудочков, интервал Т–Р — электрическую диастолу желудочков.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» схематически зарисуйте проводящую систему сердца и укажите названия основных элементов (названия узлов, пучков и волокон).

Результаты работы:

Вывод: _____

5. Электрокардиография.

Оснащение: переносной одноканальный электрокардиограф, марлевые прокладки, 0,9%-й раствор NaCl, спирт, вата.

Ход работы. Подготавливают электрокардиограф к работе, проверяя наличие питания, правильность соединения электродов и наличие заземления. Кожу в области наложения электродов обрабатывают спиртом, накладывают марлевые прокладки и элект-

троды ЭКГ. При присоединении электродов пользуются правилом светофора: красный электрод — правая рука, желтый — левая рука, зеленый — левая нога, черный — правая нога. Проводят регистрацию ЭКГ в трех стандартных отведениях (I, II, III). Для анализа необходимо не менее 5 сердечных комплексов в каждом из отведений. Оценку и подсчет амплитудных и временных параметров ЭКГ проводят во II стандартном отведении.

Вклеить образец ЭКГ.

Место для вклейки

Результаты работы: при расшифровке электрокардиограммы необходимо рассчитать следующие параметры:

Элемент ЭКГ

Длительность интервала R–R =

Длительность зубца P =

Длительность интервала P–Q =

Длительность комплекса QRS =

Длительность зубца T =

Длительность интервала QRST =

Сравнить с должной длительностью электрической систолы (интервала QRST), рассчитанной по формуле Базетта:

а) для мужчин – $QRST = 0,37 \cdot \sqrt{R-R} =$

б) для женщин – $QRST = 0,40 \cdot \sqrt{R-R} =$

Рассчитать систолический показатель – отношение длительности интервала Q–T к длительности интервала R–R (в %):

$$Q-T = \frac{(Q-T) \cdot 100 \%}{R-R} =$$

Длительность интервала T–P =

Рассчитать частоту сердечных сокращений (ЧСС) в минуту:

$$ЧСС = \frac{60}{R-R \text{ (секунд)}} =$$

Определить положение электрической оси сердца: _____

Вывод: _____

6. Решение ситуационных задач [4].

Занятие № 2. Нагнетательная функция сердца. Нейрогуморальная регуляция деятельности сердца

Дата _____

Цель занятия: усвоить основные данные о регуляции сердечной деятельности, уметь применять их для объяснения изменений деятельности сердца в различных условиях, исследовать в эксперименте некоторые механизмы нейрогуморальной регуляции деятельности сердца.

Вопросы для подготовки

1. Систолический и минутный объемы крови. Способы их определения. Работа сердца. Особенности этих показателей у детей разного возраста (*для пед. факультета*).
2. Общая характеристика уровней регуляции деятельности сердца. Саморегуляция сердца (закон Франка — Старлинга, феномен Анрепа, лестница Боудича).
3. Гуморальная регуляция деятельности сердца. Влияние электролитов, медиаторов и гормонов на деятельность сердца. Гормональная функция сердца.
4. Внутрисердечная нервная система и ее роль в регуляции деятельности сердца. Кардио-кардиальные рефлекссы.
5. Рефлекторная регуляция деятельности сердца. Основные рефлексогенные поля (зоны) и их значение в регуляции деятельности сердца. Экстероцептивные и интероцептивные влияния на сердце.
6. Характеристика влияния симпатических и парасимпатических нервов на деятельность сердца (хроно-, ино-, батмо-, дромо-, тонотропные влияния). Работы И.П. Павлова о центробежных нервах сердца.
7. *Роль высших отделов ЦНС в регуляции деятельности сердца и сосудов. Деятельность сердца как один из вегетативных компонентов целостных реакций организма. Роль эмоций в возникновении сердечно-сосудистых заболеваний (*для леч. факультета*).
8. Возрастные изменения сердечной деятельности (*для леч. факультета*). Значение тренировки сердца.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 288–307.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Лабораторные работы

1. *«Физиология сердца» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. Виртуальный физиологический эксперимент: воздействие блуждающего нерва на сердце лягушки.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim», изучают графическую запись сердечных сокращений (механокардиограмму) при стимуляции блуждающего нерва.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Виртуальный физиологический эксперимент: воздействие растворов солей и медиаторов на деятельность сердца.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim», изучают графическую запись сердечных сокращений (кардиограмму) в условиях перфузии растворами оксалата аммония (связывание ионов Ca^{2+}), хлорида Са, хлорида К, адреналина и ацетилхолина.

Результаты работы:

Вывод: _____

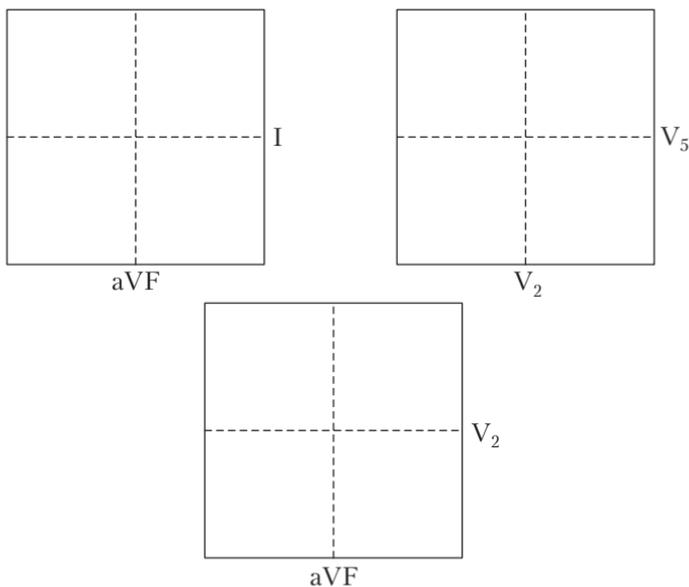
4. Векторэлектрокардиография (демонстрация).

Обнащение: автоматическая кардиологическая система «Ирина ЕР», марлевые прокладки, 0,9%-й раствор NaCl, спирт, вата.

Ход работы. Кожу в области наложения электродов обрабатывают спиртом, накладывают марлевые прокладки и электроды ЭКГ. После запуска командного файла «Sphera» на экране компьютера наблюдают электрокардиограмму. После 3–5-минутной регистрации начинают анализ векторкардиограммы. В разделе меню «Анализ» выбирают пункт «Векторкардиограмма».

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» зарисуйте с экрана компьютера форму петель векторкардиограммы.

Результаты работы:



Вывод: _____

5. Компьютерная регистрация и анализ электрокардиограммы при помощи автоматической кардиологической системы «Ирина ЕР» в динамике (демонстрация).

Оснащение: автоматическая кардиологическая система «Ирина ЕР», марлевые прокладки, 0,9%-й раствор NaCl, спирт, вата.

Ход работы. Кожу в области наложения электродов обрабатывают спиртом, накладывают марлевые прокладки и электроды ЭКГ. После запуска командного файла «Sphere» на экране компьютера наблюдают электрокардиограмму. После 3–5-минутной регистрации начинают автоматический анализ. В разделе меню «Анализ» выбирают пункты «Параметры ЭКГ» и «Заключение».

Результаты работы:

Интервал R–R (мс) =

Зубец P (мс) =

Интервал P–Q (мс) =

Комплекс QRS (мс) =

Зубец T (мс) =

Интервал QRST (мс) =

Интервал QRST по формуле Базетта (мс):

а) для мужчин $QRST = 0,37 \cdot \sqrt{R-R} =$ б) для женщин $QRST = 0,40 \cdot \sqrt{R-R} =$

Интервал T–P (мс) =

Частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин):

$$ЧСС = \frac{60}{R-R \text{ (секунд)}} =$$

Вывод:

Ритм: _____

Положение электрической оси сердца: _____

Вольтаж элементов ЭКГ: _____

6. Компьютерная регистрация и анализ интегральной реокардиограммы (демонстрация).

Оснащение: автоматическая кардиологическая система «Ирина EP», марлевые прокладки, 0,9%-й раствор NaCl, спирт, вата.

Ход работы. Кожу в области наложения электродов обрабатывают спиртом, накладывают марлевые прокладки и реографические электроды. После запуска командного файла «Sphera» выбирают режим «Реография» и на экране компьютера наблюдают реокардиограмму. После 3–5-минутной регистрации начинают автоматический анализ. В разделе меню «Анализ» выбирают пункты «Параметры реограммы» и «Заключение». Площадь тела определяется по формуле Дю Буа (см. основные формулы по разделу).

Результаты работы:

Частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) =

Площадь тела (м^2) =

Ударный объем кровообращения (мл) =

Минутный объем кровообращения (л/мин) =

Ударный индекс ($\text{мл}/\text{м}^2$) =

Сердечный индекс (л/мин/ м^2) =

Индекс минутной работы сердца ($\text{кг} \cdot \text{л}/\text{мин}/\text{м}^2$) =

Индекс ударной работы сердца ($\text{кг} \cdot \text{л}/\text{м}^2$) =

Удельное периферическое сопротивление ($\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-0,5} \cdot \text{м}^2$) =

Объемная скорость изгнания (мл/с) =

Мощность левого желудочка (Вт) =

Объем циркулирующей крови (л) =

Вывод:

Тип циркуляции: _____

Ударный индекс: _____

Удельное периферическое сопротивление: _____

Среднее артериальное давление: _____

Минутная работа сердца: _____

Ударная работа сердца: _____

Основные формулы по разделу

Минутный объем кровообращения:

$$\text{МОК} = \text{СО} \cdot \text{ЧСС},$$

где МОК — минутный объем кровообращения, мл/мин; СО — систолический объем, мл; ЧСС — частота сердечных сокращений, уд/мин.

МОК *в норме*: в покое 5000–6000 мл/мин; при нагрузке 20 000–40 000 мл/мин.

Формула Старра (систолический объем):

$$\text{СО} = 90,97 + 0,54 \cdot \text{ПД} - 0,57 \cdot \text{ДД} - 0,61 \cdot \text{В},$$

где СО — систолический объем, мл; ПД — пульсовое давление, мм рт. ст.; ДД — диастолическое давление, мм рт. ст.; В — возраст, лет.

СО *в норме*: в покое 70–80 мл; при нагрузке 140–170 мл.

Определение МОК по методу Фика:

$$\text{МОК} = \frac{V_{\text{O}_2}}{C_a\text{O}_2 - C_v\text{O}_2} \cdot 100 \%,$$

где МОК — минутный объем кровообращения, мл/мин; V_{O_2} — потребление кислорода за 1 минуту, мл/мин; $C_a\text{O}_2$ — содержание кислорода в артериальной крови, мл O_2 /100 мл крови; $C_v\text{O}_2$ — содержание кислорода в венозной крови, мл O_2 /100 мл крови.

Формула Савицкого (минутный объем кровообращения):

$$\text{ДМОК} = \frac{\text{ДОО}}{422},$$

где ДМОК — должный минутный объем кровообращения, л/мин; ДОО — должный основной обмен, ккал/сут (определяется по таблице Гарриса — Бенедикта).

Реальный минутный объем кровообращения (МОК) от ДМОК может отличаться в норме не более чем на $\pm 10 \%$.

Сердечный индекс:

$$\text{СИ} = \frac{\text{МОК}}{S},$$

где СИ — сердечный индекс, л/мин/м²; МОК — минутный объем кровообращения, л/мин; S — площадь поверхности тела, м².

Сердечный индекс *в норме* 2,0–2,5 л/мин/м².

Площадь поверхности тела по формуле Дю Буа:

$$П_{\text{T}} = B^{0,423} \cdot P^{0,725} \cdot 0,007184,$$

где P_{T} — площадь поверхности тела, м²; B — масса тела, кг; P — рост, см; 0,007184 — постоянный эмпирически найденный коэффициент.

Фракция выброса:

$$\text{Фракция выброса} = \frac{\text{СО}}{\text{КДО}},$$

где Фракция выброса, %; СО — систолический объем, мл; КДО — конечный диастолический объем, мл.

Фракция выброса в покое составляет 50–60 %.

Частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин):

$$\text{ЧСС} = \frac{60}{R-R \text{ (секунд)}}.$$

Фильмы, рекомендуемые для просмотра

1. Физиология сердца (10 мин).
2. Структура и физиология сердечной мышцы (3 мин).
3. Как работает сердце человека (3 мин).
4. Проводящая система сердца (10 мин).
5. Автоматия сердца (10 мин).
6. Опыт Станниуса (7 мин).
7. Сердечный цикл (10 мин).
8. Механокардиограмма и фазы сердечного цикла (8 мин).
9. Тоны сердца (10 мин).
10. Физиологические основы электрокардиографии (кафедра нормальной физиологии ГрГМУ, 16 мин).

ФИЗИОЛОГИЯ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Дата _____

Физиология сосудистой системы изучает общие принципы функционирования васкулярного аппарата и движения крови.

Гидродинамика — раздел гидромеханики, в котором изучается движение несжимаемых жидкостей и их взаимодействие с твердыми телами.

Гемодинамика — часть гидродинамики, изучающая движение крови по сосудам, возникающее вследствие разности гидростатического давления.

Время кругооборота крови — время однократного прохождения частицы крови по большому и малому кругам сосудистой системы. В норме составляет 17–25 секунд. На прохождение через малый круг затрачивается около $1/5$, а на прохождение через большой — $4/5$ этого времени.

Венозная помпа (венозный насос) — сдавление вен, расположенных между крупными сокращающимися мышцами (например, в руках и ногах), и перемещение крови в сторону сердца в силу наличия клапанов.

Микронасосная функция скелетных мышц («периферические мышечные сердца») — вибрация мышечных волокон при сокращении мышц, способствующая проталкиванию крови из артериальной части капилляра в венозную часть в направлении сердца. Открыта чл.-корр. НАНБ Н.И. Аринчиным (заведующий кафедрой нормальной физиологии Гродненского государственного медицинского института с 1958 по 1966 гг.).

Вибрационная гипотеза микронасосного свойства скелетных мышц — предположение о том, что продвижение крови по капиллярной системе мышц осуществляется с помощью собственного, заключенного в них присасывающе-нагнетательного вибрационного микронасосного механизма.

Артериальное давление — гидравлическая сила, которую кровь оказывает на стенки артериальных сосудов.

Линейная скорость кровотока — скорость перемещения частиц крови вдоль стенки сосуда.

Объемная скорость кровотока — количество крови, проходящее через поперечное сечение сосуда.

Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) — суммарное сопротивление всех параллельных сосудистых сетей большого круга кровообращения.

Удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС) — отношение величины общего периферического сопротивления сосудов к поверхности тела.

Артериальный пульс — ритмические колебания стенок артерий, обусловленные выбросом крови из сердца во время систолы. Данный показатель отражает деятельность сердца и функциональное состояние артерий. Его можно исследовать путем пальпации любой доступной артерии, а также с помощью сфигмографии.

Сфигмография — графическая регистрация артериального пульса крупных артерий.

Венозное давление — гидравлическая сила, которую кровь оказывает на стенки вен.

Венный пульс — пульсовые колебания, которые можно зарегистрировать в крупных венах вблизи сердца, обусловленные затруднением оттока крови из вен к сердцу во время систолы предсердий и желудочков.

Флебография — графическая регистрация венозного пульса крупных вен.

Депозит крови — накопление крови в венах некоторых органов в силу их высокой растяжимости (селезенка, печень и др.) и регионов тела (малый круг кровообращения, подкожные сосудистые сплетения и др.). Общее количество крови в организме динамически распределяется между депо и циркулирующей в сосудах.

Микроциркуляция — движение крови в системе мелких кровеносных сосудов (артериол, венул, капилляров, артериоло-венулярных анастомозов), а также движение лимфы в лимфатических капиллярах. На уровне микроциркуляторного русла происходит обмен составляющими компонентами между артериальной кровью и тканями, с одной стороны, между тканями и венозной кровью — с другой.

Сосудистый тонус — степень напряжения стенки сосуда, обеспечиваемая длительной специфической активностью его гладкомышечных элементов. При повышении активности гладкомышечных элементов наблюдается *вазоконстрикция*, а при снижении — *вазодилатация*.

Базальный тонус сосудов — напряжение гладко-мышечных элементов стенки сосуда при отсутствии нервных и гуморальных влияний, обусловленное наличием клеток с пейсмейкерной активностью.

Регуляторный (вазомоторный) тонус сосудов — степень напряжения стенки сосуда, обусловленная влиянием нервных (вазомоторный компонент) и гуморальных факторов. В обычных условиях 0,5–2 имп./с постоянно поступают по симпатическим нервам к сосудам, обеспечивая состояние частичной вазоконстрикции.

Вазодилатация — расширение сосудов и снижение их тонуса под влиянием нервных и гуморальных факторов.

Вазоконстрикция — сужение сосудов и повышение их тонуса под влиянием нервных и гуморальных факторов.

Депрессорные сосудистые рефлексy — рефлекторные реакции, способствующие снижению тонуса кровеносных сосудов и артериального давления.

Прессорные сосудистые рефлексy — рефлекторные реакции, способствующие повышению тонуса кровеносных сосудов и артериального давления.

Аускультативный метод с регистрацией тонов Н.С. Короткова — аускультативное определение величины систолического и диастолического давления (1905 г.).

Занятие № 1. Движение крови по сосудам. Тонус сосудов и его регуляция. Функциональные методы исследования кровообращения

Цель занятия: изучить функции кровеносных сосудов, основные закономерности движения крови по сосудам и механизмы регуляции сосудистого тонуса.

Вопросы для подготовки

1. Функциональная характеристика отделов сосудистой системы.
2. Основные законы гемодинамики (закон Хагена—Пуазейля, уравнения Бернулли, Рейнольдса и др.).

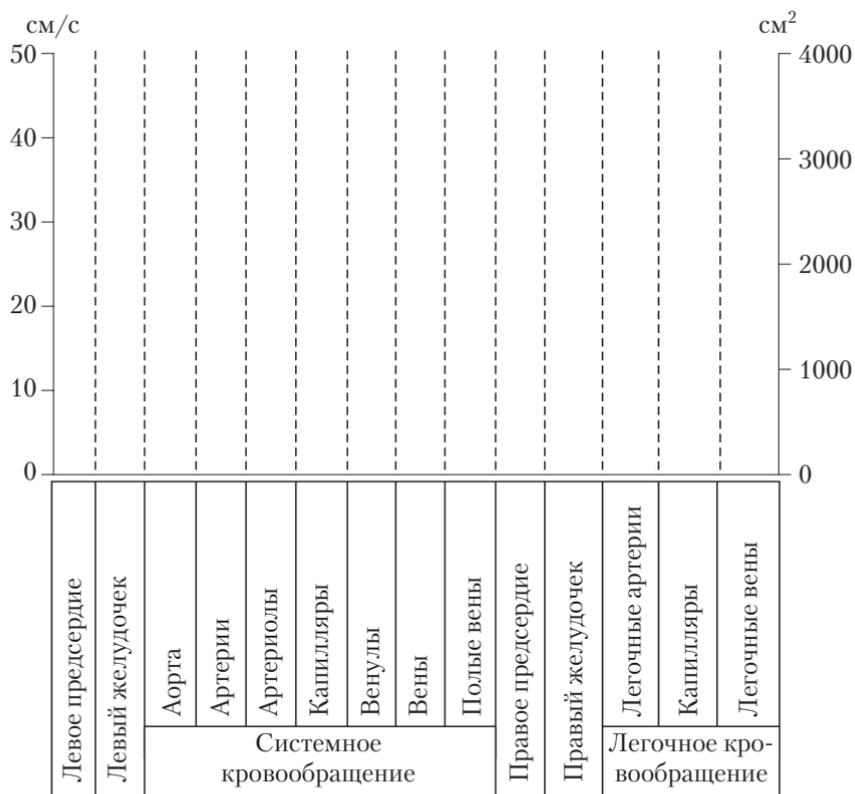
3. Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам. Значение эластичности сосудистой стенки. Венозная помпа. Понятие о периферических мышечных сердцах (Н.И. Аринчин).
4. Линейная и объемная скорость движения крови в разных участках кровяного русла. Факторы, обуславливающие скорость движения крови.
5. Артериальный пульс, происхождение и характеристика. Сфигмограмма. Движение крови в венах. Венный пульс. Флебограмма. Частота пульса у детей разного возраста (*для пед. факультета*).
6. Общая характеристика уровней регуляции тонуса сосудов. Функциональная характеристика и особенности работы барорецепторов сосудистого русла. Сосудодвигательные нервы (вазоконстрикторы, вазодилататоры).
7. Гуморальные и гормональные влияния на сосудистый тонус (простагландины, эндотелины, оксид азота, газотрансммиттеры и др.). Вклад эндотелия в регуляторные механизмы поддержания тонуса сосудов.
8. Кровообращение плода, изменение в системе кровообращения после рождения (*для пед. факультета*).
9. Возрастные особенности гемодинамики сердечно-сосудистой системы (*для леч. факультета*).

Литература

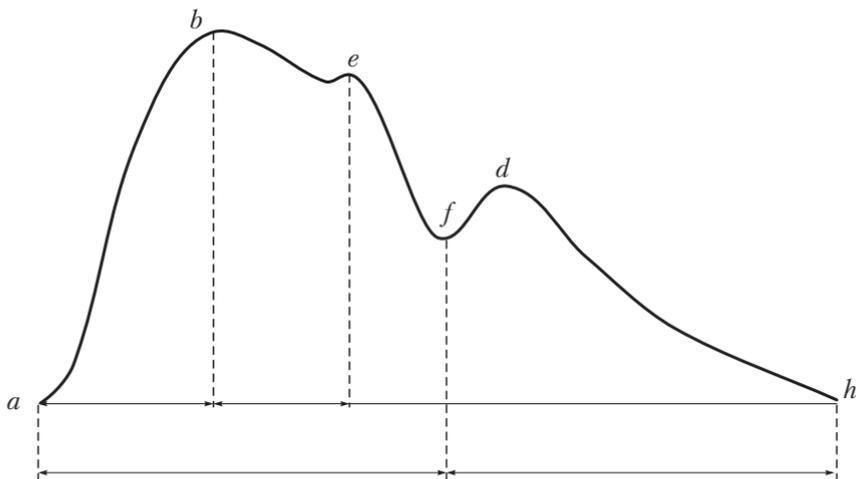
1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 307–310, 313–315, 318–322.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

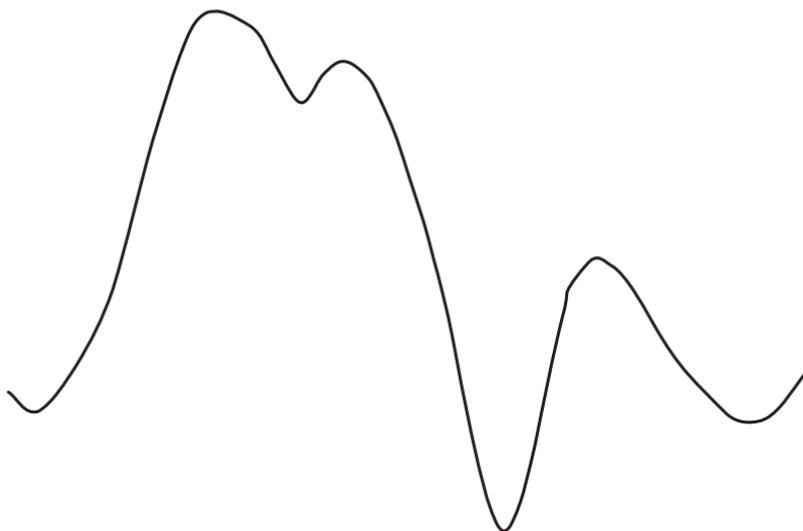
Линейная и объемная скорости кровотока, площадь поперечного сечения в различных отделах сердечнососудистой системы [3]

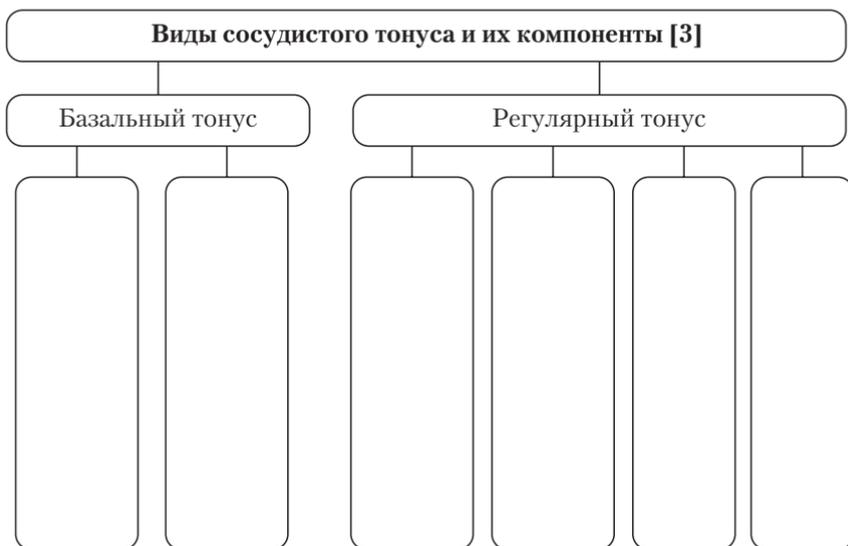


Графическая регистрация артериального пульса (сфигмограмма) [3]



Графическая регистрация венозного пульса (флебограмма) [3]





Определение эндотелийзависимой и эндотелийнезависимой вазодилатации [3]

Изменение диаметра и кровотока плечевой артерии:

Исходный диаметр

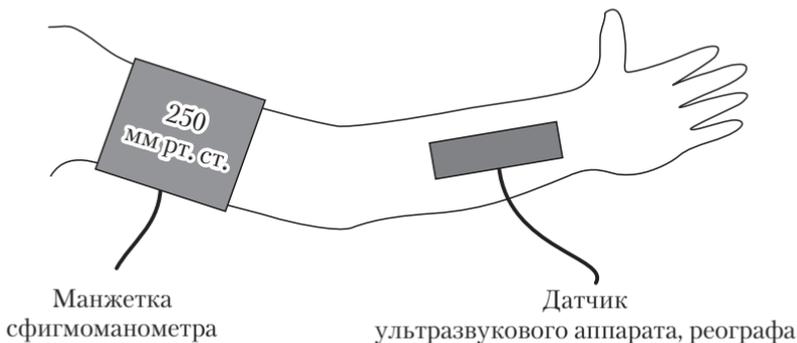
Через 40–50 с после снижения давления в манжетке

Через 4 минуты после приема нитроглицерина

4,5 мм

5 мм (+ 11 %)

5,3 мм (+ 18 %)



Лабораторные работы

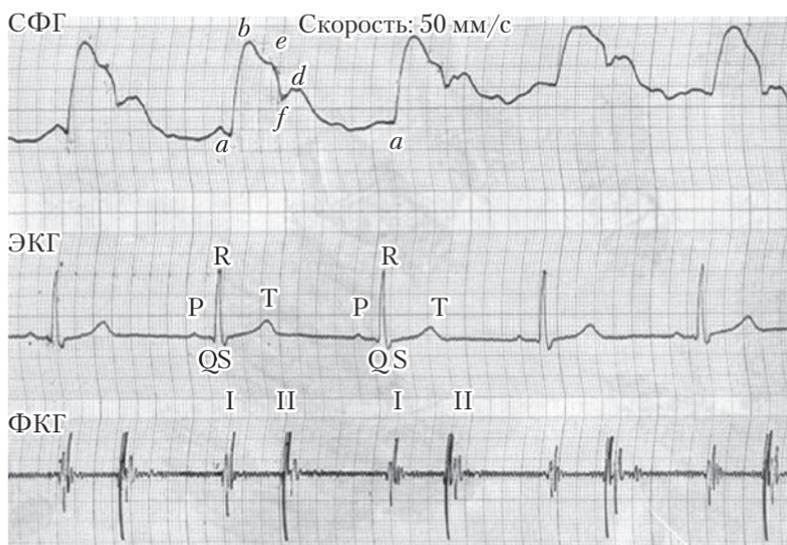
1. Поликардиография: синхронный анализ электрокардиограммы (ЭКГ), фонокардиограммы (ФКГ) и сфигмограммы (СФГ) в состоянии относительного покоя.

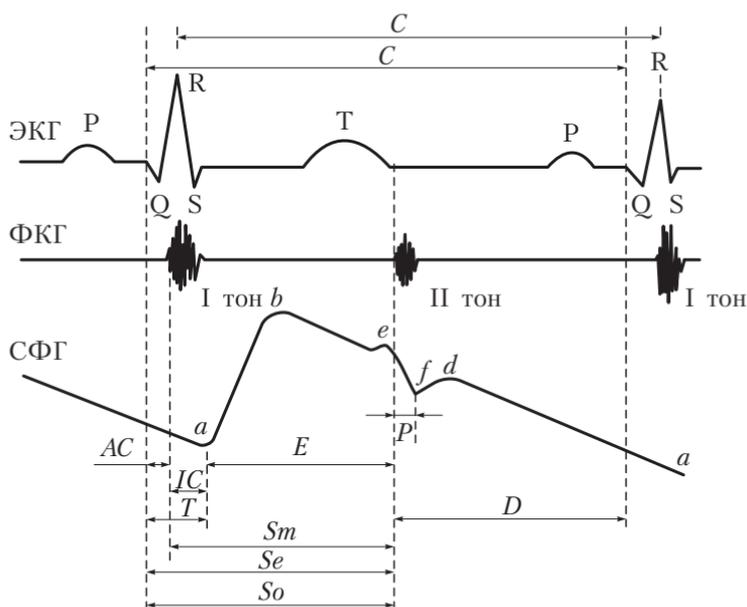
Оснащение: регистратор, электрокардиограф, фонокардиограф, сфигмограф, марлевые прокладки, 0,9%-й раствор NaCl, спирт, вата.

Ход работы. Кожу в области наложения электродов обрабатывают спиртом, накладывают марлевые прокладки и электроды ЭКГ. В области сердечного толчка (V межреберье) закрепляют микрофон фонокардиографа. В области сонной артерии на шее закрепляют датчик сфигмографа. Проводят синхронную регистрацию ЭКГ, ФКГ, СФГ при спокойном дыхании, при скорости 50–100 мм/с. Анализируют 5 последовательных сердечных кивов с последующим усреднением данных. Результаты представляют в сотых долях секунды.

Результаты работы:

Поликардиограмма





При анализе кривых поликардиограммы (ПКГ) рассчитать параметры:

1. Сердечный цикл:

$$C = R - R_{ЭКГ} = Q - Q_{ЭКГ}; C =$$

2. Частота сердечных сокращений:

$$\text{ЧСС} = 60/C; \text{ЧСС} =$$

3. Фаза асинхронного сокращения (в норме 0,04–0,07 с):

$$AC = Q_{ЭКГ} - I_{ФКГ}; AC =$$

4. Фаза изометрического сокращения (в норме 0,02–0,05 с):

$$IC = (I - II_{ФКГ}) - (a - e_{СФГ}) = Sa - E; IC =$$

5. Период напряжения (в норме 0,06–0,11 с):

$$T = AC + IC; T =$$

6. Период изгнания (в норме 0,21–0,31 с):

$$E = a - e_{СФГ}; E =$$

7. Механическая систола (в норме 0,23–0,34 с):

$$Sm = IC + E; Sm =$$

8. Общая систола (в норме 0,24–0,35 с):

$$So = AC + Sm = T + E; So =$$

9. Электрическая систола (в норме 0,24–0,35 с):

$$Se = Q - T_{ЭКГ}; Se =$$

10. Диастола желудочков (в норме 0,35–0,70 с):

$$D = C - So; D =$$

11. Протодиастолический период (в норме 0,02–0,05 с):

$$P = e - f_{СФГ}; P =$$

12. Время изгнания минутного объема (в норме 15–21 с):

$$ВИМО = E \cdot ЧСС; ВИМО =$$

13. Акустическая систола:

$$Sa = (I - II_{ФКГ}); Sa =$$

14. Акустическая диастола:

$$Sd = (II - I_{ФКГ}); Sd =$$

Вывод: _____

2. *Виртуальный физиологический эксперимент: влияние давления и вязкости жидкости, а также радиуса и длины сосуда на движение жидкости по сосуду.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии кровеносных сосудов «LuPraFi-Sim».

Ход работы. В программе устанавливают различные значения давления (мм рт. ст.), радиуса сосудов (мм), вязкости крови (сП) и длины сосуда (мм), после чего анализируют объемную скорость кровотока в мл/мин.



Результаты работы:

Объемная скорость кровотока, мл/мин	Радиус сосуда, мм	Вязкость крови, сП	Длина сосуда, мм	Давление крови, мм рт. ст.
	5	5	25	20
	5	5	50	20
	5	5	25	40
	5	10	25	20
	10	5	25	20

Вывод: _____

3. *Регуляция артериального давления (эксперимент на животном или виртуально).

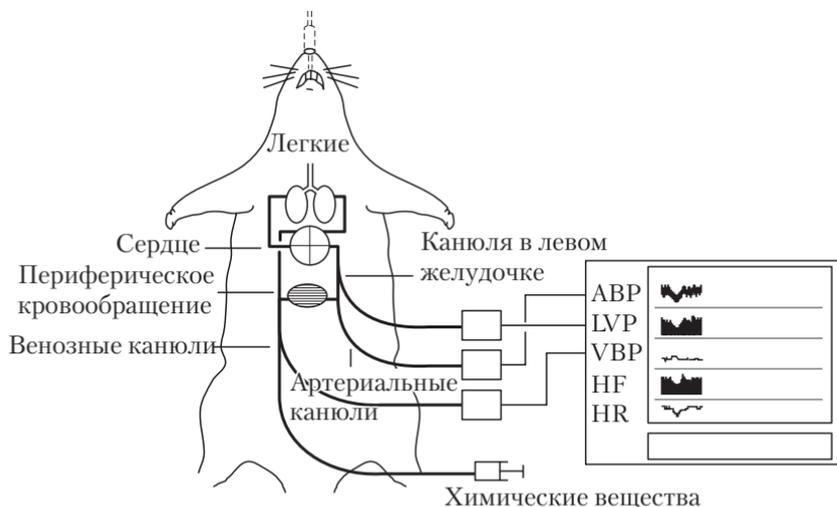
Оснащение: 1) хирургический инструментарий, аппарат для искусственной вентиляции легких, датчик для инвазивного измерения артериального давления и ЧСС, регистрирующее устройство, катетеры; растворы Рингера, тиопентала натрия, гепарина, ацетилхолина; крыса;

2) персональный компьютер, программа для демонстрации виртуального эксперимента.

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально на персональном компьютере.

Эксперимент проводят на крысе в условиях внутрибрюшинного наркоза. Крысу подсоединяют к аппарату искусственной вентиляции легких. Вводят четыре канюли: бедренную вену (2), бедренную артерию (1) и левый желудочек сердца (1). Канюля в бедренной артерии позволяет регистрировать артериальное давление (ABP) и определять ЧСС (HR). Канюля в левом желудочке сердца предназначена для регистрации внутрижелудочкового давления (LVP) и силы сокращений миокарда (HF). Первая канюля в бедренной вене позволяет регистрировать венозное давление (VBP). Вторая канюля в бедренной вене предназначена для введения различных химических веществ. Все канюли заполнены гепаринизированным раствором Рингера и позволяют инвазивно регистрировать изучаемые параметры. Наблюдают на регистрирующем устройстве, как изменяются графики артериального давления, венозного давления и частоты сердечных сокращений у крысы. После анализа исходной записи последовательно внутривенно вводят ацетилхолин и адреналин, наблюдают их влияние на величину артериального давления, венозного давления и частоту пульса.

Схема эксперимента



Занятие № 2. Саморегуляция кровяного давления. Регионарные особенности кровообращения

Дата _____

Цель занятия: изучить механизмы поддержания постоянства кровяного давления.

Вопросы для подготовки

1. Артериальное давление: максимальное, минимальное, систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее арифметическое, среднее динамическое, конечное, боковое, ударное.
2. Кровяное давление в большом и малом кругах кровообращения сердечно-сосудистой системы. Артериолы как «главные краны в системе кровообращения».
3. Артериальное давление у детей различного возраста (*для пед. факультета*).
4. Методы регистрации артериального давления. Периодические колебания кровяного давления. Неинвазивные методы определения кровяного давления (С. Рива-Роччи и Н.С. Короткова).
5. *Осциллография, тахоосциллография, автоматическое измерение артериального давления. Суточное мониторирование артериального давления.
6. Факторы, обуславливающие величину артериального и венозного кровяного давления. Значение минутного объема крови, аортальной компрессионной камеры и периферического сопротивления в поддержании кровяного давления.
7. Понятие о гемодинамическом центре. Сосудистые прессорные и депрессорные рефлексы.
8. Функциональная система, обеспечивающая оптимальный уровень артериального давления. Кровяное давление как одна из важнейших физиологических констант организма.
9. *Приспособительные изменения кровяного давления и кровотока при физических и эмоциональных напряжениях.
10. Микроциркуляция. Понятие о тканевом функциональном элементе.
11. Особенности регионарного кровообращения (мозгового, коронарного, легочного и др.).
12. *Лимфа, лимфообразование и лимфообращение.
13. Возрастные изменения артериального давления (*для леч. факультета*).

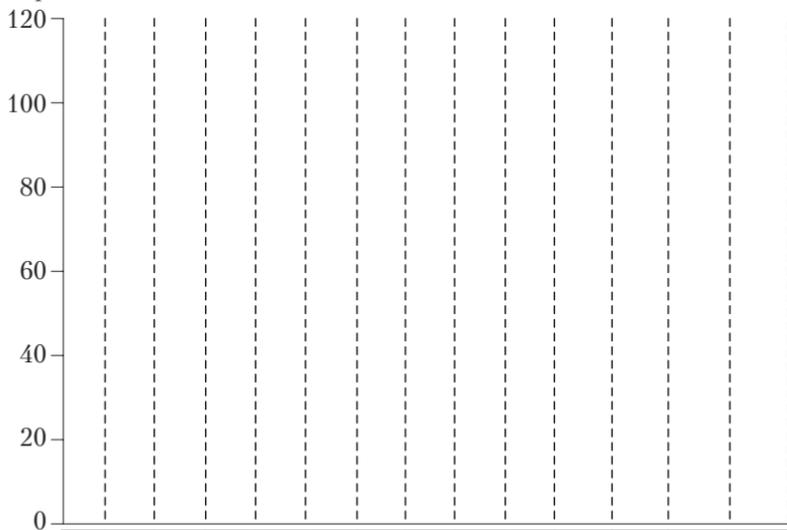
Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 310–313, 316–318, 322–346.
6. Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. С. 335–337.
7. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

График изменения артериального давления в различных отделах сердечно-сосудистой системы [3]

мм рт. ст.

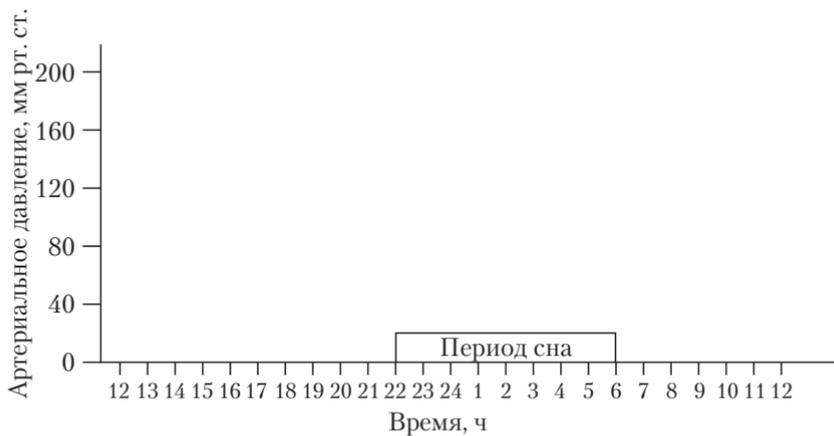


Левое предсердие	Левый желудочек	Аорта	Артерии	Артериолы	Капилляры	Венулы	Вены	Полые вены	Правое предсердие	Правый желудочек	Легочные артерии	Капилляры	Легочные вены
		Системное кровообращение								Легочное кровообращение			

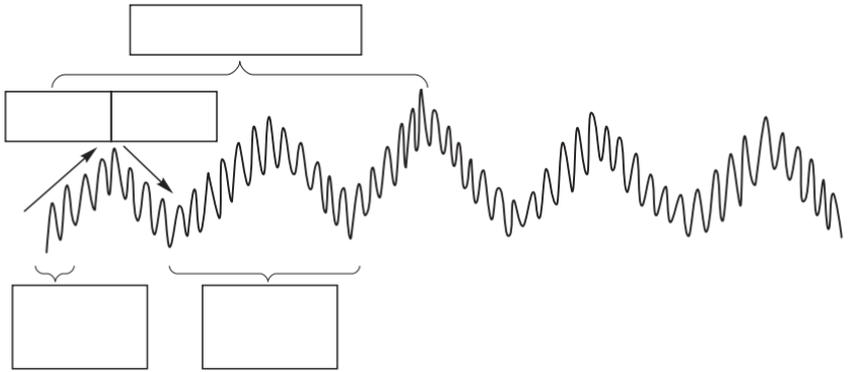
Зарисовать влияние раздражения блуждающего, аортального и синокаротидного нервов на кровяное давление у кролика.

Стенд «Учебно-показательная кимограмма № 6»

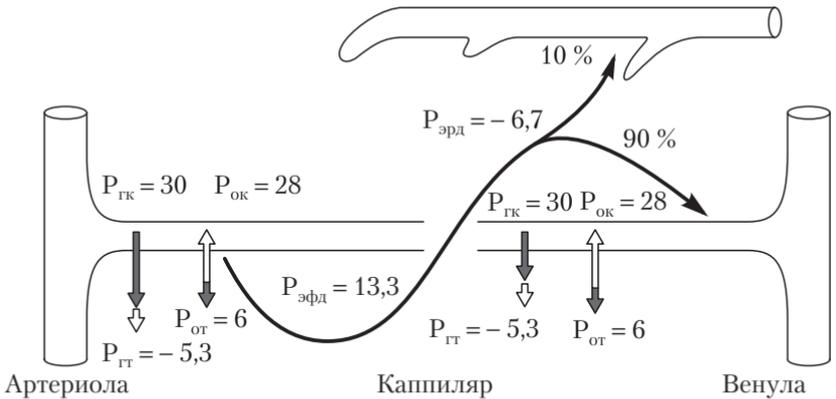
Суточные изменения артериального давления [3]



Периодические колебания артериального давления [3]



Теория Старлинга, объясняющая обмен жидкости на уровне капилляра и формирование лимфы [3]



* Все значения указаны в мм рт. ст.

$P_{ГК}$ — гидродинамическое давление в капилляре; $P_{ГТ}$ — отрицательное (присасывающее) гидродинамическое давление тканевой жидкости; $P_{ОК}$ — онкотическое давление плазмы крови в капилляре; $P_{ОТ}$ — онкотическое давление тканевой жидкости; $P_{эфд}$ — эффективное фильтрационное давление; $P_{эрд}$ — эффективное реабсорбционное давление.

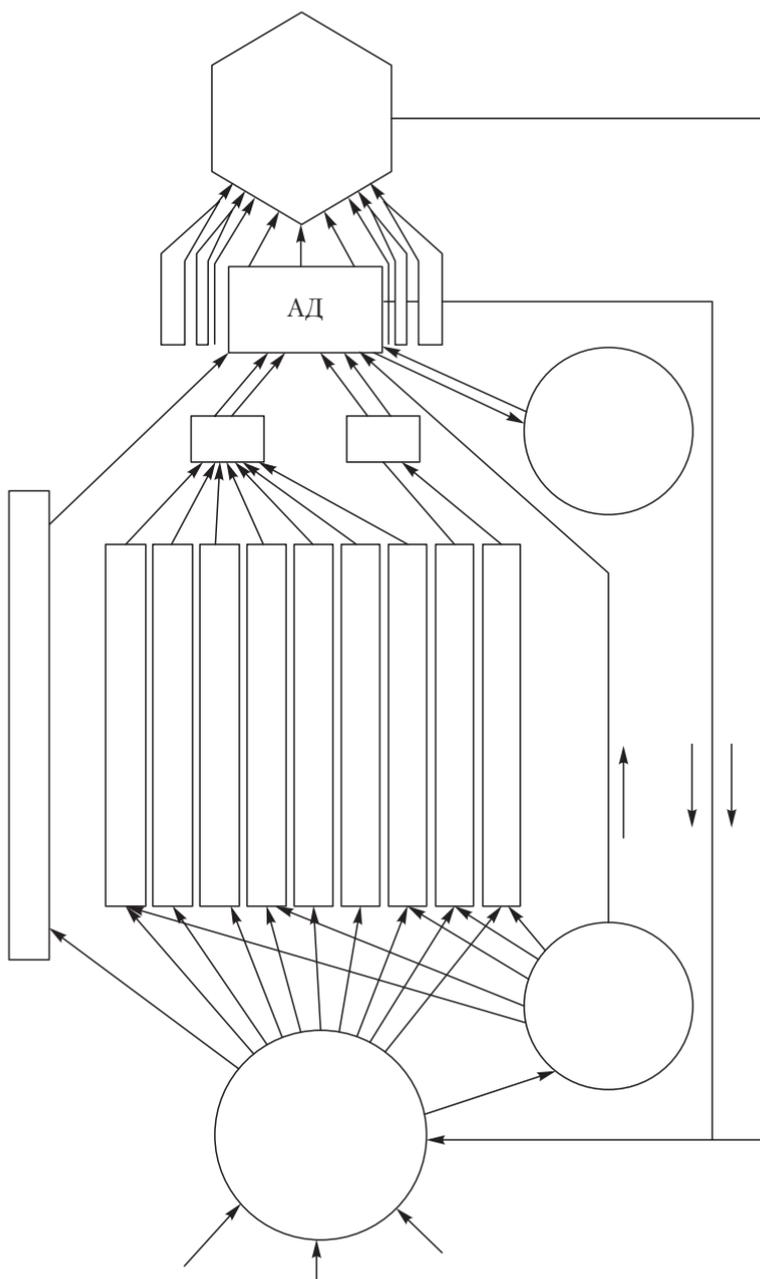
В артериальном конце капилляра:

$$P_{эфд} = P_{ГК} - P_{ГТ} + P_{ОТ} - P_{ОК} = \underline{\hspace{2cm}} = 13,3.$$

В венозном конце капилляра:

$$P_{эрд} = P_{ГК} - P_{ГТ} + P_{ОТ} - P_{ОК} = \underline{\hspace{2cm}} = -6,7.$$

Схема функциональной системы, обеспечивающей оптимальный уровень артериального давления [3]



Лабораторные работы

1. * «Физиология сосудов» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. Измерение артериального давления по способу Короткова и Рива-Роччи у человека.

Оснащение: механический тонометр, стетоскоп, марля.

Ход работы. Испытуемый сидит, рука расположена на твердой подставке. В области плеча накладывают тонкий слой марли и манжетку от аппарата Рива-Роччи. Наложение манжетки осуществляется плотно, но без нарушения венозного оттока от предплечья и кисти. В области локтевого сгиба помещают стетоскоп. Нагнетают давление воздуха до 160 мм рт. ст.; постепенно выпуская воздух из манжетки, прослушивают звуковые явления, возникающие над артерией. В момент появления тонов Короткова регистрируют систолическое давление, а в момент исчезновения тонов Короткова — диастолическое давление.

Рекомендации по измерению артериального давления. Измерение АД должно производиться после нахождения пациента в течение 3–5 минут в состоянии полного покоя. За 30 минут до измерения пациенту не следует принимать пищу, физически напрягаться, курить и подвергаться воздействию холода. Необходимо проводить повторное измерение АД — не менее 2 раз с перерывом не менее 30 секунд. Измерять АД предпочтительно в положении сидя, опираясь спиной на спинку стула; рука расположена на столе с хорошим

упором в области локтя, ноги расслаблены и не перекрещиваются. Манжетка прибора расположена на уровне сердца. Первичное измерение АД проводят на обеих руках, в дальнейшем для контроля целесообразно измерять АД на той руке, где оно было более высоким.

Результаты работы: отметьте и рассчитайте следующие параметры артериального давления:

1. Систолическое артериальное давление (P_s) =
2. Диастолическое артериальное давление (P_d) =
3. Пульсовое давление ($P_s - P_d$) =
4. Среднее динамическое давление (P_m) по формуле

$$P_m = 0,42A + P_d,$$

где A — пульсовое давление, а P_d — диастолическое давление.

Вывод: _____

3. *Интерактивная физиология: измерение артериального давления.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии измерения артериального давления.

Ход работы. Программа по интерактивной физиологии позволяет проанализировать различные виды артериального давления (систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее динамическое) и их соотношение с компонентами сфигмограммы, а также познакомиться с аускультативным методом измерения давления по Н.С. Короткову. Обратите внимание на соотношение между звуками, выслушиваемыми при помощи стетоскопа, и показаниями сфигмоманометра.

Рекомендации к оформлению работы: в разделе «Результаты работы» отметьте полученные значения систолического и диастолического артериального давления и сравните их с нормальными величинами.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. Влияние физической нагрузки на артериальное давление и частоту пульса у человека.

Оснащение: механический тонометр, стетоскоп, секундомер, марля.

Ход работы. У испытуемого (положение сидя) измеряют частоту пульса за 1 минуту и артериальное давление по способу Короткова. Затем испытуемый совершает 20 приседаний в темпе 1 приседание за 1 секунду. Сразу после окончания нагрузки повторно измеряют частоту пульса и артериальное давление (положение сидя).

Результаты работы: отметьте частоту пульса и величину артериального давления в таблице.

Условия измерения	ЧСС, уд/мин	Систолическое давление, мм рт. ст.	Диастолическое давление, мм рт. ст.	Пульсовое давление, мм рт. ст.
До физической нагрузки				
После физической нагрузки				

Вывод: _____

5. Виртуальный физиологический эксперимент: влияние минутного объема кровообращения, периферического сопротивления и эластичности сосудов на артериальное давление.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim», изучают параметры систолического и диастолического артериального давления в состоянии покоя. Изменяя объем работы сердца, величину периферического сопротивления и степень эластичности стенок артерий, отмечают изменения систолического и диастолического артериального давления.

Результаты работы:

$P_{\text{сисг}}$ мм рт. ст.	$P_{\text{диаст}}$ мм рт. ст.	Объемная работа сердца, мл/с	Периферическое сопротивление сосудов, усл. ед.	Эластичность стенок артерий, усл. ед.
		80	1,00	2
		140	1,00	2
		80	1,25	2
		80	1,00	3

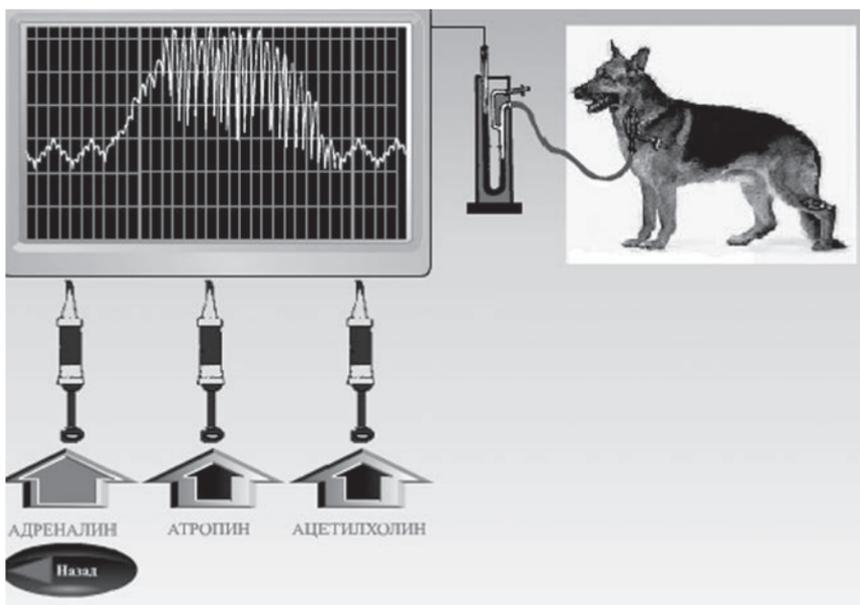
Вывод: _____

6. Виртуальный физиологический эксперимент: воздействие адреналина и ацетилхолина на артериальное давление.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу по виртуальной физиологии сердца «LuPraFi-Sim», изучают графическую запись изменений артериального давления у собаки при его прямом инвазивном измерении. Наблюдают физиологические колебания артериального давления в виде волн I, II и III порядков. Затем изучают изменения записи артериального давления при введении адреналина и ацетилхолина.

Результаты работы:



Вывод: _____

7. Решение ситуационных задач [4].

Основные формулы по разделу

Линейная скорость кровотока:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot r^2},$$

где v — линейная скорость кровотока, м/с; Q — объемная скорость кровотока, л/с; r — радиус сосуда, м; π — константа (3,14).

Объемная скорость кровотока:

$$Q = v \cdot S,$$

где Q — объемная скорость кровотока, л/с; v — линейная скорость кровотока, м/с; S — поперечное сечение, м².

Уравнение, отражающее зависимость объемной скорости кровотока от давления:

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R},$$

где P_1 и P_2 — давление в начале и в конце сосуда соответственно, мм рт. ст.; R — сосудистое сопротивление, Па · с/см³.

Уравнение неразрывности, несжимаемости тока жидкости:

$$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = S_3 \cdot v_3 = \dots = S_n \cdot v_n = \text{const},$$

где Q — объемная скорость кровотока, л/с; S — поперечное сечение сосудов, м²; v — линейная скорость кровотока, м/с.

Закон сохранения энергии (уравнение Бернулли):

$$Z + E_p + E_k + h = \text{const},$$

где Z — гидравлический напор, Па; E_p — удельная потенциальная энергия, Дж; E_k — удельная кинетическая энергия, Дж; h — потеря энергии на теплообразование, Дж.

Закон Ома для гидродинамического сопротивления:

$$\Delta R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4},$$

где ΔR — гидродинамическое сопротивление, Па \cdot с/м³; l — длина сосуда, м; η — вязкость крови, сП; r — радиус сосуда, м; π — константа (3,14).

Гидродинамическое сопротивление при последовательном и параллельном соединении сосудов:

$$R_{\text{последовательное}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$R_{\text{параллельное}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}.$$

Закон Хагена – Пуазейля для объемной скорости кровотока:

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 (P_1 - P_2)}{8 \cdot l \cdot \eta},$$

где r — радиус сосуда, м; $(P_1 - P_2)$ — разность давлений, мм рт. ст.; l — длина сосуда, м; η — вязкость крови, сП; π — константа (3,14).

Уравнение Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\eta},$$

где Re — число Рейнольдса, безразмерная величина, указывающая на тип течения крови (турбулентный или ламинарный); v — линейная скорость кровотока, м/с; D — диаметр трубки ($D = 2 \cdot r$), м; ρ — плотность крови, кг/м³; η — вязкость крови, сП.

Среднее динамическое давление:

$$P_m = 0,42A + P_d,$$

где P_m — среднее динамическое давление, мм рт. ст.; A — пульсовое давление, мм рт. ст.; P_d — диастолическое давление, мм рт. ст.

Периферическое сосудистое сопротивление:

$$R = \frac{P_m \cdot 1332}{V},$$

где R — периферическое сосудистое сопротивление, дин/с/см⁻⁵; P_m — среднее артериальное давление, мм рт. ст.; V — объем сердечного выброса за 1 секунду, мл/с; 1332 — коэффициент перевода миллиметров ртутного столба в дин/с/см². Величина периферического сосудистого сопротивления в норме в условиях покоя у человека колеблется от 900 до 2500 дин/с/см⁻⁵.

Фильмы, рекомендуемые для просмотра

1. Регистрация сфигмограммы и ЭКГ (9 мин).
2. Кровообращение (12 мин).
3. Движение крови по сосудам (10 мин).
4. Гемодинамика. Часть 1. Транскапиллярный обмен (16 мин).
5. Гемодинамика. Часть 2. Движение крови по сосудам (12 мин).
6. Гемодинамика. Часть 3. Регуляция тонуса сосудов (15 мин).
7. Как измерить артериальное давление (44 мин).
8. Практические навыки по физиологии. Измерение АД, ГрГМУ (4 мин).
9. Факторы, управляющие здоровьем сердечно-сосудистой системы (51 мин).
10. Острая кровопотеря (12 мин).
11. Тело человека. Сердечно-сосудистая система (25 мин).

Рекомендуемые темы рефератов*№ 1. Сосуд как орган**

Рекомендуемая литература:

1. Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты / В.В. Зинчук, Н.А. Максимович, В.И. Козловский [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2006. 183 с.
2. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. С. 58–80.
3. Физиология человека: в 3 т. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 2007. Т. 2. С. 499–520.
4. *Савельев, В.С.* Флебология / В.С. Савельев. М. : Медицина, 2001. 661 с.
5. *Григлевский, Р.* Роль монооксида азота в сердечно-сосудистой системе / Р. Григлевский // Журнал Гродн. гос. мед. ун-та, 2003. № 4. С. 11–13.

№ 2. Сосудистый тонус и его регуляция. Особенности регуляции сосудистого тонуса у детей разного возраста

Рекомендуемая литература:

1. *Зинчук, В.В.* Коррекция кислородтранспортной функции крови при патологии сердечно-сосудистой системы: монография / В.В. Зинчук, С.В. Гацура, Н.В. Глуткина. Гродно : ГрГМУ, 2016. 310 с.
2. Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты / В.В. Зинчук, Н.А. Максимович, В.И. Козловский [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2006. 183 с.
3. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. С. 81–109.
4. Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. М. : Медицина, 2001. С. 310–315.
5. Физиология человека: в 3 т. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 2007. Т. 2. С. 525–531.
6. *Морман, Д.* Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. СПб. : Питер, 2000. С. 120–136.

№ 3. Физическая нагрузка и сердечно-сосудистая система у ребенка

Рекомендуемая литература:

1. *Аринчин, Н.И.* Периферические «сердца» человека / Н.И. Аринчин. Минск : Наука и техника, 1988. 64 с.
2. *Аринчин, Н.И.* Здоровосозидание / Н.И. Аринчин. Минск : Белорусский гуманитарно-образовательный культурный центр, 1998. 48 с.
3. *Кучма, В.Р.* Медико-профилактические основы обучения и воспитания детей / В.Р. Кучма. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2005. 522 с.
4. *Морман, Д.* Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. СПб. : Питер, 2000. С. 120–136.
5. Рост и развитие ребенка: справочное издание / В.В. Юрьев, А.С. Симаходский, Н.Н. Воронович, М.М. Хомич. 2-е изд., перераб. и доп. М.; СПб.; Н. Новгород : Питер, 2003. 260 с.

№ 4. Функциональная система поддержания оптимальной величины артериального давления

Рекомендуемая литература:

1. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии: нац. рек. / А.Г. Мрочек, Т.А. Нечесова, И.Ю. Коробко [и др.]. Минск : Профессиональные издания, 2013. 50 с.
2. *Долгих, В.В.* Эссенциальная артериальная гипертензия у подростков: клинико-функциональные варианты и молекулярно-генетические маркеры / В.В. Долгих. Новосибирск : Наука, 2013. 337 с.
3. *Дроздецкий, С.И.* Классификация, принципы лечения и профилактики артериальной гипертензии / С.И. Дроздецкий. Н. Новгород : Изд-во НГМА, 2002. 136 с.
4. *Ослопов, В.Н.* Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / В.Н. Ослопов. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. 623 с.
5. Физиология. Основы и функциональные системы / под ред. К.В. Судакова. М. : Медицина, 2000. С. 359–364.
6. *Шардина, Л.А.* Артериальная гипотензия: клиника, диагностика, лечение: учеб. пособие / Л.А. Шардина. Екатеринбург : УГМА, 2006. 73 с.

№ 5. Микроциркуляция

Рекомендуемая литература:

1. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. С. 15–18.
2. Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты / В.В. Зинчук, Н.А. Максимович, В.И. Козловский [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2006. 183 с.

3. *Козловский, В.И.* Расстройства микроциркуляции при пневмониях / В.И. Козловский, И.О. Дубас. Витебск : ВГМУ, 2012. 222 с.
4. *Матве, Д.* Гипербарическая медицина / Д. Матве. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 720 с.
5. *Шотт, А.В.* Микроциркуляция — жизненная среда и система организма / А.В. Шотт. Минск : Красико-Принт, 2016. 183 с.

№ 6. Роль ионных каналов в формировании ритма сердца

Рекомендуемая литература:

1. *Мельченко, Е.А.* Роль кальциево-магниевого взаимоотношения в организации циркадианных ритмов уровня адреналина в крови и показателей вариационной пульсометрии в условиях гипо- и гиперпаратиреоза: автореферат дис. / Е.А. Мельченко. Саратов, 2008. 21 с.
2. *Раков, А.В.* Наследственные нарушения функций ионных каналов, как одно из проявлений кардиомиопатий / А.В. Раков, В.М. Пырочкин. Гродно : ГрГМУ, 2011. 19 с.
3. *Снежицкий, В.А.* Дисфункция синусового узла: электрофизиологическая характеристика, классификация и диагностика: монография / В.А. Снежицкий. Гродно : ГрГМУ, 2006. 215 с.
4. Хронотропная функция сердца: монография / [авт.: В.А. Снежицкий и др.]; под ред. В.А. Снежицкого. Гродно : ГрГМУ, 2011. 220 с.
5. *Шульман, В.А.* Сердечная аритмия. Генезология и генетика / В.А. Шульман. Ростов н/Д. : Феникс; Красноярск : Издательские проекты, 2006. 141 с.

№ 7. Роль газотрансмиттеров (NO, CO, H₂S и др.) в функционировании сердечно-сосудистой системы

Рекомендуемая литература:

1. *Зинчук, В.В.* Коррекция кислородтранспортной функции крови при патологии сердечно-сосудистой системы: монография / В.В. Зинчук, С.В. Гацура, Н.В. Глуткина. Гродно : ГрГМУ, 2016. 310 с.
2. *Зинчук, В.В.* NO-зависимые механизмы внутриэритроцитарной регуляции сродства гемоглобина к кислороду: монография / В.В. Зинчук, Т.Л. Степура; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2016. 175 с.
3. *Зинчук, В.В.* Роль кислородсвязывающих свойств крови в формировании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма при гипертермических состояниях различного генеза / В.В. Зинчук. Гродно : ГрГМУ, 2005. 168 с.
4. *Ходоссовский, М.Н.* Участие газотрансмиттеров в коррекции реперфузионных повреждений печени / М.Н. Ходоссовский. Гродно : ГрГМУ, 2017. 210 с.

Итоговое занятие № 1. Физиология крови и кровообращения

Дата _____

Цель занятия: сформировать у студентов целостное представление о роли системы крови и сердечно-сосудистой системы в обеспечении нормального функционирования организма.

Вопросы

См. вопросы соответствующих разделов.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. 656 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002 (см. соотв. раздел).
8. Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты / В.В. Зинчук, Н.А. Максимович, В.И. Козловский [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2006. 183 с.
9. Лекции по соответствующим разделам физиологии.

ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Дата _____

Нервный центр — совокупность структур ЦНС, координированная деятельность которых обеспечивает регуляцию определенной функции организма.

Коннектом — динамическая структурно-функциональная организация всех нейронов, обеспечивающая выполнение определенных функций и характеризующаяся индивидуальностью.

Коннектомика — область нейрофизиологии, предметом исследования которой является коннектом.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — это метод исследования электрической активности головного мозга, основанный на регистрации электрических потенциалов в нервных клетках в процессе их деятельности, измеряется в милливольтгах.

Доминанта — стойкий главенствующий очаг возбуждения в ЦНС, подчиняющий себе функции других нервных центров.

Торможение в ЦНС — это активный нервный процесс, проявляющийся в подавлении или ослаблении процесса возбуждения.

Спинальный шок — состояние, возникающее при повреждении спинного мозга и характеризующееся исчезновением большинства видов двигательной рефлекторной активности в связи с тем, что все центры ниже места повреждения прекращают организовывать присущие им рефлексы.

Децеребрационная ригидность — особое функциональное состояние, возникающее при перерезке ствола мозга ниже расположения красных ядер и проявляющееся резким повышением тонуса мышц-разгибателей при одновременном снижении тонуса мышц-сгибателей, вследствие прекращения поступления импульсации в спинной мозг по кортикоспинальным и руброспинальным путям.

Ретикулярная формация — совокупность различных нейронов, расположенных на протяжении ствола мозга, оказывающих активирующее или тормозящее влияние на различные структуры ЦНС, тем самым контролируя их рефлекторную деятельность.

Мозжечок — отдел головного мозга, относящийся к собственно заднему мозгу, участвующий в регуляции тонуса мышц, координации движений, сохранении позы и равновесия тела в пространстве, а также выполняющий адаптационно-трофическую функцию.

Таламус — основной отдел промежуточного мозга (имеет около 120 различных ядер), получающий импульсы всех видов чувствительности, кроме обонятельных, и передающий их в кору больших полушарий и другие образования ЦНС.

Гипоталамус — это вентральная часть промежуточного мозга (имеет около 50 пар ядер), получающая импульсы практически от всех внутренних органов и регулирующая деятельность этих органов посредством нервных и гуморальных влияний, в связи с чем его рассматривают как высший вегетативный центр или «мозг вегетативной жизни».

Стриопаллидарная система — совокупность подкорковых образований, расположенных в белом веществе полушарий большого мозга. Входит в состав экстрапирамидной системы и участвует в организации и построении движений, формировании эмоций, памяти и интегративных процессов высшей нервной деятельности.

Лимбическая система — совокупность нервных структур и их связей, расположенных в медиобазальной части больших полушарий, участвующих в формировании вегетативных функций и эмоционального, инстинктивного поведения. Оказывает влияние на смену фаз сна и бодрствования.

Вегетативная (автономная) нервная система — это часть нервной системы, которая регулирует деятельность внутренних органов и сосудов путем иннервации гладкой мускулатуры и железистой ткани.

Метасимпатическая нервная система — это часть вегетативной нервной системы, состоящая из микроганглионарных образований, расположенных в стенке внутреннего органа, которые регулируют его деятельность путем замыкания на нем периферических рефлекторных дуг, без участия сегментарных и надсегментарных центров.

Большой круг Пейпеса — совокупность структур головного мозга, включающая свод, мамиллярные тела, передние ядра таламуса, поясную извилину, парагиппокампальную извилину, гиппокамп, который обеспечивает процессы формирования памяти и обучения.

Малый амигдаллярный круг (круг Наута) — совокупность структур головного мозга, включающая миндалину, конечную пластинку, гипоталамус, перегородку, миндалевидное тело и регулирующие агрессивно-оборонительные, пищевые и сексуальные формы поведения.

Кора головного мозга — отдел ЦНС, обеспечивающий функционирование организма как единого целого при его взаимодействии с окружающей средой.

Колонка коры — это группа нейронов, расположенных в коре головного мозга перпендикулярно его поверхности и выполняющих определенную функцию.

Симпатикотония — состояние, при котором отмечается преобладание симпатического тонуса ВНС.

Парасимпатикотония — состояние, при котором отмечается преобладание парасимпатического тонуса ВНС.

Вегетативный тонус — базальный уровень активности функционирования органа в состоянии относительного покоя, который определяется активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС.

Индекс напряжения (индекс Баевского) — показатель функциональной активности вегетативной нервной системы, позволяющий оценить адаптационный потенциал организма. Предложен российским ученым Р.М. Баевским.

Занятие № 1. Рефлекс как основная форма нервной деятельности. Свойства нервных центров

Цель занятия: знать основные функции ЦНС; освоить методы исследования рефлекторной деятельности ЦНС в эксперименте. Освоить положения теории функциональных систем для понимания системного подхода в изучении функций организма.

Вопросы для подготовки

1. *Структурно-функциональная организация ЦНС. Основные черты эволюции функций ЦНС.
2. Методы изучения функций ЦНС.

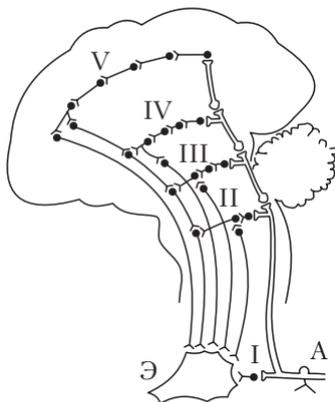
3. *Нейрон как структурная и функциональная единица ЦНС, его физиологические свойства и взаимосвязь с глиальными клетками. Механизмы связи между нейронами. Медиаторы.
4. Рефлекторный принцип регуляции (Р. Декарт, Я. Прохазка), его развитие в трудах И.М. Сеченова, И.П. Павлова, П.К. Анохина. Принципы рефлекторной теории.
5. Структурные особенности простых и сложных рефлекторных дуг. Рефлекторное кольцо. Классификация рефлексов.
6. Учение П.К. Анохина о функциональных системах и саморегуляции функций. Узловые механизмы функциональной системы. Афферентный синтез, пусковая и обстановочная афферентация, мотивации, память, эфферентный синтез. Акцептор результата действия.
7. Понятие о нервном центре. Представление о функциональной организации и локализации нервного центра (И.П. Павлов).
8. Свойства нервных центров и особенности проведения возбуждения в ЦНС (односторонность проведения возбуждения, иррадиация и концентрация возбуждения, синаптическая задержка, тонус, пластичность, суммация, трансформация ритма, утомляемость, конвергенция, дивергенция, окклюзия, облегчение, пролонгирование, реверберация).

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология нервной системы. Практикум: учеб. пособие / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2008. 284 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 97–104, 26–31.
7. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Схема рефлекторной дуги (по Э.А. Асратяну) [3]



Основные свойства нервных центров [3]

Свойство	Рисунок
Облегчение	
Окклюзия	
Дивергенция	

Окончание таблицы

Свойство	Рисунок
Временная суммация	
Пространственная суммация	
Пролонгирование	
Реверберация	
Конвергенция	

Лабораторные работы

1. Определение рецептивного поля спинального рефлекса.

Оснащение: лягушка, набор препаровальных инструментов, штатив с крючком, лоток, кусочки фильтровальной бумаги, вата, 0,5%-й раствор серной кислоты, раствор Рингера, вода.

Ход работы. Готовят препарат спинальной лягушки путем удаления головного мозга. Разрез производят позади глазных бугров. Эксперимент начинают через 2–3 минуты после исчезновения явлений спинального шока. Фиксируют лягушку за нижнюю челюсть к крючку, закрепленному в штативе. Раздражитель в виде кусочка фильтровальной бумаги, смоченной 0,5%-м раствором серной кислоты, помещают пинцетом на кожу голени задней лапки. Наблюдают *защитный сгибательный рефлекс*. Повторяют эксперимент, помещая раздражитель на поверхность брюшка или кожу спинки лягушки. Отмечают характер ответной реакции (*защитный рефлекс* — сбрасывание раздражающего агента или *ритмический рефлекс* — чесание, потирание). После каждого эксперимента смывают водой остатки кислоты с кожи лягушки.

Результаты работы:

Вывод: _____

2. Определение времени рефлекса по методу Тюрка при действии раздражителей различной силы.

Оснащение: лягушка, набор препаровальных инструментов, штатив с крючком, секундомер, лоток, вата, 0,1%-й и 0,5%-й растворы серной кислоты, стакан с водой.

Ход работы. Готовят препарат спинальной лягушки и закрепляют ее в штативе. Опускают заднюю лапку лягушки в стаканчик с 0,1%-м раствором серной кислоты. Наблюдают *защитный двигательный рефлекс* — сгибание лапки. Определяют с помощью секундомера время рефлекса. Повторяют опыт с 0,5%-м раствором серной кислоты. После каждого эксперимента смывают водой остатки кислоты с кожи лягушки.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Анализ компонентов рефлекторной дуги.

Оснащение: лягушка, набор препаровальных инструментов, штатив с крючком, лоток, вата, 1%-й раствор новокаина, 0,5%-й раствор серной кислоты, раствор Рингера, стакан с водой.

Ход работы. Готовят препарат спинальной лягушки путем удаления головного мозга. Фиксируют лягушку за нижнюю челюсть к крючку, закрепленному в штативе. Эксперимент начинают после исчезновения явлений спинального шока.

Для выключения рецепторного звена делают круговой разрез кожи задней лапки лягушки и аккуратно снимают ее пинцетом, если на каком-нибудь из пальцев кожа сохраняется, то палец следует удалить. Погружают лапку в 0,5%-й раствор серной кислоты — защитный двигательный рефлекс отсутствует.

Для выключения афферентного и эфферентного звена на другой лапке обнажают седалищный нерв, который является смешанным.

Подводят под него лигатуру и, приподняв нерв, помещают на ватку, смоченную раствором новокаина. Через 1–2 минуты лапку лягушки опускают в кислоту. Отмечают исчезновение защитного сгибательного рефлекса. Ватку смывают, отмывают нерв раствором Рингера. Через 10–15 минут проверяют восстановление рефлекса. Для выключения центрального звена производят разрушение спинного мозга препаровальной иглой. Отмечают полное отсутствие рефлексов.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. Виртуальный физиологический эксперимент: иррадиация возбуждения в ЦНС (зависимость между силой раздражителя и величиной ответной реакции).

Цель работы: исследовать зависимость между интенсивностью раздражителя и величиной ответной реакции.

Оснащение: 1) лягушка, набор препаровальных инструментов, штатив с крючком, лоток, вата, электростимулятор с регулируемой силой импульса;

2) персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии нервной системы «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Декапитированную лягушку закрепляют на вертикальном штативе. С помощью электростимулятора раздражают заднюю лапку лягушки, постепенно увеличивая стимулирующие импульсы по силе. Опишите ответную реакцию на возрастающие по силе стимулы.

Повторите эксперимент в виртуальном режиме, используя программу «LuPraFi-Sim».

Результаты работы:

Вывод: _____

5. Решение ситуационных задач [4].

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

Занятие № 2. Общие принципы координационной деятельности ЦНС

Дата _____

Цель занятия: усвоить представление о процессе торможения в ЦНС, основных принципах координации рефлекторной деятельности, а также функциях спинного и продолговатого мозга.

Вопросы для подготовки

1. Торможение в ЦНС. Роль И.М. Сеченова в создании учения о центральном торможении. Современные представления о механизмах центрального торможения.
2. Виды торможения в ЦНС. Тормозные синапсы и их медиаторы. Ионные механизмы тормозного постсинаптического потенциала.
3. Принципы координационной деятельности ЦНС: индукции, обратной связи, реципрокности, «конечного нейрона», переключения.
4. Учение о доминанте А.А. Ухтомского. Значение доминанты в норме и при патологии.
5. Физиология спинного мозга. Его структурная организация и функции. Классификация рефлексов спинного мозга.
6. Спинальные механизмы регуляции мышечного тонуса и фазных движений. Спинальный шок.
7. Физиология заднего мозга. Его структурная организация и функции. Классификация рефлексов заднего мозга.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).

5. Физиология нервной системы. Практикум: учеб. пособие / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2008. 284 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 105–127.
7. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Схема возвратного торможения [3]

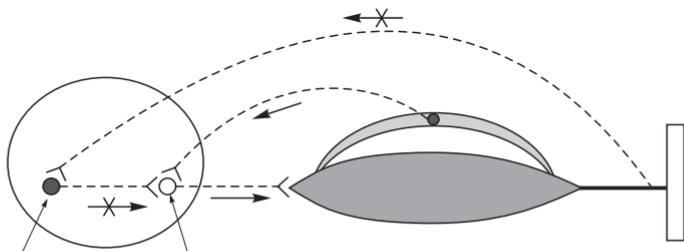
Схема реципрокного торможения [3]

Схема латерального торможения [3]

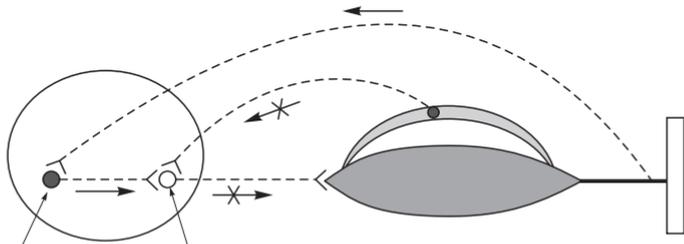
Схема поступательного торможения [3]

Спинальные механизмы регуляции мышечного тонуса при растяжении, расслаблении (А) и сокращении, напряжении и укорочении мышцы (Б) [3]

А



Б



Лабораторные работы

1. Центральное торможение спинальных рефлексов (опыт И.М. Сеченова).

Оснащение: 1) лягушка, набор препаровальных инструментов, штатив с крючком, глазная пипетка, вата, лоток, 0,5%-й раствор серной кислоты, раствор Рингера, стакан с водой, кристаллы поваренной соли;

2) персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии нервной системы «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Данная работа может быть выполнена в двух вариантах: на биологическом объекте или виртуально.

Лягушку закрепляют на препаровальной доске спинкой вверх и обнажают кости черепа. Удаляют черепную крышку и проводят поперечный разрез мозга над областью зрительных бугров. Фиксируют лягушку за нижнюю челюсть к крючку, закрепленному в штативе. Определяют время рефлекса по методу Тюрка, погружая лапку лягушки в 0,5%-й раствор серной кислоты. Тщательно просушивают место разреза и накладывают на него кристалл NaCl. Непосредственно после этого определяют время рефлекса. Наблюдают резкое угнетение спинальных рефлексов: время рефлекса резко удлиняется или рефлекс полностью исчезает. Удаляют кристаллик соли и тщательно отмывают область разреза раствором Рингера. Через 5 минут повторно определяют время рефлекса.

Повторите эксперимент в виртуальном режиме, используя программу «LuPraFi-Sim».

Рекомендации к оформлению работы: определите время рефлекса в разных условиях опыта. Объясните механизм сеченовского торможения.

Результаты работы:

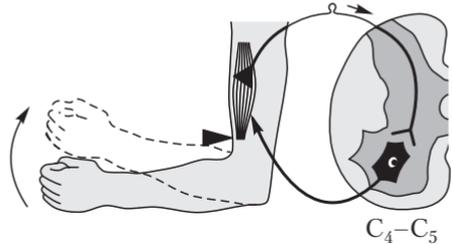
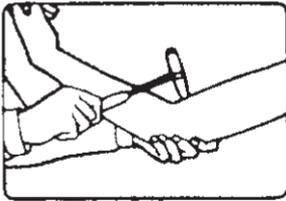
Вывод: _____

2. Исследование некоторых рефлекторных реакций у человека.

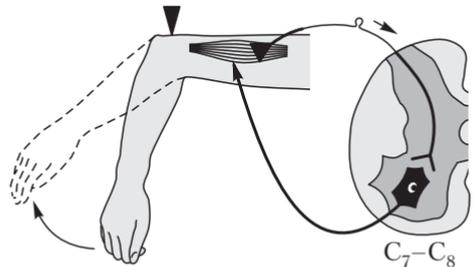
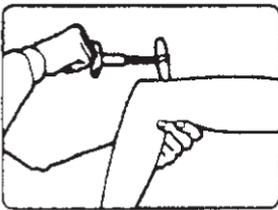
Оснащение: неврологический молоточек, кушетка.

Ход работы. I. Исследование сухожильных рефлексов.

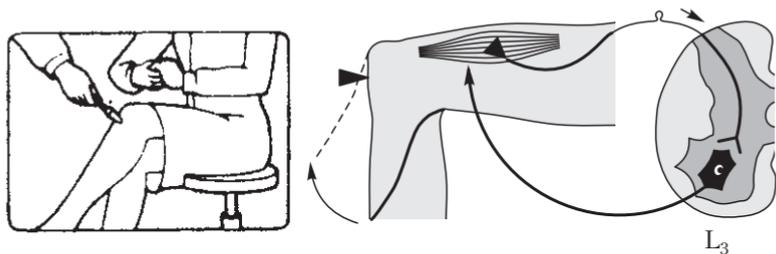
1. *Рефлекс сухожилия двуглавой мышцы* (бицепс-рефлекс или сгибательно-локтевой) вызывают коротким отрывистым ударом молоточка по сухожилию двуглавой мышцы плеча в области локтевого сгиба (предплечье должно быть согнуто под тупым углом). В ответ рука в локтевом суставе сгибается. Рефлекторная дуга замыкается на уровне C_4-C_5 сегментов.



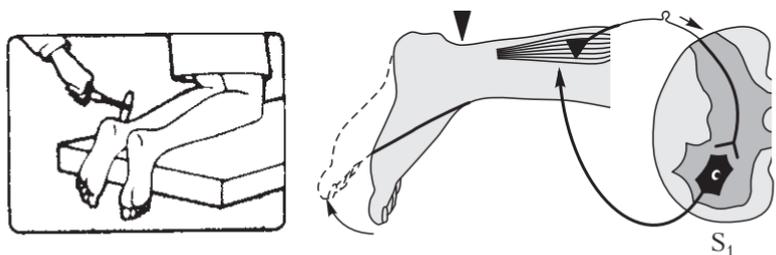
2. *Рефлекс сухожилия трехглавой мышцы* (трицепс-рефлекс или разгибательно-локтевой) вызывают ударом молоточка по сухожилию трехглавой мышцы при согнутом почти под прямым углом предплечье. Последнее в ответ разгибается. Рефлекторная дуга замыкается на уровне C_7-C_8 сегментов.



3. *Коленный (пателлярный) рефлекс* вызывают ударом молоточка по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже коленной чашечки, что приводит к сокращению мышцы и разгибанию голени. Рефлекс исследуют в положении испытуемого лежа со слегка согнутыми голенями или сидя со свободно свисающими ногами, либо слегка касающимися пола пятками. Дуга коленного рефлекса замыкается на уровне L_2-L_4 сегментов.



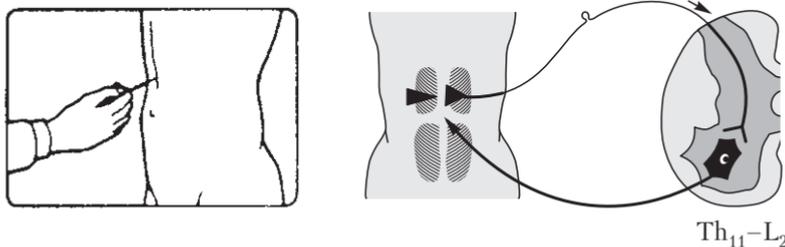
4. *Ахиллов рефлекс* вызывают ударом неврологического молоточка по ахиллову сухожилию. В результате наступает подошвенное сгибание стопы. Рефлекс исследуют в положении больного на спине или стоя на коленях на стуле. Стопы при этом должны свисать. Рефлекторная дуга ахиллова рефлекса замыкается на уровне S_1-S_2 сегментов.



II. Исследование кожных рефлексов.

1. *Брюшные рефлексы* (верхний, средний и нижний) вызывают штриховым раздражением кожи живота от периферии к центру тупым или слегка заостренным предметом (заостренный конец неврологического молоточка, тупой конец медицинской иглы, спичка, тонкий стержень). Для верхнего брюшного рефлекса раздражение проводят параллельно нижнему краю реберной дуги. *В норме* наблюдают сокращение брюшных мышц на соответствующей стороне.

Спинальная часть рефлекторной дуги верхнего брюшного рефлекса замыкается на уровне Th₇–Th₈ сегментов. При исследовании среднего брюшного рефлекса штриховое раздражение наносят на уровне пупка. В норме наблюдают сокращение брюшных мышц на этой же стороне. Дуга среднего брюшного рефлекса замыкается на уровне Th₉–Th₁₀ сегментов. При исследовании нижнего брюшного рефлекса штриховое раздражение наносят параллельно паховой складке, на 1–2 см выше нее. Ответная реакция выражается в сокращении мышц брюшного пресса на уровне раздражения. Дуга нижнего брюшного рефлекса замыкается на уровне Th₁₁–Th₁₂ сегментов.



2. *Подожвенный рефлекс* вызывают штриховым раздражением наружного или внутреннего края подошвы в направлении снизу вверх. Ответная реакция — подошвенное сгибание пальцев. Рефлекторная дуга замыкается на уровне L₅–S₂ сегментов.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Виртуальный физиологический эксперимент: периферическое торможение.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии нервной системы «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии нервной системы, обнажают сердце декапитированной лягушки, вскрывают брюшную полость и выводят на поверхность тела сегмент кишечника. Определяют частоту сердечных сокращений. После этого подвергают воздействию электрического стимула тонкую кишку и смотрят, как изменяется частота сердечных сокращений.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. Исследование двигательных функций черепно-мозговых нервов у человека.

Методы исследования функций 5, 7, 9, 10, 12-й пар черепно-мозговых нервов, обеспечивающих двигательный контроль жевательных, мимических мышц лица, мышц языка, гортани, глотки, широко используются в практике врача-невролога.

Двигательные ядра тройничных нервов (5 пара) расположены в покрывке ствола мозга, иннервируют жевательную мускулатуру. Нейроны двигательных ядер лицевых нервов (7 пара) расположены в мосту, аксоны нейронов иннервируют мимическую мускулатуру. Двигательное ядро языкоглоточного (9 пара) и блуждающего (10 пара) нервов является общим и лежит в продолговатом мозге,

аксоны нейронов этого ядра иннервируют мышцы глотки, мягкого нёба, гортани, голосовые связки. Мышцы языка иннервируются нейронами ядер подъязычного нерва (12 пара).

Ход работы:

1. Исследование двигательных функций тройничного нерва.

Испытуемого просят открыть и закрыть рот, проделать несколько жевательных движений. При проведении теста руки врача должны находиться на жевательных мышцах. Это позволяет определить степень их напряжения при сокращениях. *В норме* не отмечается смещение нижней челюсти в стороны, мышцы напрягаются одинаково.

2. Исследование двигательных функций лицевого нерва.

Испытуемому предлагают: а) поднять брови вверх (*в норме* складки на лбу выражены одинаково с обеих сторон); б) плотно закрыть и зажмурить глаза (*в норме* они закрываются одинаково); в) улыбнуться и надуть щеки (*в норме* движения должны быть одинаковы с обеих сторон); г) задуть огонь спички (*в норме* губы вытягиваются вперед).

3. Исследование двигательных функций языкоглоточного и блуждающего нервов.

Испытуемому предлагают: а) открыть рот и сказать «а» (*в норме* язычок мягкого неба располагается на средней линии); б) произнести несколько фраз на выбор (*в норме* не должно быть носового оттенка голоса); в) выпить несколько глотков воды (*в норме* глотание должно быть свободным).

4. Исследование двигательных функций 12-й пары черепно-мозговых нервов.

Испытуемому предлагают высунуть язык (*в норме* язык расположен по средней линии).

Результаты оцениваются по адекватности выполнения испытуемыми двигательных актов.

Результаты работы:

Занятие № 3. Физиология среднего мозга, мозжечка, ретикулярной формации, промежуточного мозга, лимбической системы

Дата _____

Цель занятия: усвоить функции среднего мозга, ретикулярной формации, мозжечка, таламуса, гипоталамуса и лимбической системы.

Вопросы для подготовки

1. Физиология среднего мозга. Его структурная организация и функции. Виды рефлексов среднего мозга.
2. Рефлексы ствола мозга: статические и статокINETические рефлексы.
3. Ретикулярная формация ствола мозга: нисходящие и восходящие влияния ретикулярной формации.
4. Структурно-функциональная организация мозжечка. Основные симптомы поражения мозжечка.
5. Таламус. Функциональная характеристика ядерных групп таламического мозга.
6. Функциональное значение гипоталамуса.
7. Структурно-функциональная организация лимбической системы. Большой круг Пейпеца и малый амигдаларный круг.

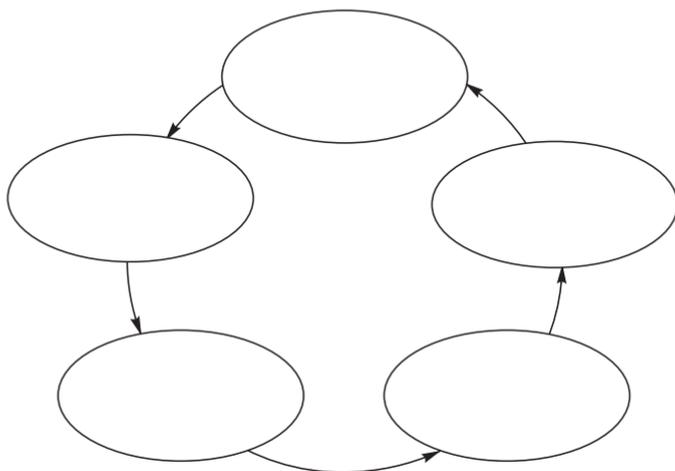
Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология нервной системы. Практикум: учеб. пособие / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2008. 284 с. (см. соотв. раздел).

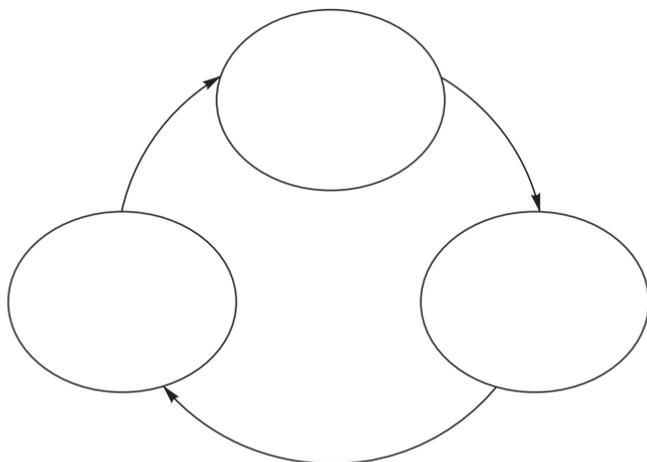
6. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 127–143.
7. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Большой круг Пейпеца [3]



Малый амигдаллярный круг (круг Наута) [3]



Лабораторные работы

1. Изучение позно-тонических рефлексов у лабораторных животных.

Оснащение: кролик (морская свинка), поддон.

Ход работы. Экспериментальное животное сажают на поддон и изучают его естественную позу. Обращают внимание на расположение туловища и шеи животного, положение лап и ориентацию головы. Затем поднимают голову животного вверх, взяв его за мордочку, в результате задние лапки остаются согнутыми, передние разгибаются, что связано с особенностью позы, присущей для данного вида животного. В случае опускания головы животного вниз передние лапки сгибаются, а задние разгибаются.

Результаты работы:

Зарисуйте позно-тонические рефлексы [3].

Вывод: _____

2. Изучение выпрямительных рефлексов у лабораторных животных.

Оснащение: кролик (морская свинка), поддон.

Ход работы. Экспериментальное животное поднимают вверх, придерживая за плечевой пояс и производят поворот туловища на 180°, ориентируя теменем книзу его голову, которую вначале

фиксируют пальцем, а потом отпускают. Акцентируется внимание на том, что голова принимает естественное положение, ориентируясь теменем кверху. На *втором этапе* экспериментальное животное берут за таз и поворачивают его головой вниз, однако и в этом случае голова ориентируется теменем кверху, т.е. животное также пытается сохранить естественную для него позу. На *третьем этапе* экспериментальное животное укладывают на бок и фиксируют туловище и голову ладонью к плоскости стола. В такой позе животное держат до того момента, пока оно не успокоится. После этого голову и плечевой пояс отпускают, и голова сразу же ориентируется теменем кверху, а за ней поворачивается передняя часть туловища, таз и задние конечности.

Рекомендации к оформлению работы: сделайте заключение о характере наблюдаемых статических рефлексов.

Результаты работы:

Зарисуйте выпрямительные рефлексы [3].

Вывод: _____

3. Изучение статокINETических рефлексов у лабораторных животных.

Оснащение: кролик (морская свинка), поддон, марлевый гамачок.

1. *Изучение лифтных рефлексов, возникающих под влиянием прямолинейного ускорения.*

К рефлексам этого типа относятся рефлексы *спуска и подъема* (лифтные). Они обусловлены раздражением рецепторов отолитового прибора вестибулярного аппарата и, отчасти, рецепторов полукружных каналов. В начале подъема, под действием положительного ускорения, происходит непроизвольное сгибание конечностей и опускание головы и туловища; в конце подъема, под действием отрицательного ускорения, наступает разгибание конечностей, голова и туловище при этом приподнимаются. При спуске описанные выше реакции сменяют друг друга в обратной последовательности.

Ход работы. Экспериментальное животное сажают на поддон и исследуют его естественную позу. Голова животного приподнята, а лапы находятся в согнутом положении. Затем поддон вместе с животным быстро перемещают то вверх, то вниз, и изучают изменения положения головы, туловища и лап. При этом обращают внимание на то, что в начале быстрого спуска лапы разгибаются, а голова и туловище приподнимаются над плоскостью опоры; в случае быстрого подъема вышеуказанные движения чередуются в обратном порядке. Для изучения рефлексов наклона поместите животное на поддон и переведите поддон в положение под углом 45° . Пронаблюдайте за положением конечностей интактного животного при реализации рефлексов спуска и подъема.

2. *Изучение рефлекса приземления.*

Рефлекс приземления возникает в безопорной фазе вертикального прыжка. Когда животное находится в воздухе, его конечности разгибаются и направляются вперед, готовясь принять на себя тяжесть тела. Упав, оно пружинит конечностями и этим предохраняет голову и туловище от удара о землю.

Ход работы. Растяните марлевый гамачок. Приподнимите животное над ним на высоту 40 см спинкой вниз. Отпустите животное, оно упадет, перевернувшись за время полета в воздухе, и опустится в гамачок лапами вниз. Поворот животного в воздухе начинается с установки головы теменем вверх, затем поворачиваются туловище и, в последнюю очередь, задние конечности.

Рекомендации к оформлению работы: сделайте заключение о характере наблюдаемых статокINETических рефлексов.

Результаты работы:

Зарисуйте лифтные рефлексы и рефлексы наклона [3].

Вывод: _____

4. Исследование зрачкового рефлекса.

Оснащение: источник света, стул.

Ход работы. Исследователь, попеременно закрывая глаз испытуемому листком картона, а потом его открывая, проверяет наличие зрачкового рефлекса, т.е. сужение зрачка в ответ на действие света и его расширение при затемнении. Исследование состояния зрачков включает в себя определение их формы и равномерности, проверку прямой и содружественной реакций зрачков на свет.

Результаты работы:

Вывод: _____

5. Оценка функционального состояния мозжечка.**Ход работы:**

1. *Поза Ромберга.* Предлагают испытуемому стоять со сдвинутыми ногами, вытянутыми вперед руками, с открытыми, затем закрытыми глазами. Невозможность сохранять равновесие в рассматриваемой позе говорит о наличии симптома Ромберга. Симптом Ромберга выявляется при поражении мозжечка и нарушении его связей с другими отделами центральной нервной системы, при расстройствах функции вестибулярного анализатора, нарушении глубокой чувствительности вследствие поражения спинного мозга, а также при полиневрите.

Рекомендации к оформлению работы: опишите, сохраняется ли равновесие тела в позе Ромберга.

2. *Усложненная поза Ромберга. Походка.* Предлагают испытуемому: а) стоять, поставив одну ногу впереди другой (пяткой к носку по одной линии), с вытянутыми вперед руками, с открытыми, затем закрытыми глазами; б) стоять со сдвинутыми ногами, затем наклонять голову попеременно в стороны, вперед, назад; в) стоять на пальцах; г) стоять на одной ноге с открытыми и закрытыми глазами; д) пройти по комнате вперед и назад (по одной линии) и в стороны (фланговая походка) с открытыми и закрытыми глазами.

Рекомендации к оформлению работы: опишите, сохраняется ли равновесие тела, как выглядит походка при проведении исследования.

3. *Пальце-носовая проба.* Предлагают испытуемому дотронуться указательным пальцем до кончика носа с открытыми, затем закрытыми глазами.

Рекомендации к оформлению работы: опишите, наблюдается или нет промахивание при выполнении теста.

4. *Пронататорная проба Тома. Адиадохокинез.* Просят испытуемого вытянуть руки, растопырить пальцы и делать поочередно пронацию и супинацию кистей в максимально быстром темпе.

Предлагают повторить при закрытых глазах. На стороне поражения мозжечка это движение сопровождается избыточной пронацией кисти

Рекомендации к оформлению работы: опишите, какой характер носят движения, нет ли замедления, нарушения координации движений, если есть, то на какой стороне.

5. *Речь.* Просят испытуемого повторить несколько слов и фраз, трудных для произношения (например: землетрясение, ракетостроение, воздухоплавание и др.).

Рекомендации к оформлению работы: опишите, какова речь испытуемого, не отмечается ли замедления, растянутости, толчкообразности речи.

6. *Нистагм.* Просят испытуемого поочередно следить за движениями предмета или пальца врача, перемещаемыми в стороны и вверх.

Рекомендации к оформлению работы: отметьте, наблюдаются или нет ритмические подергивания глазных яблок — нистагм.

Результаты работы:

Занятие № 4. Физиология стриопаллидарных образований и коры головного мозга. Вегетативная нервная система

Дата _____

Цель занятия: усвоить значение коры головного мозга в интеграции функций при формировании целостных поведенческих реакций; роль вегетативной нервной системы в поддержании гомеостаза организма.

Вопросы для подготовки

1. Физиология стриопаллидарных образований.
2. Функциональная организация коры больших полушарий (элементарный модуль, микро-, макро-, гиперколонка, модуль). Понятие о коннектоме. Кортикальные поля.
3. Вегетативная (автономная) нервная система, ее основные функции и центры. Отличительные особенности вегетативной от соматической нервной системы.
4. Отличие симпатического отдела вегетативной нервной системы от парасимпатического. Синергизм и относительный антагонизм в деятельности различных отделов вегетативной нервной системы.
5. Особенности рефлекторной дуги вегетативного рефлекса. Вегетативные ганглии, их структурные элементы и функции.
6. *Понятие о метасимпатической нервной системе.
7. Медиаторы вегетативной нервной системы. Влияние симпатического и парасимпатического отделов нервной системы на иннервируемые органы.
8. Особенности физиологии ЦНС развивающегося организма. Возрастные изменения функций ЦНС (для леч. факультета).

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).

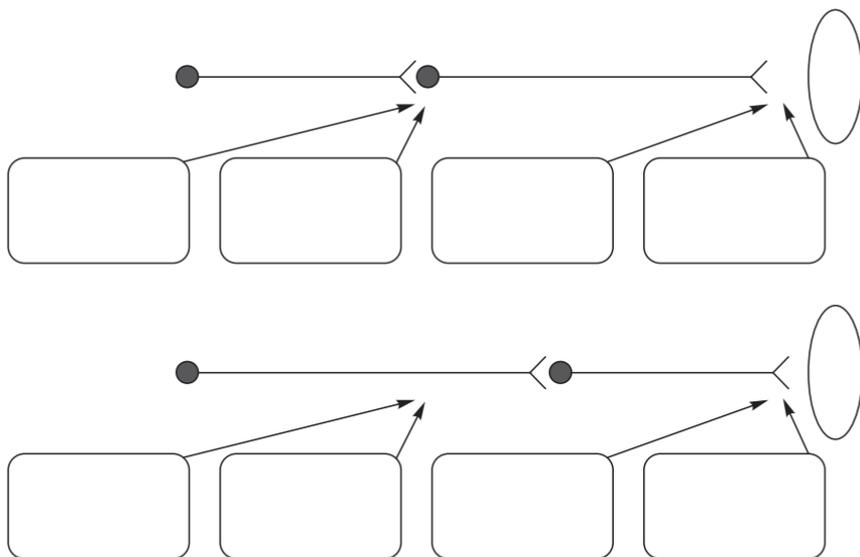
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология нервной системы. Практикум: учеб. пособие / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2008. 284 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 144–198.
7. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
8. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
9. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

Сегментарные центры вегетативной нервной системы [3]

The diagram is a vertical flowchart. At the top is a large, wide, rounded rectangular box. A vertical line descends from the bottom center of this box. From this line, four horizontal lines branch out to the right, each connecting to the left side of one of four smaller, rounded rectangular boxes stacked vertically. All boxes are empty and have a thin black border.

Характеристика периферической части различных отделов вегетативной нервной системы [3]



Лабораторные работы

1. *«Физиология ЦНС» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. Определение местного дермографизма.

Оснащение: неврологический молоточек.

Ход работы. Рукояткой неврологического молоточка вначале осуществляют легкое штриховое раздражение кожи испытуемого и обращают внимание на полученный результат. Затем этой же рукояткой производят более сильное и медленное раздражение кожи и отмечают разницу по сравнению с предыдущим испытанием.

Рекомендации к оформлению работы: сделать заключение о преобладании соответствующего вида дермографизма.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Исследование глазо-сердечного рефлекса (рефлекс Данини – Ашнера).

Оснащение: кушетка, секундомер.

Ход работы. Положение испытуемого лежа на спине. Вначале определяют исходную частоту пульса на лучевой артерии. Затем производят надавливание на один или оба глаза (по очереди). Надавливание осуществляют большим и указательным пальцами руки в течение 20–40 секунд. При надавливании пульпа концевых фаланг оказывает давление *на боковые поверхности глаза, а не на переднюю его камеру*. При постепенном увеличении производимого

на глаз давления наступает рефлекторная реакция со стороны сердечно-сосудистой системы — урежение ритма сокращений сердца.

Определение пульса производят через каждые 10 секунд. Глазо-сердечный рефлекс выявляется *быстро* (через 2–3 секунды) или *медленно* (через 8–10 секунд). Действие рефлекса продолжается после прекращения надавливаний на глаза в течение 20 секунд — 1 минуты.

Результаты работы:

Время исследования	ЧСС, уд/мин
До надавливания на глазные яблоки	
Через 30 с от начала давления	
1 мин после прекращения надавливания	
2 мин после прекращения надавливания	

Вывод: _____

4. Исследование ортостатического рефлекса.

Оснащение: секундомер, кушетка.

Ход работы. Испытуемый ложится на спину, затем встает. Переход из горизонтального положения в вертикальное совершается плавно. Наступающие рефлекторные изменения обратны реакциям клиностатического рефлекса: происходит ускорение пульса от 6 до 24 уд/мин. Эффект наблюдается обычно в течение 1 минуты.

Результаты работы:

Показатель	Исходная	При переходе в вертикальное положение
ЧСС, уд/мин		

Вывод: _____

5. Исследование клиностатического рефлекса.

В основе клиностатического рефлекса лежит снижение влияния гравитационного поля Земли при переходе в горизонтальное положение и, следовательно, уменьшение нагрузки этого поля на тело человека.

Оснащение: секундомер, кушетка.

Ход работы. Стоявший до этого испытуемый ложится, переход из вертикального положения в горизонтальное совершается плавно, без рывков. Рефлекторные реакции: начальное замедление пульса на 4–6 уд/мин. Счет производят в течение первых 15–20 секунд лежания. Рефлекс наблюдается более чем у половины здоровых людей.

Результаты работы:

Показатель	Исходная	При переходе в горизонтальное положение
ЧСС, уд/мин		

Вывод: _____

6. Исследование синокаротидного рефлекса (рефлекс Геринга – Чермака).

Цель работы: исследовать выраженность синокаротидного рефлекса.

Оснащение: кушетка, секундомер.

Ход работы. Положение испытуемого лежа на спине. Определите пульсацию в зоне проекции сонной артерии в области бифуркации (в области передней границы верхней трети грудино-ключично-сосцевидной мышцы). Осуществите постоянное легкое

надавливание на нее в течение 30 секунд. Другой рукой подсчитайте пульс. Результаты занесите в протокол в виде таблицы.

Результаты работы:

Время исследования	ЧСС, уд/мин
До надавливания на область проекции сонной артерии	
Через 30 с от начала давления	
1 мин после прекращения надавливания	
2 мин после прекращения надавливания	

Вывод: _____

7. Оценка дыхательной аритмии (рефлекс Геринга).

Цель работы: исследовать характер изменения пульса при задержке дыхания.

Оснащение: кушетка, секундомер.

Ход работы. Положение испытуемого сидя. Подсчитывают исходную частоту пульса. Затем предлагают испытуемому сделать глубокий вдох и задержать дыхание. В это время еще раз определяют частоту пульса. *В норме* наблюдается замедление пульса на 4–6 уд/мин. При вегетативных нарушениях рефлекс может резко усиливаться. При ваготонии имеет место замедление пульса на 8–10 уд/мин и более. Результаты занесите в протокол в виде таблицы.

Результаты работы:

Показатель	Исходная	При задержке дыхания
ЧСС, уд/мин		

Вывод: _____

8. Оценка исходного вегетативного тонуса по индексу Кердо.**Цель работы:** исследовать исходный вегетативный тонус.**Оснащение:** тонометр с фонендоскопом, секундомер.**Ход работы.** Положение испытуемого сидя. После 5 минут покоя измеряют артериальное давление (мм рт. ст.) и частоту пульса (уд/мин).Используя эти показатели, проводят расчет *вегетативного индекса Кердо (ВИК)* по формуле

$$\text{ВИК} = \left(1 - \frac{\text{АД}_{\text{диаст}}}{\text{ЧСС}} \right) \cdot 100,$$

где ВИК — вегетативный индекс Кердо, %; АД_{диаст} — величина диастолического давления, мм рт. ст.; ЧСС — частота сердечных сокращений, уд/мин.

По величине ВИК оценивают исходный вегетативный тонус следующим образом:

- ВИК от -10 до +10 % — нормотония;
- ВИК более +10 % — симпатикотония;
- ВИК менее -10 % — ваготония.

Рекомендации к оформлению работы: сделать заключение об исходном вегетативном тонусе.**Результаты работы:**

ВИК =

Вывод: _____

Основные формулы по разделу

Вегетативный индекс Кердо:

$$\text{ВИК} = \left(1 - \frac{AD_{\text{диаст}}}{\text{ЧСС}} \right) \cdot 100,$$

где ВИК — вегетативный индекс Кердо, %; $AD_{\text{диаст}}$ — величина диастолического давления, мм рт. ст.; ЧСС — частота сердечных сокращений, уд/мин.

Оценка вегетативного индекса:

- ВИК от -10 до $+10$ % — нормотония;
- ВИК более $+10$ % — симпатикотония;
- ВИК менее -10 % — ваготония.

Индекс напряжения по формуле Р.М. Баевского:

$$\text{ИН} = \frac{AMo}{2Mo} \cdot ДХ,$$

где ИН — индекс напряжения, усл. ед.; Mo (мода) — наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала, с; AMo (амплитуда моды) — частота встречаемости; ДХ (вариационный размах) — разница между максимальными и минимальными значениями длительности интервалов R-R.

Оценка индекса напряжения:

- от 50 до 200 усл. ед. — норматония;
- менее 50 усл. ед. — ваготония;
- от 200 до 500 усл. ед. — симпатикотония;
- более 500 усл. ед. — гиперсимпатикотония.

Фильмы, рекомендуемые для просмотра

1. Нервная клетка (10 мин).
2. Нервная система человека (17 мин).
3. Строение и функции нервной системы (19 мин).
4. Нарушение координационной деятельности ЦНС под влиянием стрихнина, СГМУ (7 мин).
5. Регистрация ЭЭГ у кролика, СГМУ (6 мин).
6. Сухожильные проприоцептивные рефлексы. ГрГМУ (2 мин).
7. Электрофизиология ЦНС (14 мин).
8. Вегетативная нервная система (10 мин).
9. Современный курс лекций по классической физиологии: «Гравитационные механизмы в двигательной системе». Чл.-корр. РАН И.Б. Козловская (105 мин).
10. Головной мозг (27 мин).
11. Тайны мозга (52 мин).
12. Новеллы о мозге (22 мин).
13. Иван Сеченов. (26 мин).
14. Наталья Бехтерева. Магия мозга. Фильм 1 (26 мин).
15. Исследования мозга. Святослав Медведев (82 мин).

Итоговое занятие № 2. Физиология возбудимых тканей и центральной нервной системы

Дата _____

Цель занятия: сформировать целостное представление о роли возбудимых тканей и ЦНС в обеспечении нормального функционирования организма.

Вопросы

См. вопросы соответствующих разделов.

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология нервной системы. Практикум: учеб. пособие / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2008. 284 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. 656 с. (см. соотв. раздел).
7. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
8. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
9. Лекции по соответствующим разделам физиологии.

Зачетное занятие

Дата _____

Цель занятия: сформировать целостное представление о роли крови, кровообращения, возбудимых тканей и ЦНС в обеспечении нормального функционирования организма.

I. Перечень основных вопросов для обсуждения

1. Понятие о гомеостазе. Кровь, лимфа и тканевая жидкость как внутренняя среда организма.
2. Рефлекторная теория и ее принципы. Учение П.К. Анохина о функциональных системах. Форменные элементы крови (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты) и их основные функции.
3. Состав плазмы крови и ее основные функции.
4. Функциональные системы, обеспечивающие поддержание важнейших гомеостатических констант крови (рН, состава и физико-химических свойств крови, осмотического давления).
5. Учение о группах крови и резус-факторе. Определение групп крови и резус-фактора. Переливание крови.
6. Система гемостаза. Роль свертывающей и противосвертывающей систем в поддержании жидкого состояния крови и остановке кровотечения.
7. Общая характеристика кровообращения. Основные функции кровообращения.
8. Физиологические свойства сердца и их характеристика. Минутный и систолический объемы крови и их регуляция.
9. Основные закономерности движения крови по сосудам.
10. Тонус сосудов и его регуляция.
11. Артериальное давление и его регуляция. Функциональная система поддержания кровяного давления.
12. Регионарные особенности кровообращения. Важнейшие клинико-физиологические методы исследования крови и кровообращения.
13. Понятие о возбудимых тканях и их важнейших специфических и неспецифических свойствах.
14. Механизмы возникновения и проведения возбуждения (потенциал покоя, потенциал действия и их характеристика, современная мембранно-ионная теория возбуждения).
15. Механизмы передачи возбуждения по нервным волокнам и в синапсах. Медиаторы и их классификация.

16. Особенности гладких и поперечнополосатых мышц. Современные представления о механизме мышечного сокращения.
17. Нейрон как структурная и функциональная единица ЦНС. Механизм связи между нейронами.
18. Учение о рефлексе как основной форме нервной деятельности.
19. Понятие о нервном центре, свойства нервных центров.
20. Торможение в ЦНС. Его механизмы и виды.
21. Координационная деятельность ЦНС и ее принципы.
22. Частная физиология ЦНС.
23. Роль различных отделов ЦНС в управлении движениями и вегетативными функциями, в формировании целостных поведенческих реакций.

II. Компьютерный контроль уровня знаний по всем разделам физиологии за III семестр

III. Защита протоколов лабораторных занятий

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. 656 с. (см. соотв. раздел).
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по соответствующим разделам.

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Дата _____

Физиология дыхания изучает процессы, обеспечивающие снабжение тканей организма O_2 и выведение CO_2 .

Дыхание — совокупность процессов, в результате которых происходит поступление кислорода в организм и выделение из него углекислого газа.

Функциональная система транспорта кислорода — это совокупность структур сердечно-сосудистого аппарата, крови и их регуляторных механизмов, образующих динамическую саморегулирующуюся организацию, деятельность всех составных элементов которой создает диффузионные поля и градиенты pO_2 между кровью и клетками тканей и обеспечивает адекватное поступление O_2 в организм.

Потребление кислорода — количество O_2 , поглощаемое организмом в течение единицы времени (в покое 200–400 мл/мин).

Степень насыщения крови кислородом — отношение содержания кислорода в крови к ее кислородной емкости.

Анатомическое мертвое пространство — это часть объема воздухоносных путей, не участвующая в газообмене (около 30 % от дыхательного объема, т.е. около 150 мл). К нему относят нос, носоглотку, трахею, бронхи и бронхиолы (до 16 порядка).

Физиологическое мертвое пространство — это объем легочной системы, в котором не осуществляется газообмен.

Вентиляция легких — процесс обмена воздуха между внешней средой и альвеолами легких.

Альвеолярное давление — это давление непосредственно внутри альвеол: в состоянии покоя при открытом рте оно равно атмосферному, во время вдоха оно становится отрицательным, а при выдохе — положительным.

Плевральное давление — это давление в плевральной полости. В покое оно равно -3 мм рт. ст., во время вдоха $-6...-8$ мм рт. ст., при глубоком вдохе его значение может возрасть до -20 мм рт. ст. Во время выдоха плевральное давление равно $-1...-2$ мм рт. ст., а при форсированном выдохе оно приближается к 0 и даже может быть положительным.

Транспульмональное давление — это разница между плевральным и альвеолярным давлением.

Поверхностное натяжение — это сила, возникающая на внутренней поверхности альвеол, направленная на уменьшение ее размеров.

Эластическая тяга легких — сила, с которой ткань легкого противодействует давлению плевральной полости и обеспечивает спадение альвеол (обусловлена наличием в стенке альвеол большого количества эластических волокон и поверхностным натяжением).

Дыхательный центр — это совокупность нейронов, расположенных в продолговатом мозге. Нейроны дорсальной части обеспечивают регуляцию вдоха, а нейроны вентrolатеральной части в большей степени контролируют выдох и обеспечивают запуск и регуляцию процессов вентиляции легких.

Автоматизм дыхательного центра — способность данной структуры к генерации возбуждения при отсутствии действия внешних раздражителей.

Пневмотаксический комплекс — часть дыхательного центра, расположенная в области варолиева моста и регулирующая вдох и выдох (во время вдоха вызывает возбуждение центра выдоха).

Апнейстический центр — это часть дыхательного центра, расположенная в каудальной части моста. При пересечении головного мозга на уровне середины моста возникает *апнейзис* (дыхание с растянутым вдохом).

Хеморецепторы (дыхательные) — это совокупность высокоспециализированных структур, воспринимающих изменение pH , pO_2 , pCO_2 в крови, регулирующих активность дыхательного центра и соответствующим образом формирующих определенный режим вентиляции легких.

Механорецепторы (дыхательные) — это совокупность высокоспециализированных структур, обеспечивающих протекание ряда рефлекторных актов внешнего дыхания.

Ирритантные рецепторы — структуры, находящиеся в эпителии и субэпителии воздухоносных путей, возбуждающиеся при значительном изменении объема легкого, воздействии химических веществ, пылевых частиц.

J-рецепторы — это структурные элементы, находящиеся вблизи капилляров малого круга кровообращения в интерстициальной

ткани альвеол. При их раздражении возникают характерное частое и поверхностное дыхание (одышка), а также рефлекторная бронхоконстрикция.

Спирометрия — это метод оценки внешнего дыхания, позволяющий определять основные легочные объемы.

Диффузия — процесс пассивного переноса газов на уровне аэрогематического и гистогематического барьеров. Описывается уравнением Фика.

Коэффициент Бунзена — показатель растворимости газа в жидкости (зависит от температуры, давления газов, других растворенных веществ); для кислорода — 0,024 мл O_2 /мл · атм, для углекислого газа — 0,57 мл CO_2 /мл · атм, для азота — 0,012 мл N_2 /мл · атм в воде (крови).

Оксигенация — процесс обратимого связывания O_2 гемоглобином, происходящий в капиллярах легких.

Деоксигенация — процесс перехода O_2 из HbO_2 в физически растворенное в плазме состояние и затем в ткани.

Кривая диссоциации оксигемоглобина — графическая зависимость образования оксигемоглобина от pO_2 в крови, которая носит S-образный характер.

$p50$ (показатель сродства гемоглобина к кислороду) — напряжение кислорода (pO_2), при котором содержание оксигемоглобина равно 50 %.

Эффект Вериго — Бора — зависимость сродства гемоглобина к кислороду от рН (его уменьшение при сдвиге рН в кислую сторону или смещение кривой диссоциации оксигемоглобина вправо при ацидозе и наоборот).

Эффект Холдейна — увеличение содержания углекислого газа в крови при уменьшении содержания оксигемоглобина (дезоксигемоглобин присоединяет больше протонов H^+ , лучше связывает CO_2).

Занятие № 1. Внешнее дыхание

Цель занятия: ознакомиться с основными данными физиологической сущности дыхания и его основными этапами; изучить важнейшие физиологические закономерности функционирования аппарата внешнего дыхания; усвоить механизмы поддержания постоянства состава альвеолярного воздуха и газового состава крови.

Вопросы для подготовки

1. Физиологическая сущность дыхания и его основные этапы. Потребность тканей в кислороде. Эволюция дыхания.
2. Функции внешнего дыхания. Недыхательные функции легких.
3. Механизм вдоха и выдоха. Основные и вспомогательные дыхательные мышцы.
4. Внутривнегочное, внутривнегочное, альвеолярное и транспульмональное давления. Характеристика функциональных возможностей легких.
5. Растяжимость легких, эластическая тяга легких, значение сурфактанта. Закон Лапласа.
6. Сопротивление дыханию и его виды. Работа дыхания.
7. Легочные объемы и емкости. Показатели вентиляции легких. Понятие о должных величинах.
8. Значение конвекции и диффузии в поддержании относительного постоянства альвеолярного воздуха. Понятие о видах мертвого пространства (физиологическое, анатомическое и альвеолярное мертвое пространство).
9. *Понятие о вентиляционно-перфузионных отношениях в легких.
10. Особенности дыхания у плода и новорожденного (*для пед. факультета*). Возрастные особенности внешнего дыхания и газообмена в легких (*для леч. факультета*).

Литература:

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).

4. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 274–288.
5. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
6. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

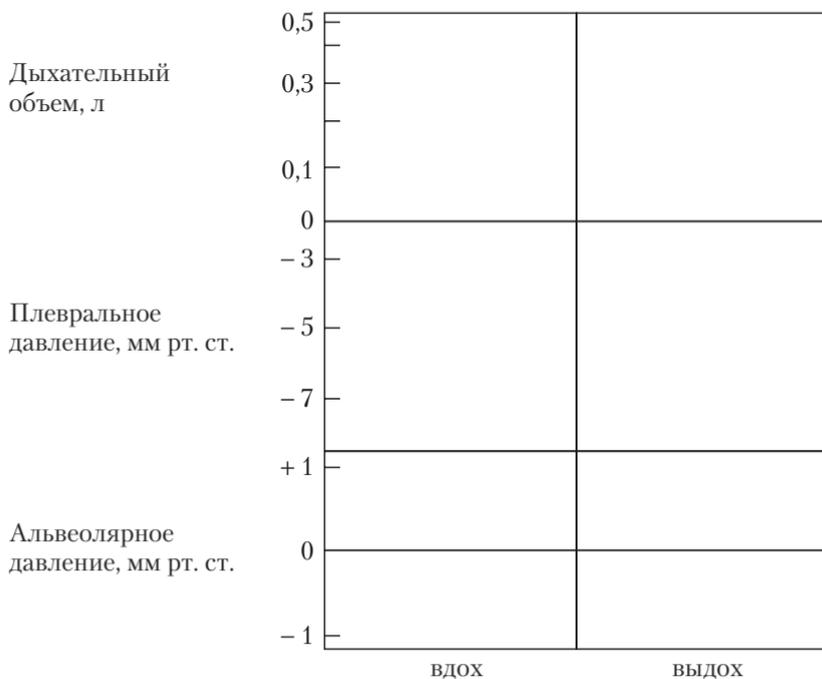
Показатели легочной вентиляции [3]

Показатель	Значение
Частота дыхания (ЧД), вдохов в минуту	
Ритмичность дыхания	
Дыхательный объем (ДО), мл	
Резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), мл	
Резервный объем выдоха ($PO_{выд}$), мл	
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ), мл $ЖЕЛ = PO_{вд} + PO_{выд} + ДО$	
Должная жизненная емкость легких (ДЖЕЛ)	Для мужчин:
	Для женщин:
Емкость максимального вдоха ($ДО + PO_{вд}$), мл	
Емкость максимального выдоха ($ДО + PO_{выд}$), мл	
Остаточный объем (ОО), мл	
Общая емкость легких (ОЕЛ), мл $ОЕЛ = ЖЕЛ + ОО$	
Функциональная остаточная емкость (ФОЕ), мл $ФОЕ = PO_{выд} + ОО$	
Максимальная вентиляция легких (МВЛ), л	
Должная максимальная вентиляция легких (ДМВЛ), л	
Минутный объем дыхания (МОД), л $МОД = ДО \cdot ЧД$ (в мин)	
Резерв дыхания (РД), л $РД = МВЛ - МОД$	
Форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ), %	
Объемная скорость вдоха и выдоха, л/с	Для мужчин:
	Для женщин:
Задержка дыхания на вдохе (проба Штанге), с	
Задержка дыхания на выдохе (проба Генча), с	

Вентиляционно-перфузионные отношения (ВПО) в различных участках легких [3]

Зона легкого	Вентиляция, л/мин	Кровоток, л/мин	ВПО	pO_2 крови, мм рт. ст.
Верхушка				
Средняя часть				
Основание				

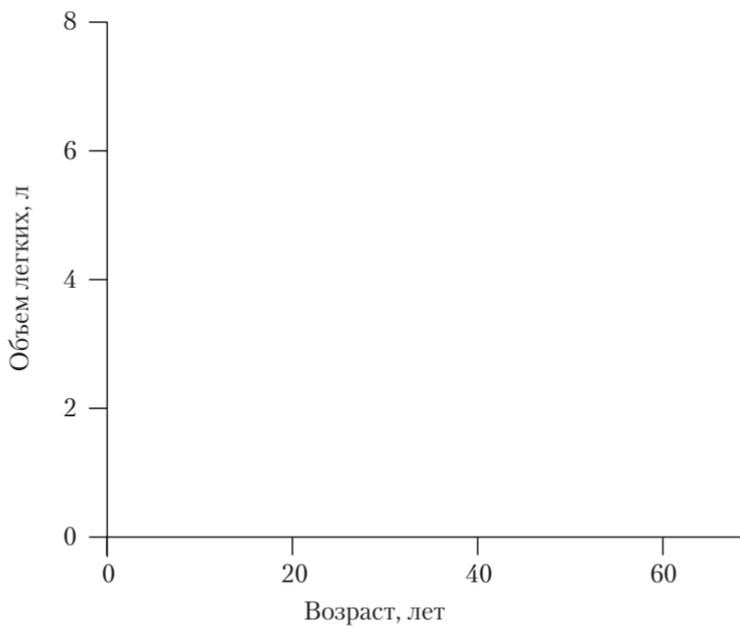
Изменение дыхательного объема, плеврального и альвеолярного давления при вентиляции легкого [3]



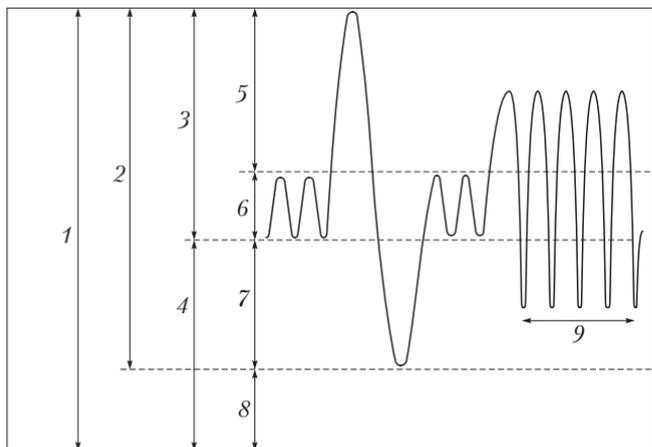
Изменение транспульмонального и трансреспираторного давления во время дыхания [3]

Давление	Вдох	Выдох
Транспульмональное $P_{\text{альв}} - P_{\text{плевр}}$, мм рт. ст.		
Трансреспираторное $P_{\text{альв}} - P_{\text{атм}}$, мм рт. ст.		

Изменение остаточного объема, жизненной емкости и общей емкости легких с возрастом [3]



Спирограмма [3]



Лабораторные работы

1. Спирометрия.

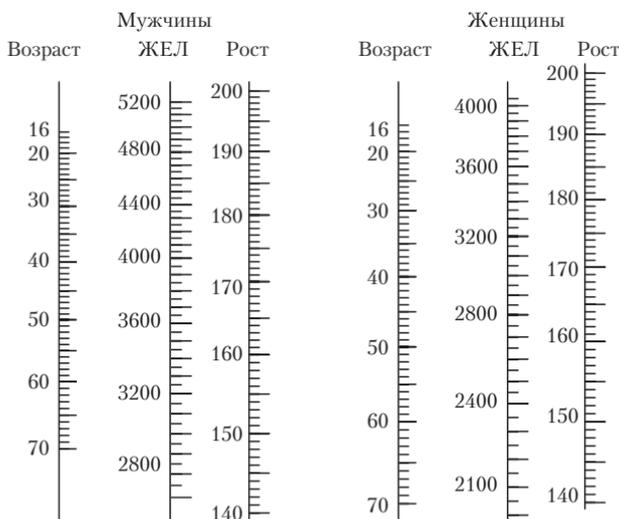
Оснащение: сухой или водный спирометр, мундштук, спирт, вата, носовой зажим.

Ход работы. Мундштук спирометра обрабатывают спиртом. Стрелку спирометра устанавливают на 0. Исследования проводят в положении стоя. Определяют жизненную емкость легких. Для этого испытуемый после максимального вдоха делает максимально глубокий выдох в спирометр. Носовое дыхание исключают, используя зажим для носа. Повторяют измерения трижды и вычисляют среднее значение данного параметра. Показатели заносят в таблицу.

После определения жизненной емкости легких сравнивают ее значение с должной величиной, определенной по приведенной номограмме и высчитанной по формуле, учитывая пол, возраст и рост. Отклонения на $\pm 15\%$ от ДЖЕЛ считаются нормой.

Результаты работы:

ЖЕЛ ₁	ЖЕЛ ₂	ЖЕЛ ₃	ЖЕЛ _{ср}	ДЖЕЛ	% отклонения от ДЖЕЛ



Вычислить:

ДЖЕЛ (по номограмме) =

$$\text{ДЖЕЛ} = \text{рост (см)} \cdot 25 \text{ (для мужчин)}$$

$$\text{ДЖЕЛ} = \text{рост (см)} \cdot 20 \text{ (для женщин)}$$

Вывод: _____

2. Пневмотахометрия.

Оснащение: пневмотахометр, спирт, вата.

Ход работы. Обрабатывают мундштуки прибора ватой, смоченной спиртом. Исследования проводят в положении стоя. Поворачивают к себе конец трубки с надписью «Вдох». Помещают мундштук в рот, плотно зажимают губы вокруг него и делают предельно быстрый и глубокий вдох. Снимают показания по шкале прибора. Для определения скорости движения воздуха при форсированном выдохе поворачивают к себе конец трубки с надписью «Выдох». Делают предельно быстрый и глубокий выдох. Регистрируют показания прибора.

Результаты работы:

Вывод: _____

3. Спирография.

Оснащение: спирометрический компьютеризированный комплекс МАС-1, загубник, спирт, вата, носовой зажим.

Ход работы. Включают прибор в сеть и подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Испытуемый дышит в прибор через загубник, обработанный спиртом. Носовое дыхание исключают, используя зажим для носа. Регистрируют частоту и глубину дыхания в покое в течение 30 секунд. Определяют резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), делая максимально возможный вдох. Восстанавливают спокойное дыхание и регистрируют резервный объем выдоха, делая максимально возможный выдох. Определяют жизненную емкость легких (ЖЕЛ). Для этого испытуемый после максимального вдоха делает максимально глубокий выдох.

Рекомендации к оформлению работы: выполните экспериментальную часть работы. Рассчитайте показатели ДО, ЧД, МОД, $PO_{вд}$, $PO_{выд}$, ЖЕЛ по образцу спирограммы.

Результаты работы:

Зарисуйте спирограмму.

Показатель	ДО, мл	$PO_{вд}$, мл	$PO_{выд}$, мл	ЖЕЛ, мл	ЧД в мин	МОД, л/мин
В покое						

Вывод: _____

4. *Интерактивная физиология: нейрогуморальная регуляция бронхиальной проводимости.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии дыхания.

Ход работы. Проводят раздражение веточек n. vagus, наблюдают, как изменяется бронхиальная проводимость при повышении тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Наблюдают за изменением просвета бронхов при введении гистамина и адреналина.

Рекомендации к оформлению работы: схематически изобразите опыт, демонстрирующий нейрогуморальную регуляцию бронхиальной проводимости.

Результаты работы:

Вывод: _____

5. Интерактивная физиология: изменение внутрилегочного давления.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии дыхания.

Ход работы. Изучают процесс формирования внутрилегочного давления, факторы обуславливающие это явление. Производят регистрацию изменения давления в легких.

Рекомендации к оформлению работы: зарисуйте графики изменения внутрилегочного давления во время вдоха и выдоха.

Результаты работы:

Вывод: _____

6. Решение ситуационных задач [4].

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

Занятие № 2. Транспорт газов кровью

Дата _____

Цель занятия: изучить механизмы транспорта газов кровью; уметь применять полученные знания для оценки газотранспортной функции крови.

Вопросы для подготовки

1. Газовый состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха, артериальной и венозной крови. Методы оценки газового состава крови.
2. Постоянство состава альвеолярного воздуха — необходимое условие для нормального газообмена на уровне аэрогематического барьера. Уравнение Фика для диффузии газов и его анализ. Закон Генри — Дальтона.
3. Оксигенация крови в легких и факторы, ее определяющие: pO_2 , вид, количество и свойства гемоглобина. Кислородная емкость крови.
4. Сродство крови к кислороду. Кривая диссоциации оксигемоглобина, физиологическое значение ее S-образной формы и факторы, определяющие ее ход: pH , pCO_2 , pCO , 2,3-ДФГ, NO , температура, ионы и др. Физиологическое значение смещения кривой диссоциации оксигемоглобина.
5. Внутриэритроцитарная система, регулирующая кислородсвязывающие свойства крови.
6. Роль плазмы и эритроцитов в транспорте углекислого газа. Значение карбоангидразы.
7. Деоксигенация крови и условия, ее определяющие: капиллярно-тканевый градиент pO_2 , время деоксигенации, сродство гемоглобина к кислороду. Газообмен между кровью и тканями. Значение миоглобина в регуляции кислородного режима мышц.
8. Особенности транспорта газов кровью у плода и новорожденных (для пед. факультета).

Литература

1. Зинчук, В.В. Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничук; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. Зинчук, В.В. Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничук. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).

3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 274–288.
5. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
6. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
7. Лекции по теме занятия.

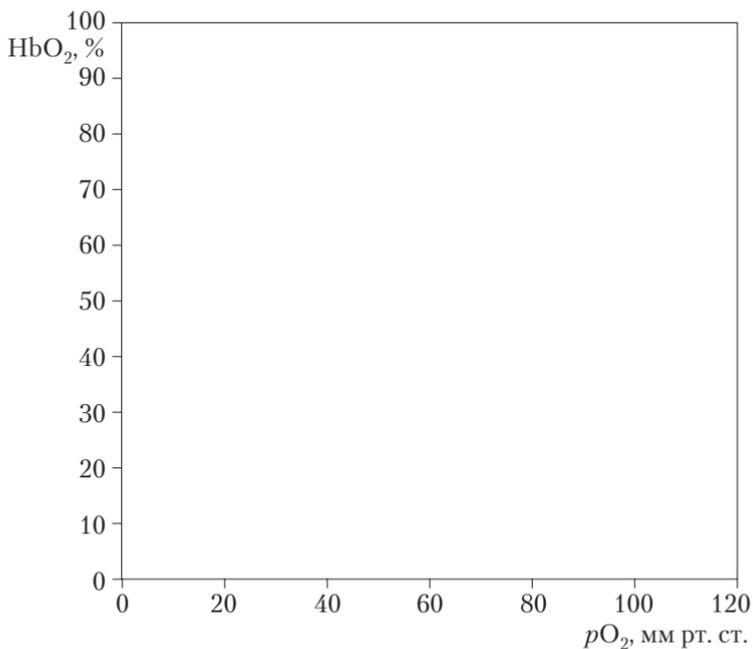
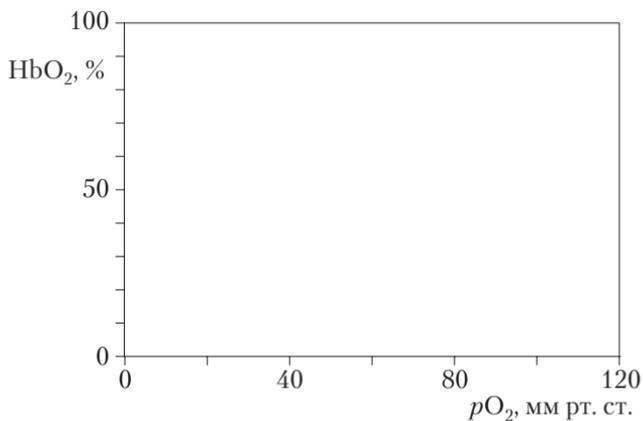
Оформить в протоколе

Транспорт CO_2 в крови [3]



Показатели газового состава воздуха и различных сред организма [3]

Воздух и среды организма	Показатели газового состава	
	O_2	CO_2
Атмосферный воздух, %		
Выдыхаемый воздух, %		
Альвеолярный воздух:		
%		
мм рт. ст.		
Артериальная кровь, мм рт. ст.		
Венозная кровь, мм рт. ст.		

Кривая диссоциации оксигемоглобина [3]**Кривая диссоциации миоглобина (Mb)
и оксигемоглобина (HbA) [3]**

Значение гемоглобина (при концентрации 150 г/л) в реализации кислородтранспортной функции крови [3]

Содержание O_2 (мл) в артериальной крови (при $pO_2 = 100$ мм рт. ст. и $sO_2 = 100\%$)

Содержание O_2 (мл) в венозной крови (при $pO_2 = 40$ мм рт. ст. и $sO_2 = 70\%$)

Распределение CO_2 (ммоль), поступающего в кровь (гематокрит 45 %) из тканей (2 ммоль/л) [3]

Фракция	Венозная кровь		Артериальная кровь	
	ммоль/л	%	ммоль/л	%
HCO_3^- (плазмы)				
HCO_3^- (эритроцитов)				
$HbCO_2$ (эритроцитов)				
H_2CO_3 (эритроцитов)				
H_2CO_3 (плазмы)				
ИТОГО:				

Лабораторные работы

1. Изучение кислородтранспортной функции крови на анализаторе газов крови.

Анализатор представляет собой прибор, позволяющий в микропробах крови определять напряжение кислорода (pO_2), углекислого газа (pCO_2), pH, концентрацию гемоглобина, гематокрит (Hct), степень насыщения крови кислородом (sO_2 , %). Определение данных величин дает возможность рассчитать другие параметры кислородтранспортной функции крови ($p50$, C_vO_2 , КЕК), а также кислотно-основного состояния (ABE, SBE, SBC и др.).

Основные блоки газоанализатора:

- 1) измерительная камера;
- 2) электроды (pO_2 , pCO_2 , pH, референтный);
- 3) вспомогательные устройства (набор электролитов, система термостабилизации и т.д.);
- 4) электронно-вычислительный блок.

Оснащение: анализатор газов крови, микропроба крови.

Ход работы. Производят анаэробный забор крови и микропробу крови вводят в измерительную камеру. Регистрируют полученные данные.

Результаты работы:

**Основные показатели кислородтранспортной функции
и кислотно-основного состояния крови**

Показатель	Диапазон изменений в венозной крови	Исследуемая кровь
$p50$ — значение pO_2 , при котором гемоглобин насыщается кислородом на 50 %, мм рт. ст.	24,5–29,6 (м)	
	25,0–30,2 (ж)	
Hb — концентрация гемоглобина, г/л	130–160 (м)	
	120–140 (ж)	
Hct — гематокрит, %	40–48 (м)	
	36–42 (ж)	
C_vO_2 — содержание кислорода (O_{2ct}), мл O_2 в 1 л крови	130–150	
КЕК — кислородная емкость крови (O_{2cap}), мл O_2 в 1 л крови	180–220	
sO_2 — степень оксигенации, %	60–75	
pO_2 — парциальное напряжение кислорода, мм рт. ст.	34–40	
pCO_2 — парциальное напряжение углекислого газа, мм рт. ст.	45–49	
pH — концентрация водородных ионов в венозной крови, ед.	7,34–7,43	
HCO_3^- — концентрация бикарбоната плазмы, ммоль/л	25–30	
TCO_2 — общий углекислый газ плазмы, ммоль/л	22,7–28,6	

Окончание таблицы

Показатель	Диапазон изменений в венозной крови	Исследуемая кровь
BE – действительный недостаток/избыток оснований (BEb), ммоль/л	-0,5...+5,0	
SBC – стандартный бикарбонат, ммоль/л	20–27	

Вывод: _____

2. Автоматическая регистрация параметров внешнего дыхания на спирометрическом компьютеризированном комплексе МАС-1.

Оснащение: спирометрический компьютеризированный комплекс МАС-1, спирт, вата, носовой зажим.

Ход работы. Включают прибор в сеть и подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации МАС-1. Испытуемый дышит в прибор через загубник, обработанный спиртом. Носовое дыхание исключают, используя зажим для носа. Для расчета должных величин регистрируют испытуемого, вводят в прибор показания: пол, рост и возраст. Выбирают методику определения минутного объема дыхания. Нажимают на клавишу «МОД». Регистрируют частоту и глубину дыхания в покое. Выбирают методику определения жизненной емкости легких, нажимают на клавишу «ЖЕЛ». После регистрации исходного спокойного дыхания испытуемый делает максимально глубокий вдох и максимально глубокий выдох. Для регистрации максимальной вентиляции легких выбирают методику «МВЛ», нажимая на соответствующую клавишу. Для этого испытуемый дышит максимально часто и глубоко. Запишите показания с экрана прибора в таблицы.

Рекомендации к оформлению работы: сделайте вывод о соответствии измеряемых величин должным.

Результаты работы:**Определение МОД**

МОД, л/мин	
ЧД в мин	
ДО, л	

Определение ЖЕЛ

ДЖЕЛ, л	
ЖЕЛ, л	
% от ДЖЕЛ	
PO _{вд} , л	
PO _{выд} , л	

Определение МВЛ

ДМВЛ, л	
МВЛ, л	
% от ДМВЛ	
ЧД в мин	
ДО, л	

Вывод: _____

3. Неинвазивный фотометрический метод определения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови (SpO₂) на МАС-1.

Оснащение: спирометрический компьютеризированный комплекс МАС-1, оптический датчик.

Ход работы. Включают прибор в сеть и подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации МАС-1. Выбирают режим «Пульсоксиметрия» для определения уровня насыщения артериальной крови кислородом (SpO₂) методом пульсоксиметрии. Располагают руку испытуемого на столе на уровне сердца, надевают оптический датчик на подходящий по размеру палец руки (обычно на средний или указательный). Вводят данные испытуемого: Ф.И.О., пол, рост и возраст. Выполняется методика в три этапа: на этапе спокойного дыхания, задержки дыхания и максимальной произвольной вентилиации (гипервентиляции).

Продолжительность измерений — не менее 10–20 секунд. Спирометр измеряет и рассчитывает среднее значение показателей на каждом этапе дыхания (SpO_2 , частота сердечных сокращений (ЧСС), индекс наполнения пульса (ИНП)). Запишите показания с экрана прибора в таблицу.

Рекомендации к оформлению работы: сделайте вывод о соответствии измеряемых величин должным.

Результаты работы:

Определение МОД

Показатель	Спокойное дыхание	Задержка дыхания	Разница [3] – [2]	Максимальная вентиляция легких	Разница [5] – [2]
1	2	3	4	5	6
$SpO_{2\text{cp}}$					
$SpO_{2\text{min}}$					
$SpO_{2\text{max}}$					
$ЧСС_{\text{cp}}$					
$ЧСС_{\text{min}}$					
$ЧСС_{\text{max}}$					
$ИНП_{\text{cp}}$					
$ИНП_{\text{min}}$					
$ИНП_{\text{max}}$					

Вывод: _____

Занятие № 3. Функциональная система транспорта кислорода. Регуляция дыхания

Дата _____

Цель занятия: изучить механизмы регуляции дыхания; уметь применять полученные знания для анализа изменений дыхания при различных состояниях организма.

Вопросы для подготовки

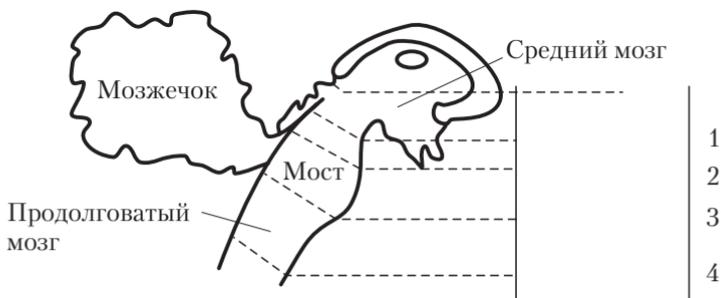
1. *Общая характеристика дыхания как единства функционирования функциональной системы поддержания постоянства альвеолярного воздуха (ФСППАВ) и функциональной системы транспорта кислорода (ФСТК).
2. *Система транспорта кислорода как единство функционирования кардиоваскулярного аппарата и крови. Полезные приспособительные результаты и цель ее функционирования.
3. *Понятие о системной и регионарной кислородной емкости крови (СКЕ и РКЕ). Факторы, обеспечивающие оптимальную СКЕ и РКЕ: минутный объем крови, градиент гидростатического давления (ΔP), кислородная емкость крови (КЕК), сродство крови к кислороду (СКК), роль оксида азота.
4. Дыхательный центр, его структура. Пневмотаксический и апнейстический центры дыхания. Автоматия дыхательного центра. Комплекс Бетцингера.
5. Рефлексы дыхательных путей, межреберных мышц и альвеол, участвующие в регуляции дыхания.
6. Рефлексы хеморецепторов сосудистых зон. Центральные хеморецепторы. Механизм первого вдоха. Гипоксический и гиперкапнический стимулы в регуляции дыхания.
7. Регуляторные влияния на дыхание со стороны гипоталамуса, лимбической системы и коры больших полушарий. Использование различных режимов дыхания для коррекции функционального состояния организма (гипоксическая тренировка, тренажер Фролова, методики Бутейко, Стрельниковой и другое).
8. Особенности регуляции дыхания у плода и детей (*для пед. факультета*). Возрастные особенности транспорта газов и регуляции дыхания (*для леч. факультета*).
9. Особенности дыхания при физической нагрузке. Дыхание в условиях пониженного барометрического давления и при изменении состава газовой среды. Дыхание в условиях повышенного барометрического давления, кесонная болезнь. Гипербаротерапия (*для леч. факультета*).

Литература

1. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2014. 320 с. (см. соотв. раздел).
2. *Зинчук, В.В.* Основы нормальной физиологии / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик. Минск : Новое знание, 2017. 253 с. (см. соотв. раздел).
3. *Зинчук, В.В.* Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие / В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельяничик; под ред. В.В. Зинчука. 3-е изд., испр. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 431 с. (см. соотв. раздел).
4. Нормальная физиология: сб. ситуационных задач. Ч. I / В.В. Зинчук [и др.]. Гродно : ГрГМУ, 2017. 320 с. (см. соотв. раздел).
5. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М. : Медицина, 2007. С. 274–288.
6. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с. (см. соотв. раздел).
7. Нормальная физиология: подготовка к тестированию / В.В. Зинчук [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Минск : Новое знание, 2015. 280 с. (см. соотв. раздел).
8. Лекции по теме занятия.

Оформить в протоколе

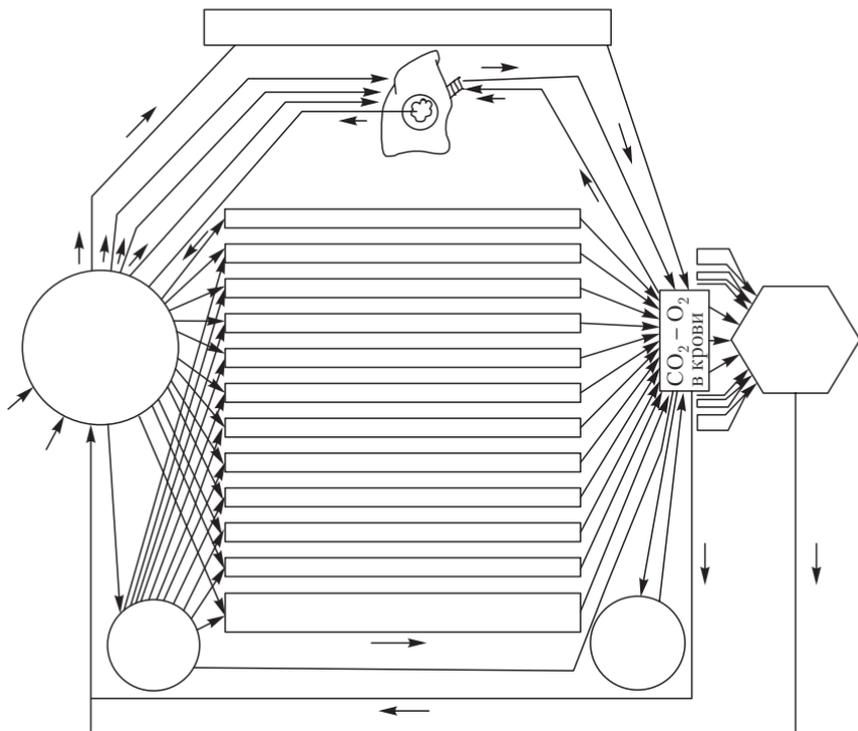
Характер внешнего дыхания при пересечении ствола мозга на различных уровнях [3]



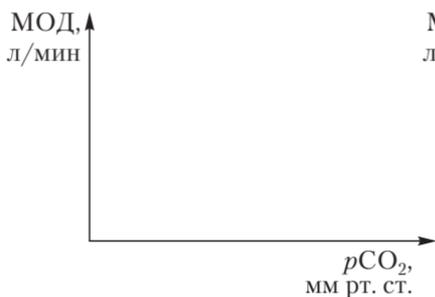
Основные хеморецепторы [3]

Рецепторы	Локализация	Характеристика
Центральные		
Периферические		

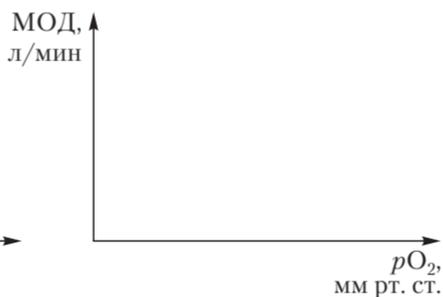
Схема функциональной системы дыхания [3]



Основные стимулы регуляции дыхания [3]

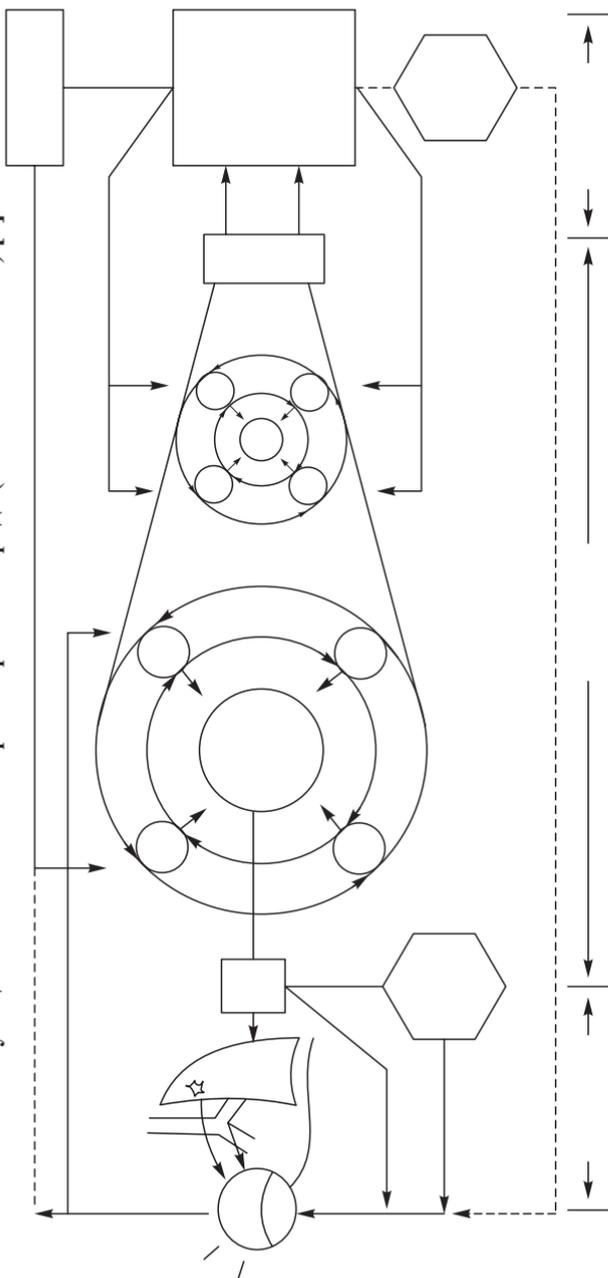


Гиперкапнический стимул регуляции дыхания



Гипоксический стимул регуляции дыхания

Функциональная система транспорта кислорода (пояснение в тексте) [3]



Лабораторные работы

1. * «Физиология дыхания» — интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета (компонент дистанционного обучения).

	
Лечебный факультет	Педиатрический факультет
	
Медико-психологический факультет	Медико-диагностический факультет

2. Влияние форсированного дыхания на частоту сердечных сокращений.

Прибор «Voldyne 5000» помогает определить емкость вдоха, а также приспособлен для выполнения упражнений, способствующих его увеличению. Применяется в клинической практике после операций на органах грудной полости, переломах ребер и т.д., когда больной для уменьшения болевого синдрома начинает дышать поверхностно, что может приводить к развитию осложнений (пневмонии, плевриты и т.д.).

Оснащение: прибор «Voldyne 5000», спирт, вата.

Ход работы. Исследование выполняют стоя или сидя. Для определения емкости форсированного вдоха прибор установите в вертикальное положение. Обработайте мундштук прибора ватой, смоченной спиртом. Произведите спокойный выдох, затем поместите мундштук в рот, плотно зажмите губы вокруг него. Сделайте максимально возможный вдох, чтобы поднять белый уровневый диск в камере. Полученный результат зафиксируйте при помощи метки-указателя. Произведите форсированное дыхание, глубина которого регулируется визуально (8–10 упражнений), стараясь при вдохе поддерживать верхушку желтой поточной чашки в области потоков «Best», расположенной слева на приборе.

Рекомендации к оформлению работы: запишите в протокол исходные объем вдоха и частоту сердечных сокращений. Определите, на сколько изменилась ЧСС после дыхательных упражнений. Сделайте вывод.

Результаты работы:

Определенный объем вдоха, мл	ЧСС, уд/мин	
	исходная	после форсированного дыхания

Вывод: _____

3. *Интерактивная физиология: влияние гиперкапнического и гипоксического стимулов на интенсивность легочной вентиляции. Изменение показателей $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и pH в условиях гипо- и гипервентиляции.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии дыхания.

Ход работы. Используя программу по интерактивной физиологии дыхания, изучите расположение центральных и периферических хеморецепторов. Ознакомьтесь с ролью хеморецепторов в регуляции легочной вентиляции. Исследуйте изменения интенсивности легочной вентиляции при влиянии гиперкапнического и гипоксического стимулов. Наблюдайте, как в виртуальном виде в условиях гипо- и гипервентиляции происходит изменение показателей $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и pH крови.

Рекомендации к оформлению работы: зарисуйте графики: влияние гиперкапнического и гипоксического стимулов на интенсивность легочной вентиляции. Укажите месторасположение и чувствительность центральных и периферических хеморецепторов. Схематически изобразите опыт, демонстрирующий влияние частоты дыхания на изменение показателей $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ и pH крови.

Результаты работы:

Вывод: _____

4. *Интерактивная физиология: влияние различных факторов на процесс вентиляции в легких.

Оснащение: персональный компьютер, программа по интерактивной физиологии дыхания.

Ход работы. Используя программу интерактивной физиологии дыхания, изучите факторы, влияющие на регуляцию легочной вентиляции. Проанализируйте изменения интенсивности вдоха и выдоха при действии факторов внешней и внутренней среды.

Рекомендации к оформлению работы: запишите изменения легочной вентиляции, происходящие при действии факторов различного генеза.

Результаты работы:

Вывод: _____

5. *Виртуальный физиологический эксперимент: изучение механизма изменения объема легких с помощью модели Дондерса. Исследование влияния изменения радиуса просвета дыхательных путей на легочную вентиляцию.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии дыхания «LuPraFi-Sim».

Ход работы. 1. Используя программу, получите графическое изображение серии спокойных вдохов и выдохов. Повторите виртуальный эксперимент при форсированном дыхании. Зарегистрируйте легочные объемы и емкости.

2. Уменьшите радиус просвета трахеи. Выявите влияние, которое оказывает изменение радиуса просвета дыхательного пути на легочные объемы и емкости.

Результаты работы:

Радиус, мм	ДО	PO _{вд}	PO _{выд}	ЖЕЛ	E _{вд}	ФОЕ	ОЕЛ
5							
4							

Вывод: _____

6. *Виртуальный физиологический эксперимент: влияние давления в плевральной полости на вентиляцию легких. Пневмоторакс.

Оснащение: персональный компьютер, программа по виртуальной физиологии дыхания «LuPraFi-Sim».

Ход работы. Используя программу, выявите роль внутриплеврального давления в обеспечении вентиляции легких. Проанализируйте

зируйте исходную графическую запись. Откройте клапан для создания пневмоторакса, проанализируйте происходящие изменения.

Результаты работы:



Вывод: _____

7. Решение ситуационных задач [4].

Тема зачтена

Подпись преподавателя _____

Основные формулы по разделу

Минутный объем дыхания:

$$\text{МОД} = \text{ДО} \cdot \text{ЧД},$$

где МОД — минутный объем дыхания; ДО — дыхательный объем; ЧД — частота дыхания.

Альвеолярная вентиляция:

$$\text{АВ} = (\text{ДО} - \text{ОМП}) \cdot \text{ЧД} = \text{ДО}_{\text{альв}} \cdot \text{ЧД},$$

где АВ — альвеолярная вентиляция; ДО_{альв} — дыхательный объем альвеолярной вентиляции; ОМП — объем анатомического мертвого пространства; ЧД — частота дыхания.

Должная жизненная емкость легких (ДЖЕЛ):

- а) для мужчин: рост (см) · 25;
- для женщин: рост (см) · 20;
- б) основной обмен: (ОО) (ккал) · 2,6.

Вентиляционно-перфузионные отношения (ВПО) в легких:

$$\text{ВПО} = \frac{\text{АВ}}{\text{МОК}},$$

где АВ — альвеолярная вентиляция, л/мин; МОК — минутный объем кровотока, л/мин.

Закон Фика описывает процессы пассивной диффузии O₂ (СО₂) в капилляре:

$$\frac{\Delta v \text{O}_2}{\Delta t} = -D \cdot S \cdot \frac{\Delta p \text{O}_2}{\Delta l}, \quad (1)$$

где, $\Delta v \text{O}_2 / \Delta t$ — скорость диффузии; D — константа диффузии, мл O₂/м · мин · мм рт. ст.; S — площадь диффузии, м²; Δl — расстояние диффузии, м; $\Delta p \text{O}_2$ — градиент напряжения кислорода, мм рт. ст.

$$\frac{\Delta v \text{O}_2}{\Delta t} = D_{\text{л}} \cdot \Delta p \text{O}_2, \quad (2)$$

где $\Delta v \text{O}_2 / \Delta t$ — скорость диффузии; $D_{\text{л}}$ — диффузионная способность легких; $\Delta p \text{O}_2$ — градиент напряжения кислорода, мм рт. ст.

Закон Генри — Дальтона выражает растворимость газов в жидкостях:

$$m = \frac{\alpha}{760} \cdot P,$$

где m — количество растворенного газа, г; α — коэффициент Бунзена, мл O_2 /мл · атм; P — барометрическое давление, мм рт. ст.

Степень оксигенации гемоглобина (sO_2):

$$sO_2 = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2} \cdot 100 \%,$$

где Hb — содержание дезоксигемоглобина; HbO_2 — содержание оксигемоглобина.

Содержание кислорода в крови (ctO_2):

$$ctO_2 = Hb \cdot \Gamma \cdot sO_2 + pO_2 \cdot \alpha,$$

где Hb — концентрация гемоглобина, г/л; Γ — константа Гюфнера, мл O_2 /г; sO_2 — степень насыщения гемоглобина кислородом, %; pO_2 — напряжение кислорода в крови, мм рт. ст.; α — коэффициент Бунзена, мл O_2 /мл · атм.

Системная кислородная емкость (СКЕ, мл/мин):

$$СКЕ = \frac{МОК \cdot C_aO_2}{100},$$

где C_aO_2 — содержание кислорода в артериальной крови, мл O_2 /л.

Кислород венозного возврата (КВВ, мл/мин):

$$КВВ = \frac{МОК \cdot C_vO_2}{100},$$

где C_vO_2 — содержание кислорода в венозной крови, мл O_2 /л.

Потребление кислорода (VO_2 , мл/мин):

$$VO_2 = СКЕ - КВВ.$$

Коэффициент утилизации кислорода (КУК, %):

$$КУК = \frac{(C_aO_2 - C_vO_2) \cdot 100 \%}{C_aO_2} = \frac{СКЕ - КВВ}{СКЕ} \cdot 100 \%.$$

Фильмы, рекомендуемые для просмотра

1. Перенос газов кровью (10 мин).
2. Внешнее дыхание (10 мин).
3. Органы дыхания (10 мин).
4. Что такое кессонная болезнь (6 мин).
5. Регуляция дыхания (10 мин).
6. Концепция кислородного статуса организма (20 мин).
7. Дыхательная система человека (8 мин).
8. Процесс дыхания у человека: что это и как происходит (5 мин).
9. Лекция «Физиология дыхания». Читает доктор Левашов Б.И. (18 мин).
10. Спирография, InterNICHE (9 мин).
11. Механизмы дыхания человека (3 мин).
12. Дыхательная гимнастика Стрельниковой. Полный комплекс (12 мин).
13. Как правильно дышать по методу Бутейко (10 мин).
14. Дыхательный тренажер Фролова. Видеоинструкция (13 мин).

Рекомендуемые темы рефератов*№ 1. Общая характеристика функциональной системы транспорта кислорода (цель функционирования, полезные результаты, модулирующие факторы, структурно-функциональная организация, регуляторная роль оксида азота)**

Рекомендуемая литература:

1. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. 167 с.
2. *Физиология человека* / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 2007. Т. 2. 313 с.
3. *Зинчук, В.В.* Патологическая физиология кардиореспираторной системы: учеб. пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Патологическая физиология, физиология». Гродно : ГрГМУ, 2016. 300 с.

№ 2. Приспособление системы транспорта кислорода к возросшим потребностям организма в кислороде (влияние физической нагрузки, эмоционального напряжения)

А. Рост потребностей организма в кислороде при физической и эмоциональной нагрузке.

Б. Физиологические механизмы, обеспечивающие удовлетворение потребности в кислороде (МОК, МОД, ОСК, СКК, КЕК), и их значение.

Рекомендуемая литература:

1. *Солодков, А.С.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. М. : Олимпия Пресс, 2005. 527 с.
2. *Уилмор, Дж.Х.* Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костил. М. : Олимпийская литература, 2001. 504 с.
3. *Физиология человека* / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 2007. Т. 2. 313 с.
4. *Зинчук, В.В.* Патологическая физиология кардиореспираторной системы: учеб. пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Патологическая физиология, физиология». Гродно : ГрГМУ, 2016. 300 с.
5. *Зинчук, В.В.* Сауна: физиологические механизмы оздоровительного действия на организм / В.В. Зинчук, Д.Д. Жадько; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2013. 184 с.

№ 3. Особенности транспорта кислорода в отдельных органах

Рекомендуемая литература:

1. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. 167 с.
2. Физиология / под ред. В.М. Смирнова, В.А. Правдивцева, Д.С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. М. : МИА, 2017. 512 с.
3. Физиология человека / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 2007. Т. 2. 313 с.
4. *Зинчук, В.В.* Патологическая физиология кардиореспираторной системы: учеб. пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Патологическая физиология, физиология». Гродно : ГрГМУ, 2016. 300 с.

№ 4. Роль системы транспорта кислорода в формировании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма

Рекомендуемая литература:

1. *Борисюк, М.В.* Системные механизмы транспорта кислорода / М.В. Борисюк, В.В. Зинчук, Н.А. Максимович; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2002. 167 с.
2. *Зинчук, В.В.* Патологическая физиология кардиореспираторной системы: учеб. пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Патологическая физиология, физиология». Гродно : ГрГМУ, 2016. 300 с.
3. *Зинчук, В.В.* NO-зависимые механизмы внутриэритроцитарной регуляции сродства гемоглобина к кислороду: монография / В.В. Зинчук, Т.Л. Степура; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2016. 176 с.
4. *Зинчук, В.В.* Эффект высокой температуры на кислородзависимые процессы в организме / В.В. Зинчук, Д.Д. Жадько. LAP LAMBERT, 2014. 143 с.

№ 5. Роль газотрансмиттеров в формировании кислородтранспортной функции крови

Рекомендуемая литература:

1. *Зинчук, В.В.* Участие оксида азота в формировании кислородсвязывающих свойств гемоглобина / В.В. Зинчук // Успехи физиол. наук. 2003. Т. 34, № 2. С. 33–45.
2. *Зинчук, В.В.* Роль кислородсвязывающих свойств крови в формировании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма при гипертермических состояниях различного генеза / В.В. Зинчук. Гродно : ГрГМУ, 2005. С. 96–131.
3. Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты / В.В. Зинчук, Н.А. Максимович, В.И. Козловский [и др.]; под ред. В.В. Зинчука. Гродно : ГрГМУ, 2006. 183 с.
4. *Зинчук, В.В.* Роль механизмов транспорта кислорода в генезе нарушений, возникающих при действии низкой температуры / В.В. Зинчук, Л.В. Дорохина // Журнал Гродн. гос. мед. ун-та. 2004. № 2. С. 8–11.
5. *Зинчук, В.В.* Роль кислородсвязывающих свойств крови и газотрансмиттеров в развитии оксидативных повреждений и гипоксических состояний // Новости медико-биологических наук. 2016. Т. 14, № 4. С. 55–63.
6. *Зинчук, В.В.* NO-зависимые механизмы внутриэритроцитарной регуляции сродства гемоглобина к кислороду: монография / В.В. Зинчук, Т.Л. Степуру; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2016. 176 с.

№ 6. Внутриэритроцитарная система регуляции кислородсвязывающих свойств крови

Рекомендуемая литература:

1. *Зинчук, В.В.* Роль кислородсвязывающих свойств крови в формировании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма при гипертермических состояниях различного генеза / В.В. Зинчук. Гродно : ГрГМУ, 2005. С. 96–131.
2. *Зинчук, В.В.* NO-зависимые механизмы внутриэритроцитарной регуляции сродства гемоглобина к кислороду: монография / В.В. Зинчук, Т.Л. Степуру; под ред. В.В. Зинчука. Гродно, 2016. 176 с.
3. *Зинчук, В.В.* Кислородсвязывающие свойства крови: избранное / В.В. Зинчук. LAP LAMBERT, 2012. 167 с.
4. *Зинчук, В.В.* Патологическая физиология кардиореспираторной системы: учеб. пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Патологическая физиология, физиология». Гродно : ГрГМУ, 2016. 300 с.

Задания, рекомендуемые для управляемой самостоятельной работы

Физиология крови

1. Основные принципы изучения физиологии. Методы физиологических исследований. Особенности проведения физиологического эксперимента. Альтернативные методы в обучении.
2. Понятие о регуляции функций организма (гуморальная, гормональная, нервная). Основные понятия физиологии (рефлекс, рефлекторная дуга, функциональная система по П.К. Анохину, гомеостаз).
3. Внесосудистые жидкие среды организма, их роль в обеспечении жизнедеятельности организма. Лимфа, ее состав, количество, функции. Транскапиллярный обмен жидкости.
4. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
5. Просмотр видеофильмов.

Физиология возбудимых тканей

1. Действие постоянного тока на возбудимые ткани. Полярный закон раздражения. Электротонические явления в тканях, их значение в проведении возбуждения. Катодическая депрессия, анодическая экзальтация.
2. Тонус скелетных мышц.
3. Физиологическая характеристика гладких мышц. Особенности их функций.
4. Влияние нервных и гуморальных факторов на восстановление работоспособности. Адаптационно-трофическое влияние симпатической нервной системы на мышечный препарат.
5. Физиологические основы активного отдыха (И.М. Сеченов) и спортивной тренировки.
6. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
7. Просмотр видеофильмов.

Физиология сердца

1. История открытия и изучения кровообращения. Эволюция кровообращения. Возрастные особенности кровообращения.
2. Нагнетательная функция сердца. Изменение объема и давления крови в полостях сердца в разные фазы сердечного цикла.
3. Роль высших отделов ЦНС в регуляции деятельности сердца. Деятельность сердца как один из вегетативных компонентов целостных реакций организма. Эмоции, эмоциональный стресс и сердце.

4. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
5. Просмотр видеофильмов.

Физиология сосудистой системы

1. Роль высших отделов ЦНС в регуляции деятельности сосудистой системы.
2. Лимфа, лимфообразование и лимфообращение.
3. Приспособительные изменения кровяного давления и кровотока при физических и эмоциональных напряжениях.
4. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
5. Просмотр видеофильмов.

Физиология центральной нервной системы

1. Общая характеристика строения и функций ЦНС. Основные черты эволюции функций ЦНС.
2. Нейрон как структурная и функциональная единица ЦНС, его физиологические свойства и взаимосвязь с глиальными клетками. Механизмы связи между нейронами. Медиаторы.
3. Понятие о метасимпатической нервной системе.
4. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
5. Просмотр видеофильмов.

Физиология дыхания

1. Понятие о вентиляционно-перфузионных отношениях в легких.
2. Общая характеристика дыхания как единства функционирования функциональной системы поддержания постоянства альвеолярного воздуха (ФСПВАВ) и функциональной системы транспорта кислорода (ФСТК).
3. Система транспорта кислорода как единство функционирования кардиоваскулярного аппарата и крови. Полезные приспособительные результаты и цель ее функционирования.
4. Понятие о системной и регионарной кислородной емкости крови (СКЕ и РКЕ). Факторы, обеспечивающие оптимальную СКЕ и РКЕ: минутный объем крови, градиент гидростатического давления (ΔP), кислородная емкость крови (КЕК), сродство крови к кислороду (СКК), роль оксида азота.
5. Интернет-тестирование в системе Moodle на сайте университета по разделу.
6. Просмотр видеофильмов.