

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум в двух частях

Издание четвертое

Часть 1

**ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ. КРОВЬ.
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА**



Минск БГМУ 2008

УДК 612.1 (076.5) (075.8)
ББК 28.707.3 я73
Н 83

Утверждено Научно-методическим советом университета в качестве
практикума 28.05.2008 г., протокол № 10

А в т о р ы: А. И. Кубарко, В. А. Переверзев, Л. И. Белорыбкина, Н. А. Башаркевич,
М. Л. Колесникова, Г. А. Прудников, Т. Г. Северина, А. Н. Харламова, Д. А. Александров

Р е ц е н з е н т ы: зав. каф. патологической физиологии Белорусского государст-
венного медицинского университета, д-р мед. наук, проф., член-корр. Национальной ака-
демии наук Беларуси Ф. И. Висмонт; зав. каф. анатомии, физиологии и валеологии Бело-
русского государственного педагогического университета им. М. Танка, д-р мед. наук
Ю. М. Досин

Нормальная физиология : практикум в 2-х ч. Ч. 1. Общая физиология. Кровь.
Н 83 Сердечно-сосудистая система / А. И. Кубарко [и др.]. – 4-е изд. – Минск : БГМУ,
2008. – 188 с.

Представлены вопросы к практическим занятиям по разделам: кровь, жидкие среды, общая фи-
зиология, физиология ЦНС, вегетативная и эндокринная системы. Приведены описания лаборатор-
ных работ и протоколы их оформления, списки рекомендуемой литературы. Первое издание вышло
в 2005 г.

Предназначается студентам 2-го курса лечебного, медико-профилактического, педиатрического
и военно-медицинского факультетов, а также медицинского факультета иностранных учащихся.

УДК 612.1 (076.5) (075.8)
ББК 28.707.3 я73

© Оформление. Белорусский государственный
медицинский университет, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Практикум предназначается студентам для подготовки к занятиям и протоколированию практических работ. Составлен с учётом требований, утверждённых Министерством здравоохранения Республики Беларусь в 1999 и 2005 гг. программ по дисциплине «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ» для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение высшего медицинского образования. В последнее время существенно изменился характер студенческого практикума кафедры, что обусловлено улучшением уровня технического оснащения и появлением возможности моделирования многих классических физиологических экспериментов на виртуальных животных, ориентацией практикума на исследование состояния физиологических функций организма здорового человека. В практикум введены работы, предусматривающие использование компьютерной техники для обучения и контроля знаний студентов, моделирования известных физиологических феноменов. Представлено описание техники проведения исследований состояния некоторых функций у человека современными методами клинического анализа крови, газоанализа, электроэнцефалографии, исследования резервов кардиореспираторной системы и др.

К каждому занятию в компьютерном классе кафедры имеются обучающие и контролируемые программы, которыми студенты могут воспользоваться при подготовке к текущим и итоговым занятиям; для освоения учебных материалов во время и после занятий; при отработке пропущенных занятий, а также при подготовке к экзаменам.

В конце изучения каждого раздела, при условии освоения студентом практических навыков и достаточных теоретических знаний по выполненным работам и рассмотренным вопросам занятий, а также при соблюдении производственной дисциплины и правил техники безопасности, ставится подпись преподавателя (тема зачтена).

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется помимо основной литературы использовать дополнительную.

Список литературы прилагается к каждому занятию. Рекомендуется внимательно читать настоящее издание при подготовке каждого занятия.

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

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

«	_____	»	_____	_____
	число		месяц	год

**Занятие 1. Вступительное занятие. Техника безопасности в практикумах и лабораториях кафедры.
Предмет и задачи нормальной физиологии.
Физико-химические свойства крови**

Цели:

- сформировать у студентов представление о предмете нормальной физиологии, общих задачах практикума, методах физиологических исследований;
- ознакомить с правилами проведения практических занятий и оформления протоколов практических работ, с техникой безопасности в практикумах и лабораториях кафедры, правилами поведения в помещениях кафедры;
- ознакомить студентов с основными физиологическими понятиями;
- сформировать представление о гомеостазе как о постоянстве внутренней среды и функций организма и механизмов, их регулирующих;
- сформировать элементарные представления о механизмах и способах воздействия на состояние физиологических функций клетки, органа, системы.

Задачи:

- провести инструктаж студентов по технике безопасности при проведении учебных и научных работ в практикумах и лабораториях кафедры; изучить нормативные документы;
- освоить технику и правила работы в компьютерном классе;
- освоить нормативы важнейших показателей гомеостаза внутренней среды, крови, сердечно-сосудистой, респираторной и других систем организма.

Основные вопросы:

1. Правила техники безопасности при выполнении работ практикума.
2. Правила поведения студентов во время лекций и практических занятий в практикумах и лабораториях кафедры, во время перерывов в практикумах и на коридорах.
3. Меры профилактики инфицирования при проведении исследования физиологических функций, работе с кровью и другими биологическими жидкостями и тканями.
4. Физиологические представления о гомеостазе как о постоянстве внутренней среды организма, функций и механизмов, их регулирующих.
5. Основные показатели гомеостаза крови, сердечно-сосудистой, респираторной и других систем организма. Понятие об их относительном по-

стоянстве в состоянии покоя и изменениях при различных воздействиях на организм.

6. Роль воды для жизнедеятельности. Содержание и распределение воды в организме; возрастные особенности. Жидкие среды организма.

7. Кровь. Понятие о системе крови. Количество, состав, основные физико-химические свойства крови. Ее функции.

8. Осмотическое и коллоидно-осмотическое (онкотическое) давление крови, их роль в обмене воды и электролитов между кровью и тканями. Состояние гипер- и гипогидратации тканей.

9. Гемолиз и его виды, плазмолиз. Понятие о гипо-, гипер- и изотонических растворах и о возможности их использования в медицинской практике.

10. Кислотно-основное состояние внутренней среды организма. Понятие об ацидозе и алкалозе.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Чему равна масса крови в организме молодого человека? Какие (предположительно) механизмы способствуют ее восстановлению после кровопотери?

2. Чему равно содержание эритроцитов в 1 л крови молодого человека? Как изменится их число после непродолжительного проживания в горах? Почему произойдут эти изменения? Предположительно с помощью какого механизма и каким способом можно обеспечить изменение числа эритроцитов в крови?

3. В каких пределах колеблется содержание глюкозы в крови у здорового молодого человека в условиях покоя? Что предположительно является причиной такого относительного постоянства уровня глюкозы в крови? Предположительно, с помощью каких механизмов и воздействий уровень глюкозы не выходит в норме за пределы допустимых колебаний? К каким последствиям может привести снижение или повышение уровня глюкозы за этими пределами?

4. Чему равна осмоляльность плазмы крови? Расположите в порядке уменьшения вклада в величину осмотического давления плазмы следующие осмотически активные вещества: белки, глюкоза, натрий, калий, хлор, бикарбонат. Почему 0,9 %-ный NaCl можно назвать изотоническим раствором?

5. Чему равна величина коллоидно-осмотического давления плазмы крови? Какие белковые компоненты (глобулины или альбумины) и почему в большей степени определяют его величину? Какие последствия для распределения жидкости в организме может иметь гипопроteinемия? Введением каких растворов в сосудистое русло можно скорректировать эти последствия?

6. Чему равны частота сокращений сердца и объем крови, изгоняемый из желудочков за одно сокращение, у молодого человека в условиях относительного покоя? До каких предельных безопасных значений могут измениться эти показатели при тяжелой физической нагрузке? Предположительно-

но, под влиянием каких механизмов и на какие структуры можно изменить эти показатели деятельности сердца?

7. Чему равны частота и глубина дыхания у молодого человека в условиях относительного покоя? Предположительно, с помощью каких механизмов и как изменяются эти показатели при физической нагрузке?

8. Чему равно содержание глюкозы в крови и каким должен быть процент изотонического раствора глюкозы?

9. Вязкость крови: определение понятия, численное значение. Важнейшие факторы, определяющие величину вязкости плазмы и цельной крови.

10. Как изменится вязкость крови: после внутривенного (в/в) капельного введения 0,9 %-ного раствора NaCl; после переливания эритроцитарной массы; при гипопроотеинемии; после в/в введения гиперосмотических коллоидных растворов?

11. Как изменится буферная емкость крови после в/в введения: эритроцитарной массы; плазмы крови; гипертонических солевых растворов; физиологического р-ра?

12. Чем опасен гемолиз эритроцитов в крови? Какие причины гемолиза Вы знаете?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 5–44, 96, 206–209.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 56–78, 528–544.
4. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД*. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения мед. работников». С. 31–35.

Дополнительная

1. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 289–292, 297–298, 308–312.
2. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 414–454.
3. *Общий курс физиологии человека и животных*. В 2-х кн. Кн. 2. Физиология висцеральных систем : учеб. для биол. и мед. спец. вузов / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под ред. А. Д. Ноздрачева. М.: Высш. шк., 1991. 528 с. С. 165–173.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 1.1. ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

Общие требования

Студенты до входа в учебное помещение должны надевать халат.

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

Для общего наблюдения за порядком, соблюдением правил и выполнением требований техники безопасности при работе в лабораториях и учебных помещениях назначаются дежурные из числа студентов группы. Дежурные по лаборатории обязаны прибыть в лабораторию первыми и уходить последними, проверив состояние лаборатории.

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

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

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

Категорически запрещается выполнять в практикумах экспериментальную работу, не связанную с учебным заданием или с темой научно-исследовательской работы кафедры.

По окончании работы необходимо выключить воду, газ, электричество.

Правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами

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

Причиной тому может послужить:

– работа с неисправным электрооборудованием (рубильники, розетки и др.);

- отсутствие заземления электроприборов;
- нарушения правил пользования электроприборами;
- прикосновение руками или металлическими предметами к токоведущим элементам.

В случае обнаружения неисправности электроприбора или электрооборудования необходимо сообщить об этом преподавателю. При работе с электрооборудованием и электроприборами строго запрещается:

- проверять наличие напряжения пальцами и касаться токоведущих частей;
- работать на незаземленном электрооборудовании и приборах, если это не разрешено инструкцией к прибору;
- пользоваться неисправным электрооборудованием и электропроводкой;
- заменять перегоревшие предохранители самодельными;
- вешать на штепсельные розетки, выключатели и электропровода различные вещи;
- укреплять провода веревкой или проволокой;
- оставлять без надзора электрическую схему под напряжением.

Правила безопасной работы с лабораторной посудой

В лабораториях используется только специальная неповрежденная посуда.

Все сосуды должны иметь четкую и прочную надпись.

Химическая посуда должна быть сухой и чистой. Грязную посуду следует мыть сразу же после окончания работы. Для мытья посуды можно применять мыло, кальцинированную соду, современные моющие средства.

Правила безопасной работы с ядовитыми и сильнодействующими веществами

К ядовитым и сильнодействующим веществам, требующим при работе с ними соблюдения специальных мер предосторожности, относятся: концентрированные органические и минеральные кислоты, кислород, азот, галоидсодержащие соединения, соединения мышьяка, фосфора, ртути и др.

Работа с ядовитыми и сильнодействующими веществами поручается только работникам кафедры, которые допускаются специальным приказом или распоряжением руководителя подразделения.

Студенты к работе с ядовитыми и сильнодействующими веществами не допускаются.

Действия в случае возникновения пожара

В случае возникновения загорания нужно немедленно отключить напряжение, вызвать помощь и приступить к тушению пожара. Огнетушители имеются в комнатах 104, 131, 135, 138. Прежде, чем приступить к тушению возгорания, необходимо обесточить электросеть помещения. Затем применить огнетушитель. Для тушения можно использовать также имеющиеся

пожарные рукава: размотать рукав, открыть кран. Пожарные краны с рукавами находятся в конце коридора за 136-й комнатой, в нише между комнатами 139 и 140, 133 и 132, а также напротив 104-й комнаты.

Общие правила оказания первой медицинской помощи

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

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

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

Указания к оформлению протокола:

1. После ознакомления с правилами по технике безопасности ответьте на вопросы, содержащиеся в протоколе.
2. Распишитесь в конце протокола, а также в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности» о том, что вами получен и усвоен инструктаж по «технике безопасности».

ПРОТОКОЛ

1. Перечислите обязанности дежурного по лаборатории:

- 1.1) _____ ;
1.2) _____ ;
1.3) _____ .

2. Укажите основные причины поражения людей и/или возникновения пожара при работе с электрооборудованием и электроприборами:

- 2.1) _____ ;
2.2) _____ ;
2.3) _____ ;
2.4) _____ .

3. Назовите несколько веществ, которые относятся к ядовитым и сильнодействующим:

- А) _____ ; Б) _____ ;
В) _____ .

4. Укажите, кто имеет и кто не имеет право работать с ядовитыми и сильнодействующими веществами:

4.1) работать с ядовитыми и сильнодействующими веществами имеет право: _____;

4.2) студенты работать с ядовитыми и сильнодействующими веществами: _____.

5. Назовите ваши действия при возникновении загорания (например, неисправной электропроводки):

а) _____; б) _____;

в) _____.

6. Назовите главное правило вашей собственной безопасности при оказании помощи человеку, находящемуся под действием электрического тока:

_____ - _____

* С правилами по технике безопасности ознакомлен и проинструктирован

_____ (Дата)

_____ (Подпись)

_____ (Ф.И.О. студента полностью и разборчиво)

* ПАМЯТКА ПРЕПОДАВАТЕЛЮ

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

Работа 1.2. ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ ЗАНЯТИЙ В КОМПЬЮТЕРНОМ КЛАССЕ

Кафедральный компьютерный класс позволяет контролировать степень усвоения студентами учебного материала, выявлять пробелы и оперативно выдавать учебную информацию для их ликвидации. Использование графических изображений, динамики физиологических процессов и программ, позволяющих моделировать ответную реакцию органов и систем на различные воздействия, обеспечивает наглядность в обучении, облегчает усвоение и понимание учебного материала.

Для вступительного занятия рекомендуется ознакомить студентов с правилами работы в классе, с видами учебных материалов, предлагаемых к занятиям и, в частности, с содержанием материалов вступительного и следующего занятия.

Ход работы. Преподаватель проводит инструктаж о правилах поведения студентов в дисплейном классе и правилах использования компьютерной техники и учебных материалов. Демонстрируются виды учебных материалов и материалы 1-го и 2-го занятий.

Работа 1.3. ЗНАКОМСТВО С ОСНОВНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ГОМЕОСТАЗА КРОВИ, СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА

Таблица 1

Некоторые важнейшие показатели гомеостаза

Показатель	Пределы нормальных значений	Единицы измерения
Кровь		
Объем циркулирующей крови	Литры
Вязкость крови	Отн. ед.
Содержание форменных элементов крови:		
Эритроциты	Клеток в 1 л крови
Лейкоциты	---//---
Тромбоциты	---//---
Гематокрит	%
Осмотическое давление крови	мосмоль/кг
Онкотическое давление крови	мм рт. ст.
рН крови	—
Содержание глюкозы в крови	ммоль/л
Содержание белка в крови	г/л
Сердечно-сосудистая система		
Частота сокращений сердца (ЧСС) в покое	Сокр. в 1 мин
Ударный объем сердца (УО) в покое	мл
Минутный объем кровотока (МОК) в покое	л/мин
Максимальный пульс (при физической нагрузке)	Сокр. в 1 мин
Респираторная система		
Частота дыхания (ЧД) в покое	В 1 мин
Дыхательный объем (ДО) в покое	мл
Минутный объем дыхания (МОД) в покое	л/мин
Минутный объем альвеолярной вентиляции (МОАВ) в покое	л/мин

Работа 1.4. ГЕМОЛИЗ И ЕГО ВИДЫ (демонстрация)

Гемолиз — разрушение мембраны эритроцитов с выходом гемоглобина в плазму крови. В зависимости от причины, вызывающей гемолиз, различают следующие его виды: осмотический, механический, термический, химический, биологический. Физиологический гемолиз является результатом естественного старения и разрушения эритроцитов.

Материалы и оборудование: 0,9 %-ный раствор NaCl; нашатырный спирт; спирт; йод; дистиллированная вода; 3 пробирки; скарификаторы в стерилизаторе; вата; резиновые перчатки; маски, 3 %-ный раствор хлорамина.

Ход работы. В одну из пробирок наливают 2 мл 0,9 %-ного раствора NaCl, во вторую — 2 мл 0,9 %-ного раствора NaCl и 5 капель нашатырного спирта, в третью 2 мл дистиллированной воды. В каждую пробирку вносят

по 2 капли крови (из пальца или можно использовать кровь здоровых лабораторных животных) и перемешивают содержимое. Результат оценивают через 45 мин.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите наличие или отсутствие осадка эритроцитов и опишите окраску и прозрачность надосадочной жидкости.
2. Дайте заключение о наличии и виде гемолиза.

ПРОТОКОЛ		
	Наличие осадка эритроцитов	Окраска раствора
1. В 1-й пробирке –	_____	_____
во 2-й пробирке –	_____	_____
в 3-й пробирке –	_____	_____
2. Вывод:	Наличие или отсутствие гемолиза	При наличии гемолиза укажите вид
в 1-й пробирке –	_____	_____
во 2-й пробирке –	_____	_____
в 3-й пробирке –	_____	_____

Работа 1.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ (демонстрация)

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

Определение осмотического давления биологических жидкостей (кровь, ликвор, лимфа и др.) проводят криоскопическим методом. Известно, что температура замерзания жидкости тем ниже, чем выше суммарная концентрация мелких ионов и молекул. У человека температура замерзания крови ниже нуля на $0,56-0,58^{\circ}\text{C}$, а температура замерзания плазмы крови ниже нуля на $0,54^{\circ}\text{C}$.

Ход работы. Демонстрация учебного видеофильма. Прибор «OSMOMETER MO 801» позволяет определить осмоляльность биологической жидкости (osmol/kg) в объеме 0,05 мл.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите необходимые данные, представляемые при демонстрации учебного видеофильма.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ

1. Полученные результаты: осмотическое давление в исследуемой пробе плазмы крови = _____ osmol/kg, или _____ mosmol/kg.

2. Вывод: осмотическое давление в исследуемой пробе плазмы крови _____

(в норме, снижено или повышено)

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 2. Основы информационного обмена клетки с окружающей средой: Химическая сигнализация. Гемопоз

Цели:

- сформировать представление о способах межклеточной коммуникации, химических и электрических сигналах, основных механизмах и физиологических эффектах их влияния на клетку;
- дать понятие о структуре и функциях рецепторов;
- создать основу для понимания механизмов регуляции физиологических функций и, в дальнейшем, способов фармакологической коррекции при их нарушении;
- дать комплексные представления: о кроветворении и кроверазрушении; функциях стволовой кроветворной клетки и других клетках-предшественниках зрелых клеток крови; значении в кроветворении цитокинов, гормонов и других сигнальных молекул; роли для нормального кроветворения питательных веществ, витаминов, микроэлементов.

Задачи:

- с помощью компьютерных учебных материалов и учебных видеофильмов дать наглядное представление о химической сигнализации;
- разобрать со студентами общие схемы кроветворения и разрушения клеток крови;
- дать общее представление о причинах и проявлениях нарушений кроветворения при недостаточности питания, витаминов, микроэлементов.

Основные вопросы:

1. Обмен информацией между клеткой и окружающей средой. Понятия: информация, сигнал. Виды сигналов.
2. Химическая сигнализация. Основные способы межклеточной коммуникации с участием сигнальных молекул (ауто-, пара-, эндокриния), их характеристика.

3. Понятие о молекулярных (клеточных) рецепторах и их лигандах, первичных и вторичных посредниках. Классификация, структура и функции молекулярных рецепторов. Виды сигнальных молекул (лигандов).

4. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Основные пути внутриклеточной передачи сигнала с участием мембранных и внутриклеточных рецепторов. Вторичные посредники, их функции. Основные физиологические эффекты лиганд-рецепторного взаимодействия на уровне клетки.

5. Понятие о сигнальных молекулах, имеющих значение для регуляции кроветворения [основные группы цитокинов (факторы роста гемопоэтических клеток, интерлейкины, интерфероны, факторы роста негемопоэтических клеток), гормоны, нейромедиаторы и др.], их происхождение.

6. Гемопоэз (гемоцитопоэз): теория стволовой клетки. Возрастные особенности гемопоэза (у эмбриона, плода, взрослого человека). Роль в гемопоэзе микроокружения стволовой клетки.

7. Свойства и функции полипотентной стволовой кроветворной клетки и других коммитированных клеток-предшественниц зрелых клеток крови. Роль цитокинов и других сигнальных молекул в регуляции самоподдержания, дифференцировки, пролиферации и апоптоза этих клеток.

8. Значение и потребности организма в незаменимых питательных веществах, витаминах и микроэлементах для поддержания нормального кроветворения. Общее понятие о нарушениях кроветворения при дефиците поступления этих веществ в организм.

9. Модель гемопоэза и основных путей миграции клеток крови в кровеносном русле и тканях.

10. Объем циркулирующей крови. Понятие о важнейших клеточных (осмо-, волюмо-) рецепторах, сигнальных молекулах и механизмах, контролирующих объем циркулирующей крови.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Приведите примеры физиологических процессов, находящихся в организме под преимущественным контролем нервной системы, и под преимущественным контролем сигнальных молекул гуморальной системы.

2. Перечислите основные эффекты сигнальных молекул на уровне клеток-мишеней.

3. Перечислите основные классы сигнальных молекул организма и регулируемые ими физиологические процессы.

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

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

6. Потребности в обновлении клеточного состава крови в условиях относительного покоя и при изменениях функционального состояния организма.

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

8. Укажите значение печени для гемопоэза у плода и во взрослом организме.

9. Какими основными механизмами обеспечивается поддержание нормального гематокритного отношения крови?

10. Рассчитайте (в литрах), сколько плазмы и форменных элементов содержится в крови у человека, если известно, что масса тела 80 кг, а гематокрит равен 40 %.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 33–37, 61–63, 180–187, 206–224, 235–238.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 130–143, 169–178, 200–209, 212–223.
4. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 242–253, 271–325.

Дополнительная

1. *Фаллер, Д. М. Шилдс Молекулярная биология клетки* : рук. для врачей / Д. М. Фаллер Шилдс ; пер. с англ. М.: Бином-Пресс, 2003. 272 с.; гл. 2. С. 51–75; гл. 9, 10. С. 199–245.
2. *Стивен, Дж. Эмерсон Гемопоэз. Развитие клеток крови* / Дж. Стивен Эмерсон ; под ред. А. Дж. Шиффман ; пер. с англ. // *Патофизиология крови*. М.–СПб.: Бином–Невский диалект, 2000. 448 с. С. 17–44.
3. *Общие проблемы кроветворения. Апоптоз и гемопоэз. Стабильность кроветворения* / Г. И. Козинец [и др.] // *Кровь и инфекция*. М.: Триада-форм, 2001. 456 с. С. 13–70, 228–247, 252–309.
4. *Динамическая теория регуляции кроветворения* / Е. Д. Гольдберг [и др.] // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1999. Т. 39, № 5. С. 3–15.
5. *Жибурт, Е. Б. Стволовые клетки в службе крови* / Е. Б. Жибурт // *Мед. новости*. 2003. № 7. С. 23–27.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 2.1. ИЗУЧЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОГО МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ АДРЕНАЛИНА НА ЧАСТОТУ СОКРАЩЕНИЯ СЕРДЦА

Ход работы. Откройте ярлык «PHYSIOL 2». Введите свое имя и нажмите **Ввод**. Появляется экран, на котором регистрируются графики артериального давления и частоты сокращений сердца (ЧСС) виртуальной крысы. Для просмотра схемы эксперимента выберите в верхней строке команду **HELP** и далее **Preparation**. Схема показывает, как можно влиять на сердеч-

ную деятельность крысы путем стимуляции (**Stimulate**) и путем введения различных веществ (**Drugs**). Вернитесь к экрану нажатием команды **Continue** и зафиксируйте в протоколе исходное значение частоты сокращений сердца. Затем выберите в первом столбце **Drugs** из списка препаратов **Adrenaline**. Появляется окно выбора концентрации с командами **Inject Drug** (Ввести препарат) и **Cancel** (Отмена). Установите концентрацию адреналина 5 µg/kg и нажмите **Inject Drug**. Отметьте в протоколе изменения ЧСС. Затем возьмите «новую крысу» (команда **New Rat!**). В столбце **Drugs** выберите **Propranolol** (антагонист β-адрено-рецепторов) и введите его в дозе 100 µg/kg. Регистрируемые показатели при этом не изменяются. После этого повторите введение адреналина в той же дозе — 5 µg/kg. Зафиксируйте как изменяется ЧСС.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу.
2. Сделайте вывод о рецепторном механизме влияния адреналина на ЧСС, сравнив его эффект на фоне пропранолола с исходным.

ПРОТОКОЛ		
	Воздействия	Частота сокращений сердца
Крыса 1	Исходное значение	
	Введение адреналина 5 µg/kg	
Крыса 2	Исходное значение	
	Введение пропранолола 100 µg/kg	
	Введение адреналина 5 µg/kg	

Вывод: адреналин увеличивает ЧСС через ____ (α- или β-) адренорецепторы. Они находятся на плазматических мембранах клеток (в частности, атипичных и типичных кардиомиоцитов) и относятся к семейству _____ (односегментных, семисегментных, лигандзависимых ионных каналов или др.). Вторичным посредником в реализации действия адреналина на сердце является _____ (Ca²⁺, ИТФ, цАМФ, цГМФ, ДАГ).

Работа 2.2. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ГЕМОПОЭЗА И ОБЪЕМА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ НА СЛАЙДАХ И СХЕМАХ; ИЗУЧЕНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ВИТАМИНАХ, МИКРОЭЛЕМЕНТАХ И НЕЗАМЕНИМЫХ КОМПОНЕНТАХ ПИЩИ ДЛЯ НОРМАЛЬНОГО ГЕМОПОЭЗА (Для самостоятельного выполнения под контролем преподавателя)

Указания к оформлению протокола:

1. В таблице 2 укажите основные сигнальные факторы (цитокины и гормоны) активации стволовых кроветворных клеток (СКК) и превращения их в другие клетки-предшественницы и зрелые клетки крови.
2. Заполните пропуски в ответах на вопросы по важнейшим сигнальным механизмам, контролирующим объем циркулирующей крови в организме.

3. Заполните таблицы 3 и 4, указав в них суточные потребности организма человека в важнейших витаминах и микроэлементах для обеспечения нормального гемопоэза.

ПРОТОКОЛ

1. Основные цитокины и гормоны, контролирующие гемопоэз

Таблица 2

Стволовые кроветворные клетки (СКК)	Основные цитокины и гормоны
Полипотентные СКК	
Олигопотентные СКК:	
а) миелоидные	
б) лимфоидные	
Унипотентные СКК для:	
эритроцитов	
тромбоцитов	
нейтрофилов	
эозинофилов	
базофилов	
моноцитов	
лимфоцитов	

2. На уменьшение объема циркулирующей крови реагируют _____ (осмо-, волюмо-, термо-) рецепторы, на изменение величины осмотического давления крови реагируют _____ (осмо-, волюмо-, термо-) рецепторы клеток _____ (кишечника, почек, таламуса, гипоталамуса), стимулирующие при _____ (↑ или ↓ ОЦК) и _____ (↑ или ↓) осмотического давления образование и секрецию _____ (АКТГ, люлиберина, АДГ и др.) гормона, взаимодействующего с _____ (V_1 на V_2) рецепторами _____ (клеток печени, почек, сердца) и вызывающего _____ (↑ или ↓) реабсорбции воды.

3. Суточная потребность в витаминах

Таблица 3

Название	Суточная норма	Назначение
Витамин В ₂ (рибофлавин)		Для нормального осуществления окислительно-восстановительных реакций. При недостатке может развиваться анемия гипорегенеративного типа
Витамин В ₆ (пиридоксин)		Для образования гема в эритроцитах. При недостатке, вследствие нарушения образования гемоглобина, развивается анемия
Витамин В ₉ (фолиевая кислота)		Для синтеза ДНК в клетках костного мозга, поставляет один из нуклеотидов. При недостатке наблюдается ускорение разрушения эритроцитов и развивается анемия
Витамин В ₁₂ (цианокобаламин)		Для синтеза нуклеопротеинов, созревания и деления клеток. При недостатке в организме, в костном мозге образуются больших размеров, медленно созревающие клетки — мегалобласты: из них образуются короткоживущие больших размеров эритроциты (мегалоциты). Вследствие замедленного поступления в кровь эритроцитов и их быстрого разрушения развивается В ₁₂ -дефицитная анемия

Название	Суточная норма	Назначение
Витамин С		Для нормального эритропоэза на его основных этапах. Способствует всасыванию железа из ЖКТ, его мобилизации из депо; метаболизму фолиевой кислоты
Витамин Е (α -токоферол)		Совместно с селеном защищает мембраны клеток от действия продуктов перекисного окисления. При недостатке возрастает вероятность гемолиза эритроцитов
Витамин РР (никотиновая к-та)		Защищает мембрану эритроцитов и гемоглобин от окисления. Входит в состав НАД и НАДФ

4. Суточная потребность в микроэлементах

Таблица 4

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

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 3. Эритроцитопоз, тромбоцитопоз. Физиологические функции эритроцитов, тромбоцитов. Гемостаз

Цель: студенты должны усвоить основные механизмы образования и разрушения эритроцитов и тромбоцитов; нормативы и физиологическое значение показателей общего анализа крови (содержание эритроцитов, тромбоцитов, гемоглобина); основные характеристики и показатели гемостаза.

Задачи:

– повторить правила работы с кровью и другими биологическими жидкостями;

- уяснить технику взятия крови из пальца и ознакомиться с основными методами подсчета форменных элементов крови при помощи микроскопа, а также методами определения содержания гемоглобина и расчета цветового показателя;
- получить представление об автоматических и полуавтоматических методах определения основных показателей общего анализа крови;
- получить представление о показателях гемостаза.

Основные вопросы:

1. Меры профилактики инфицирования при работе с кровью и другими биологическими жидкостями, а также с тканями.
2. Понятие об эритроцитопоэзе. Эритроцитопоэз и разрушение эритроцитов, их возрастные особенности. Продукты разрушения эритроцитов.
3. Нейрогуморальные механизмы регуляции эритроцитопоэза. Происхождение, роль и использование эритропоэтина в клинике.
4. Эритроциты. Особенности строения и свойств эритроцитов, обеспечивающие выполнение их функций. Методы подсчета эритроцитов. Эритроцитоз и эритропения. Ретикулоциты. Физиологическая оценка кривой распределения эритроцитов.
5. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), факторы, влияющие на нее, методы определения. Диагностическое значение СОЭ.
6. Гемоглобин. Особенности строения и свойств гемоглобина, обеспечивающие выполнение его функций. Виды гемоглобина. Количество, методы определения.
7. Цветовой показатель и эритроцитарные индексы (МСН, МСНС, MCV, RDW), их расчет и представление об их использовании в диагностике анемий.
8. Тромбоцитопоэз и его регуляция. Тромбоциты, их количество, строение и функции. Методы подсчета. Тромбоцитоз и тромбоцитопения.
9. Понятие о системе гемостаза и ее механизмах. Понятие об антикоагулянтах. Первичный (сосудисто-тромбоцитарный) и вторичный (плазменно-коагуляционный) гемостаз: значение, методы оценки.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Что является важнейшим фактором, определяющим количество эритроцитов в крови?
2. Почему число эритроцитов и содержание гемоглобина у мужчин выше, чем у женщин?
3. Исходя из продолжительности жизни эритроцитов и числа эритроцитов в крови, рассчитайте, какое количество эритроцитов образуется и разрушается в организме за сутки.
4. Зачем нужны переносчики кислорода в крови, если кислород из крови потребляется в виде свободно растворенного?

5. Что характеризует величина цветового показателя, с какой целью ее рассчитывают?

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

7. Какие микроэлементы и витамины являются важнейшими для эритропоэза?

8. В чем состоит значение селезенки и легких в тромбоцитопозе?

9. В чем заключается роль печени в регуляции гемостаза?

10. Объясните, с чем связано возникновение понятий «первичный» и «вторичный» гемостаз и в чем заключается их значение для организма?

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

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 207–217, 224–238.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 200–212, 219–235.
4. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД*. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения медработников». С. 31–35.

Дополнительная

1. *Эритропоэз. Мегакариопоэз. Исследование крови* / Г. И. Козинец [и др.] // *Кровь и инфекция*. М.: Триада-форм, 2001. 456 с.; гл. 2. С. 71–109; гл. 4. С. 164–173; глава 9. С. 291–309.
2. *Эритроциты. Тромбоциты. Гемостаз и тромбоз* / под ред. А. Дж. Шиффман ; пер. с англ. // *Патофизиология крови*. М.–СПб.: Бином–Невский диалект, 2000. 448 с.; гл. 3. С. 71–122; гл. 5. С. 149–190; гл. 6. С. 191–227.
3. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 414–452.
4. *Повещенко, А. Ф.* Биология эритропоэтина и его функции в лимфоидной и нервной ткани / А. Ф. Повещенко, В. В. Абрамов, В. А. Козлов // *Успехи современной биологии*. 2002. Т. 122, № 5. С. 480–488.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 3.1. ТЕХНИКА ВЗЯТИЯ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ (демонстрация). МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ ИНФИЦИРОВАНИЯ

Общий клинический анализ крови — одно из самых распространенных лабораторных исследований. Для его проведения часто используется капиллярная кровь. Поэтому каждый студент должен освоить взятие крови из пальца на уровне умения.

При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (ВИЧ, гепатита и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования. Поэтому при проведении анализа крови нужно руководствоваться приказами Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 66 от 2.04.1993 г. и № 351 от 16.12.1998 г. о профилактике вирусного гепатита и СПИДа у медицинского персонала, занятого забором и исследованием крови.

При лабораторных исследованиях с возможным попаданием на медицинского работника крови или биологических жидкостей используются средства индивидуальной защиты: медицинский халат и резиновые перчатки, очки, маска (или щиток).

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

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

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

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

- обработать кожу спиртом, а при его отсутствии другими дезинфицирующими растворами;
- промыть место загрязнения водой с мылом и повторно обработать спиртом.

При попадании биологического материала на слизистые оболочки:

- полости рта: прополоскать рот 70 %-ным спиртом;
- полости носа: закапать 30 %-ный раствор альбуцида из тюбика-капельницы;
- глаза: промыть водой (чистыми руками), закапать 30 %-ный раствор альбуцида из тюбика-капельницы. При отсутствии 30 %-ного раствора альбуцида для обработки слизистых носа и глаз можно использовать 0,05 %-ный раствор марганцовокислого калия.

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

Материалы и оборудование: скарификаторы в стерилизаторах, вата, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 3 %-ный раствор хлорамина.

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

1. Пациент должен сидеть напротив врача, рука (лучше нерабочая) должна находиться на столе.
2. Забор крови проводят из 4-го пальца, т. к. синовиальное влагалище его изолировано, что предотвращает распространение воспалительного процесса на кисть в случае инфицирования места укола.
3. Кожа пальца дезинфицируется спиртом.
4. Скарификатор берут пинцетом из стерилизатора за середину, а затем рукой за конец, противоположный колющему, подняв скарификатор острием вверх, чтобы капля воды не стекала на режущий край.
5. Прокол кожи делают в подушечке пальца в центральной точке, скарификатор погружают на всю глубину режущей поверхности.
6. Первую каплю крови снимают сухой ватой (чтобы не было примеси тканевой жидкости), тщательно вытирают палец (кожа должна быть сухой).
7. Следующая капля крови должна иметь выпуклый мениск и не растекаться по пальцу, эту и последующие капли крови берут для анализа.
8. После забора крови место укола обрабатывается спиртом или йодом.

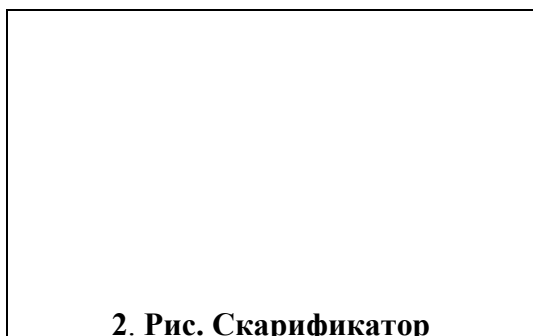
Указания к оформлению протокола:

1. Ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.
2. Нарисуйте скарификатор.
3. Распишитесь в конце протокола.

ПРОТОКОЛ

1. Ответы на вопросы:

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



2. Рис. Скарифikator

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

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

(Дата)

(подпись)

(Ф.И.О. студента полностью и разборчиво)

Работа 3.2. Вид эритроцитов и тромбоцитов под микроскопом (демонстрация)

Пронаблюдайте на экране форму, характер окраски, размеры и внутриклеточные органеллы ретикулоцитов; эритроцитов; тромбоцитов.

Указание к оформлению протокола:

Заполните пропуски при ответе на следующие вопросы.

ПРОТОКОЛ

Нормальное количество ретикулоцитов в крови составляет _____% от числа красных клеток крови. Повышение количества ретикулоцитов в крови отражает процессы _____ (↑ или ↓) эритропоэза. Неодинаковая интенсивность окраски эритроцитов в центре и на периферии клеток и их характерный вид (под микроскопом) с просветлением в центре обусловлены их _____ (размерами, формой) в виде _____ (шара, двояковогнутого или двояковыпуклого диска).

Клетки, которые образуют тромбоциты, называются _____ Назовите основные типы рецепторов тромбоцитов: обеспечивающие их прилипание (адгезию) к поврежденной сосудистой стенке с помощью фактора Виллебранда — гликопротеин _____, эндотелиального коллагена — гликопротеины _____; связывание фибриногена — гликопротеины _____, с дальнейшей агрегацией тромбоцитов и секрецией ими сосудосуживающих веществ _____ (простаглицлин, тромбоксан, АДФ, серотонин).

Работа 3.3. ПОДСЧЕТ ЭРИТРОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)

Кровь состоит из жидкой части — плазмы и взвешенных в ней форменных элементов: эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов. Форменные элементы составляют около 45 % объема крови, остальные 55 % приходятся на долю плазмы. Количество форменных элементов принято выражать их числом в 1 л или в 1 мкл крови.

Содержание форменных элементов в крови составляет в норме:

- эритроцитов: у мужчин — $(3,9-5,1) \times 10^{12}/л$;
у женщин — $(3,7-4,9) \times 10^{12}/л$;
- лейкоцитов (независимо от пола) — $(4-9) \times 10^9/л$;
- тромбоцитов (независимо от пола) — $(150-450) \times 10^9/л$.

Для подсчета форменных элементов кровь разбавляют в специальных смесителях (меланжерах), чтобы создать оптимальную для подсчета концентрацию клеток. В качестве растворителя при подсчете эритроцитов применяют гипертонический 3 %-ный раствор хлорида натрия, в котором эритроциты сморщиваются. Это делает их более контрастными в поле зрения микроскопа.

Счетная камера типа Алфéroва–Бюркеля представляет собой толстое стекло, в средней части которого имеются 4 желобка. Между ними образуются 3 узкие площадки. Средняя площадка ниже боковых на 0,1 мм и градуирована специальной масштабной сеткой Горяева. Так как высота боковых площадок на 0,1 мм больше средней, то при наложении покровного стекла над сеткой образуется пространство глубиной в 0,1 мм.

Масштабная сетка Горяева в счетной камере Алфéroва–Бюркеля содержит 225 больших квадратов. Каждый девятый квадрат разделен дополнительно поперечными и продольными линиями на 16 маленьких квадратиков. Таких больших квадратов, разделенных на маленькие, в сетке 25. Сторона маленького квадратика равняется $1/20$ мм, площадь — $1/20 \times 1/20 = 1/400$ мм², таким образом объем пространства над малым квадратиком составляет $1/400 \times 1/10 = 1/4000$ мм³.

Для учебных целей и для дополнительной профилактики инфицирования ВИЧ, вирусным гепатитом или другими инфекциями, передаваемыми через кровь, работа проводится как демонстрационная.

Подсчет эритроцитов проводится по фотографии смеси эритроцитов, которыми была заполнена счетная камера, с соблюдением правил разведения крови. Подсчитываются эритроциты в 5 больших квадратах, расположенных по диагоналям фотографии. В большом квадрате (в центре) находится 16 маленьких квадратиков. Клетки подсчитывают, руководствуясь правилом Егорова: к данному квадратiku относятся эритроциты, лежащие как внутри, так и на его левой и верхней границе.

Допустим, что в 5 больших квадратах (80 маленьких) найдено суммарное количество эритроцитов, равное Э. Число эритроцитов в объеме пространства ($1/4000 \text{ мм}^3$) над одним маленьким квадратом будет равно $\text{Э}/80$. Чтобы узнать, сколько эритроцитов содержится в 1 мм^3 крови, $\text{Э}/80$ умножаем на 4000, а полученное число умножаем на 200, т. к. кровь была разведена в 200 раз. Для расчета содержания числа эритроцитов в 1 л крови полученное число эритроцитов в 1 мкл (1 мм^3) умножаем на 10^6 .

Указания к оформлению протокола:

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

ПРОТОКОЛ	
<p>1. Число эритроцитов в больших квадратах: в 1 __; во 2 __; в 3 __; в 4 __; в 5 __. Суммарное число эритроцитов (Э) в пяти больших квадратах равно ____ клеток.</p>	
<p>2. Число эритроцитов в 1 л крови (X) рассчитывается по формуле:</p> $X = \frac{\text{Э} \cdot 4000 \cdot 200}{80} \cdot 10^6 = \text{Э} \cdot 10^{10} \quad X = \text{_____} \cdot 10^{12} / \text{л.}$	
<p>3. Вывод: _____</p> <p>_____</p>	

Работа 3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА ПО СПОСОБУ САЛИ (демонстрация)

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

Определение количества гемоглобина в крови производится колориметрическим методом, основанным на образовании при взаимодействии гемоглобина с соляной кислотой устойчивого раствора солянокислого гематина (коричневого цвета). Простейший тип колориметра — гемометр Сали. Он состоит из штатива, задняя стенка которого сделана из матового стекла, и трех пробирок одинакового диаметра. Средняя пробирка градуирована, она предназначена для проведения исследований, а в двух остальных, запаянных, содержится стандартный раствор солянокислого гематина коричневого цвета. Кровь, использованная для приготовления стандарта, содержала 16,7 г %, или 167 г/л гемоглобина.

При исследовании содержания гемоглобина, результаты которого представлены на экране, в среднюю пробирку добавляли 0,1 N раствор соляной кислоты (HCl), затем 20 мкл крови, взятой из пальца. Содержимое пробирки перемешано и пробирка помещена в штатив на 5–10 мин. Это время необходимо для полного превращения гемоглобина исследуемой крови в хлорид гематина. Затем к раствору добавляли дистиллированную воду до тех пор,

пока цвет полученного раствора не стал таким же, как цвет стандарта в двух крайних пробирках (при каждом добавлении воды раствор следует перемешивать стеклянной палочкой).

Цифра, стоящая на уровне нижнего мениска исследуемого раствора, показывает содержание гемоглобина в крови в грамм процентах (г %), выражающих количество гемоглобина в граммах в 100 мл крови. Чтобы рассчитать содержание гемоглобина в 1 л крови, найденный результат необходимо умножить на 10. Например, исследуемая кровь содержит 15,5 г % гемоглобина, следовательно, в 1 л крови содержится 155 г гемоглобина.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте гемометр Сали.
2. Определите содержание гемоглобина в исследуемой крови.
3. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ	
1. Рис. Гемометр Сали	<p>2. Содержание гемоглобина в исследуемой крови = _____ г %, или _____ г/л.</p> <p>3. Вывод: содержание гемоглобина в исследуемой крови _____</p> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">(в пределах нормы, ↑ или ↓ нормы)</p>

Работа 3.5. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦВЕТОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

Соотношение между количеством гемоглобина крови и числом эритроцитов называется «цветовым показателем» (ЦП). ЦП — относительная величина, указывающая, является ли содержание гемоглобина в эритроцитах исследуемого нормальным (нормохромия), пониженным (гипохромия, которая обычно имеет место при дефиците в организме железа) или повышенным (гиперхромия, наблюдающаяся при недостатке в организме витамина В₁₂ и/или фолиевой кислоты) по отношению к норме. ЦП здорового человека равен **0,8–1,05**. Для расчета ЦП существует формула:

$$\text{ЦП} = \frac{\text{Найденное содержание гемоглобина}}{\text{Найденное количество эритроцитов}} \cdot \frac{\text{Содержание гемоглобина в норме}}{\text{Количество эритроцитов в норме}}$$

Но практически ЦП вычисляют делением показателей концентрации гемоглобина, выраженной в г/л, на число первых трех цифр количества эритроцитов в 1 л крови с последующим умножением полученного частного на 3. Например, найденное содержание гемоглобина в крови равно 152 г/л, определенное количество эритроцитов равно $4,56 \times 10^{12}/\text{л}$, тогда ЦП равен $(152:456) \times 3 = 1.00$ (нормохромия).

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте ЦП исследуемой крови, пользуясь данными работ 3.3 и 3.4.
2. Оцените полученный результат (нормо-, гипо- или гиперхромия).

ПРОТОКОЛ

1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови равно _____ г/л.
Количество эритроцитов в исследуемой крови равно _____ $\times 10^{12}/л.$
ЦП = (_____ : _____) $\times 3 =$ _____

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

Работа 3.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРВИЧНОГО ГЕМОСТАЗА

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

1) *микроциркуляторный*, сосудисто-тромбоцитарный, или первичный механизм гемостаза, так как с него начинаются все реакции гемостаза в капиллярах, венозных и артериальных сосудах до 200 мкм в диаметре. Непосредственно участвуют в этом процессе тромбоциты и сосудистый эндотелий, реакции между которыми проходят в микроциркуляторном русле. Нарушения такого механизма клинически обуславливают почти 80 % кровотечений и 95 % случаев тромбообразования;

2) *макроциркуляторный*, гемокоагуляционный, вторичный. Как правило, начинается на основе первичного и следует за ним. Его реализует система свертывания крови. Благодаря вторичному гемостазу образуется красный кровяной тромб, состоящий, главным образом, из фибрина и форменных элементов. Он обеспечивает окончательную остановку кровотечения из поврежденных макрососудов (более 200 мкм в диаметре) [Иванов Е. П. Руководство по гемостазиологии. Минск: Беларусь, 1991. С. 8].

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

- спазм сосудов;

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

– ретракция (сокращение и уплотнение) тромбоцитарной пробки.

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

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

Метод основан на том, что дозированное механическое воздействие (давление) на капилляры кожи у здорового человека не вызывает каких-либо существенных изменений. При нарушении же нормального состояния стенки капилляров появляется повышенная ломкость сосудов, и после механического воздействия на месте давления и застоя венозной крови возникают многочисленные петехии (точечные кровоизлияния) или кровоподтек, свидетельствующие о нарушении сосудистого компонента гемостаза.

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

Ход работы. Исследование проводят на предплечье. Отступите 1,5–2,0 см от локтевой ямки и очертите круг 2,5 см в диаметре. Тщательно осмотрите кожу в круге: имеются ли появились ли в этом круге петехии и сколько их. На плечо наложите манжетку тонометра и создайте в ней давление в 80 мм рт. ст. Давление поддерживайте строго на одном уровне в течение 5 мин, подкачивая воздух по мере необходимости. Следите, чтобы рука обследуемого лежала свободно и была максимально расслаблена во время проведения теста. Через 10–15 мин после проведения теста в очерченной области подсчитайте все появившиеся петехии с учетом уже имевшихся. При подсчете петехий обращайте внимание не только на их число, но и на размер. У здоровых людей петехии не образуются или их число не более 10 в круге, а размеры не более 1 мм в диаметре (отрицательная проба жгута). Увеличение числа петехий более 10, размеров петехий более 1 мм в диаметре или наличие кровоподтека (положительная проба жгута) свидетельствуют: о неполноценности стенок микрососудов в результате эндокринных изменений (менструальный период), инфекционно-токсических воздействий (сепсис и др.), С-гиповитаминоза, нарушения выработки фактора Виллебранда и др.; или о наличии тромбоцитопений всех видов и тромбоцитопатий, а также действия некоторых других факторов.

ПРОТОКОЛ

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

Б. Время кровотечения по Дюке (оценка состояния сосудов после взаимодействия между тромбоцитами и сосудистой стенкой) — демонстрация.

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

Материалы и оборудование: секундомер, стерильная фильтровальная бумага, скарификаторы в стерилизаторах, вата, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 3 %-ный раствор хлорамина.

Ход работы. Делают прокол мякоти 4-го пальца на глубину 3 мм. При соблюдении этого условия кровь выделяется самопроизвольно без нажима. После прокола включите секундомер. К первой же выступившей капле прикасаются полоской стерильной фильтровальной бумаги, которая впитывает кровь. Далее стерильной фильтровальной бумагой снимают вновь выступившую каплю крови каждые 30 с. Постепенно капли становятся все меньше. Продолжают эту манипуляцию до тех пор, пока на фильтровальной бумаге не перестанут оставаться следы крови. У здоровых людей длительность кровотечения, определяемая по методу Дюке, составляет 2–4 мин.

При проведении работы обязательно соблюдают следующие условия:

- прокол должен быть достаточно глубоким, не менее 3 мм;
- недопустимо поспешное снятие капель крови (интервал 30 с) и прикосновение фильтровальной бумаги к коже (так как это способствует преждевременной остановке кровотечения).

Указания к оформлению протокола:

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

ПРОТОКОЛ

1. Длительность кровотечения составляет _____ мин. _____ сек.
2. Вывод: длительность кровотечения _____
(норма, увеличена, укорочена)

числе нейтрофилов и лимфоцитов); цветовой показатель; СОЭ), их диагностическое значение.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Количество каких форменных элементов (эритроцитов или лейкоцитов) поддерживается в крови на более постоянном уровне и почему?
2. Почему определение содержания гемоглобина в крови является обязательным при проведении общего анализа крови?
3. Какие показатели крови, определяемые при общем анализе крови, характеризуют дыхательную функцию крови?
4. Что такое лейкоцитарная формула? Нормальные показатели лейкоцитарной формулы взрослого здорового человека.
5. Что такое «сдвиг лейкоцитарной формулы влево»? Когда он наблюдается и почему?
6. Что такое физиологический лейкоцитоз? Какие состояния вызывают физиологический лейкоцитоз?
7. Что такое реактивный лейкоцитоз? Возможные причины его возникновения.
8. Какие показатели являются обязательными для определения при проведении общего анализа крови? Какова их величина и физиологическое значение у взрослого здорового человека?
9. Сделайте заключение по анализу крови женщины 20 лет: эритроциты — $5 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 160 г/л; цветовой показатель рассчитайте; лейкоциты — $11 \times 10^9/л$ (базофилы — 1 %; эозинофилы — 1 %; палочкоядерные нейтрофилы — 10 %; сегментоядерные нейтрофилы — 58 %; лимфоциты — 20 %; моноциты — 10 %); СОЭ — 30 мм/час.
10. Сделайте заключение по анализу крови мужчины 35 лет: эритроциты — $4,2 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 100 г/л; цветовой показатель рассчитайте; лейкоциты — $4 \times 10^9/л$ (базофилы — 1 %; эозинофилы — 5 %; палочкоядерные нейтрофилы — 1 %; сегментоядерные нейтрофилы — 64 %; лимфоциты — 20 %; моноциты — 9 %); СОЭ — 5 мм/час.
11. Сделайте заключение по анализу крови женщины 40 лет: эритроциты — $2,9 \times 10^{12}/л$; гемоглобин — 90 г/л; цветовой показатель — рассчитайте; лейкоциты — $5 \times 10^9/л$; тромбоциты — $80 \times 10^9/л$; СОЭ — 10 мм/час.
12. По каким клеткам периферической крови и почему можно судить о состоянии эритропоэтической, лейкопоэтической функции костного мозга?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 217–224, 235–238.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 78–85, 200–209, 212–223.

Дополнительная

1. *Лейкоциты* / под ред. А. Дж. Шиффман ; пер. с англ. // Патологическая физиология крови. М.–СПб.: Бином–Невский диалект, 2000. 448 с.; гл. 4. С. 123–149.
2. *Кровь и инфекция* / Г. И. Козинец [и др.]. М.: Триада-форм, 2001. 456 с.; гл. 1. С. 13–70; гл. 3. С. 110–163; гл. 5, 6, 7, 8, 9, 10. С. 174–331; гл. 15. С. 396–404.
3. *Физиологическая и клиническая оценка некоторых показателей общего анализа крови, получаемого с помощью современных гематологических анализаторов* / А. И. Кубарко [и др.]. Минск: МГМИ, 1997. 21 с.
4. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 414–452.
5. *Лященко, А. А.* К вопросу о систематизации цитокинов / А. А. Лященко, В. Ю. Уваров // *Успехи современной биологии*. 2001. Т. 121, № 6. С. 589–603.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 4.1. ПОДСЧЕТ ЛЕЙКОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)

Содержание лейкоцитов в крови составляет в норме независимо от пола $(4-9) \times 10^9/\text{л}$.

Материалы и оборудование: смеситель для лейкоцитов, счетная камера, 5 %-ный раствор уксусной кислоты, скарификаторы в стерилизаторах, вата, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 3 %-ный раствор хлорамина.

Для подсчета лейкоцитов кровь разбавляют в специальных смесителях (меланжерах). В смеситель для лейкоцитов набирают кровь до метки 0,5, затем 5 %-ный раствор уксусной кислоты, подкрашенной метиленовой синькой, до метки 11 (20-кратное разведение крови). Уксусная кислота гемолизует плазматические мембраны всех форменных элементов, а метиленовая синька окрашивает ядра лейкоцитов. Встряхивают смеситель 1–2 мин. Заполняют камеру из ампулы смесителя. Подсчитывают лейкоциты при малом увеличении в 25 больших квадратах.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте смеситель для лейкоцитов.
2. Подсчитайте суммарное число лейкоцитов в 25 больших квадратах.
3. Рассчитайте по формуле число лейкоцитов в 1 л крови.
4. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ	
1. Рис. Смеситель для лейкоцитов	2. Число лейкоцитов (Л) в 25 больших квадратах равно _____ клеток.
	3. Число лейкоцитов (X) в 1 л крови рассчитывается по формуле: $X = \frac{Л \cdot 4000 \cdot 20}{400} \cdot 10^6 = Л \cdot 2 \cdot 10^8 / \text{л}$ $X = \text{_____} \cdot 10^9 / \text{л}.$
	4. Вывод: _____.

Работа 4.2. ПОДСЧЕТ ПРОЦЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФОРМ ЛЕЙКОЦИТОВ В МАЗКЕ КРОВИ (ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА)

Ход работы. Руководствуясь показателями: размер клеток, форма ядра, характер окраски ядра и цитоплазмы, наличие или отсутствие гранул в цитоплазме и их окраска, подсчитайте соотношение различных форм лейкоцитов (на 100 клеток) в окрашенном мазке крови по его фотографии, представленной на экране монитора.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные по подсчету различных форм лейкоцитов в таблицу.
2. Внесите данные по % лейкоцитов малого размера (W-SCR; % лимфоцитов) и большого размера (W-LCR; % других лейкоцитов) в таблицу.
3. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой

ПРОТОКОЛ						
Содержание различных видов лейкоцитов в крови взрослого человека						
Показатели	Общее число лейкоцитов	Базофилы	Эозинофилы	Нейтрофилы	Моноциты	Лимфоциты
В 1 мкл	4000–9000	0–90	40–350	2000–5800	80–600	1200–3500
В %	100	0–1	1–5	46–76	2–9	18–40
В мазке крови	100					

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

Работа 4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЭ ПО МЕТОДУ ПАНЧЕНКОВА (демонстрация)

Эритроцитам присуще свойство оседаться на дне сосуда при сохранении крови в несвертывающемся состоянии. Это обусловлено тем, что удельный вес эритроцитов (1,096 г/мл) выше, чем плазмы (1,027 г/мл). Вначале оседают не связанные между собой эритроциты, затем наступает их агрегация, и скорость оседания возрастает. В норме у здоровых людей СОЭ составляет: у мужчин — 1–10 мм/час; у женщин — 2–15 мм/час. Выраженных возрастных различий в СОЭ не обнаружено.

К основным факторам, влияющим на СОЭ, относят: количественное соотношение различных видов белков плазмы крови; количество, форму и размеры эритроцитов; содержание желчных пигментов и др. Повышение содержания альбуминов и желчных пигментов, а также увеличение количества эритроцитов в крови вызывает уменьшение СОЭ. Снижение содержания альбуминов и/или увеличение содержания глобулинов и фибриногена в плазме, а также уменьшение количества эритроцитов сопровождается увеличением СОЭ.

В физиологических условиях повышенная СОЭ наблюдается: у женщин по сравнению с мужчинами (главным образом из-за более низкого количества эритроцитов в крови); во время беременности, при сухоедении и голода-

нии, после вакцинации (вследствие увеличения содержания глобулинов и фибриногена в плазме). Замедление СОЭ может наблюдаться при сгущении крови вследствие усиленного испарения пота (например, при действии высокой внешней температуры) или повышенного образования и содержания эритроцитов в крови (например, у жителей высокогорья или у альпинистов).

Изменением СОЭ сопровождаются многие заболевания. Так, при большинстве инфекционных, воспалительных и аутоиммунных заболеваний (вследствие гиперглобулинемии и/или гиперфибриногенемии), болезнях почек с нефротическим синдромом (из-за потери альбуминов с мочой и развития гипоальбуминемии), злокачественных опухолях и гемобластозах (по причине увеличения содержания в крови крупномолекулярных белков и/или угнетения эритропоэза и развития анемии), эндокринных заболеваниях (тиреотоксикозе и сахарном диабете) и анемиях различного генеза отмечается повышение СОЭ. Уменьшение СОЭ, вплоть до полного прекращения оседания, бывает при эритремии. Таким образом, изменения СОЭ наблюдаются часто и при многих заболеваниях (как неспецифический признак изменения физико-химических свойств и состава крови при развитии болезни). Поэтому определение СОЭ является обязательным при проведении общего анализа крови.

Материалы и оборудование: прибор Панченкова, часовое стекло, скарификаторы в стерилизаторах, резиновые перчатки, маски, вата, спирт, йод, 3 %-ный раствор хлорамина, 5 %-ный раствор лимонно-кислого натрия.

Ход работы. Для определения СОЭ используют прибор Панченкова. Пипетку (капилляр) прибора промывают 5 %-ным раствором лимонно-кислого натрия. Взятую для исследования кровь тщательно перемешивают с лимоннокислым натрием на часовом стекле. Смесь набирают в пипетку до метки О. Пипетку помещают в штатив на 1 ч строго вертикально. Учет результатов ведут по высоте верхнего столбика плазмы в капилляре (в миллиметрах).

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

Указания к оформлению протокола:

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

ПРОТОКОЛ

1. СОЭ исследуемой крови = _____ мм/ч.
- 2.1) в норме СОЭ: у мужчин _____ мм/ч; у женщин _____ мм/ч;
- 2.2) при определении СОЭ кровь смешивают с 5%-ным раствором лимонно-кислого натрия с целью _____.
3. Вывод: _____

Работа 4.4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Общий клинический анализ крови — одно из самых распространенных лабораторных исследований, которое включает определение следующих основных показателей (Смирнова Л.А., Баркар Н.Д. Клиническая трактовка общего анализа крови. Минск, 1996. 18 с.):

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

К дополнительным исследованиям относят: определение количества тромбоцитов в 1 л крови, подсчет процентного содержания ретикулоцитов и некоторые другие показатели. Современные гематологические анализаторы позволяют дополнительно определять: гематокрит; объёмы эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов; содержание гемоглобина в эритроците и др.

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

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу показателей общего анализа крови по результатам работ 3.3, 3.4, 3.5, 4.2, 4.3.
2. Сделайте вывод о соответствии полученных результатов норме.

ПРОТОКОЛ

Показатель	Норма	Полученный результат
1. Эритроциты	$(3,9-5,1) \times 10^{12}/л$ у муж. $(3,7-4,9) \times 10^{12}/л$ у жен.	
2. Гемоглобин	130–170 г/л у муж. 120–150 г/л у жен.	
3. Цвет. показатель	0,8–1,05	
4. СОЭ	1–10 мм/ч у муж. 2–15 мм/ч у жен.	
5. Лейкоциты	$(4-9) \times 10^9/л$	
6. Лейкоц. формула	100 клеток (или 100 %)	
6.1. Базофилы	0–1 %	
6.2. Эозинофилы	1–5 %	
6.3. Нейтрофилы:		
миелоциты	0 %	
юные	0–1 %	
палочкоядерные	1–5 %	
сегментоядерные	46–68 %	
6.4. Моноциты	2–9 %	
6.5. Лимфоциты	18–40 %	

Дополнительные показатели:

Индекс сдвига*	0,05–0,1	
Ретикулоциты	0,5–1,2 %	
Тромбоциты	$(150-450) \times 10^9/л$	

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

Вывод:

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 5. Группы крови. Система АВО; Резус (Rh).

Физиологическое обоснование подбора донорской крови.

Подведение итогов по разделу «Физиология крови»

Цели:

– изучить антигенные различия крови человека, лежащие в основе ее классификации на группы, и понять практическую значимость определения группы крови;

– изучить причины развития и механизмы несовместимости крови;

- ознакомиться с мерами профилактики инфицирования реципиента при переливании донорской крови или ее препаратов;
- подвести итоги усвоения студентами знаний по разделу «Физиология крови. Понятие о сигнальных механизмах регуляции»;
- оценить уровень знаний студентов по пройденному материалу.

Задачи:

- ознакомиться с основными методами определения групп крови в системах АВО и Rh;
- получить представление о принципах подбора донорской крови, препаратах крови и кровезамещающих растворах;
- осуществить комплексную (по данным письменного, устного, компьютерного контроля) оценку знаний студентов по пройденному материалу и по его результатам выставить соответствующие оценки.

Основные вопросы:

1. Группы крови. Системы АВО, резус, HLA, их характеристика. Реакции групповой несовместимости крови.
2. Основные принципы подбора донорской крови. Факторы риска для реципиента, меры профилактики инфицирования реципиента при переливании донорской крови или ее препаратов.
3. Донорская кровь и ее препараты. Кровезамещающие растворы, требования, предъявляемые к ним.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Объясните, агглютинины или агглютиногены определяют при исследовании групповой принадлежности крови в системе АВО с помощью стандартных сывороток; стандартных эритроцитов; моноклональных антител.
2. По результатам смешивания исследуемой крови со стандартными сыворотками определите группу крови:
 стандартные сыворотки: 1 2 3
 наличие агглютинации: есть есть есть.
3. В чем важнейшие отличия системы АВО от системы резус-фактора?
4. Что такое резус-конфликт? Перечислите возможные случаи его возникновения.
5. Какие пробы на групповую совместимость крови вам известны, как и зачем они проводятся перед переливанием крови?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Доп. информация к занятию (С. 42–51 практикума)
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 33–37, 61–63, 180–187, 206–238.

3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 56–85, 130–143, 200–235.
4. *Сборник нормативных документов по проблеме ВИЧ/СПИД*. Минск, 1999. 132 с. Приказ № 351 от 16.12.1998 г. Приложение № 8 «Инструкция о профилактике внутрибольничного заражения ВИЧ-инфекцией и предупреждению профессионального заражения медработников». С. 31–35.

Дополнительная

1. *Фаллер, Д. М. Шилдс* Молекулярная биология клетки : рук. для врачей ; пер. с англ. / Д. М. Фаллер Шилдс. М.: Бином-Пресс, 2003. 272 с.
2. *Кровь и инфекция* / Г. И. Козинец [и др.]. М.: Триада-форм, 2001. 456 с.
3. *Патофизиология крови* / под ред. А. Дж. Шиффман ; пер. с англ. М.–СПб.: Бином–Невский диалект, 2000. 448 с.
4. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 414–454.
5. *Новак, В. Л.* Гемотранфузионная терапия: прошлое и настоящее / В. Л. Новак, П. В. Гриза, В. В. Орлик // Мед. новости. 2003. № 7. С. 16–19.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМЕ АВО ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ СЫВОРОТОК (демонстрация)

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

Материалы и оборудование: стандартные сыворотки 0 $\alpha\beta$ (I), A β (II), B α (III) и АВО (IV) групп двух различных серий; пипетки к ним; фарфоровая тарелка; цветной карандаш по стеклу; предметные стекла; изотонический (0,9 %-ный) раствор хлорида натрия (NaCl); скарификаторы в стерилизаторах; вата; спирт; йод; резиновые перчатки; маски; 3 %-ный раствор хлорамина.

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

Определение проводят на поверхности чисто вымытой сухой белой тарелки или на специальных планшетах. Внутреннюю поверхность тарелки делят цветным карандашом на 4 квадрата и в направлении по часовой стрелке их обозначают: 0 $\alpha\beta$ (I), A β (II), B α (III). В соответствующий квадрат тарелки вносят пипетками 0,1 мл (1 большая капля) каждой стандартной сыворотки двух серий. Пипетку, которой берут сыворотку из ампулы, после того, как из нее выпущена сыворотка, опускают в ту же ампулу, из которой она взята. Кровь для исследования берут из пальца, соблюдая все необходимые

правила. Первую каплю крови снимают марлевым шариком, а последующие капли — разными уголками стерильного предметного стекла. Затем последовательно вносят капли крови в капли сыворотки разными уголками предметного стекла и тщательно их перемешивают. Капля вносимой крови должна быть в 5–10 раз меньше капли сыворотки. Полученную смесь дополнительно перемешивают покачиванием тарелки, и наблюдают за ходом реакции в течение не менее 5 мин. Обычно реакция агглютинации начинается в течение первых 10–30 с, однако имеются случаи более поздней агглютинации, например, с эритроцитами группы $A_2\beta$ (II). По мере наступления агглютинации, но не ранее чем через 3 мин, в капли, в которых наступила агглютинация, добавляют по 1 капле изотонического раствора NaCl и продолжают наблюдение при покачивании тарелки еще в течение 5 мин, после чего окончательно оценивают результат.

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

Возможны четыре различных комбинации реакций:

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

2) агглютинины стандартных сывороток групп $0\alpha\beta$ (I) и $B\alpha$ (III) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $A\beta$ (II) — отрицательную. Исследуемая кровь принадлежит к группе $A\beta$ (II);

3) агглютинины стандартных сывороток групп $0\alpha\beta$ (I) и $A\beta$ (II) вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $B\alpha$ (III) — отрицательную. Исследуемая кровь принадлежит к группе $B\alpha$ (III);

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

специфической агглютинации. В этом случае исследование следует повторить с отмытыми эритроцитами.

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

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

Отсутствие агглютинации может быть обусловлено следующими причинами: 1) замедлением этой реакции при высокой температуре окружающей среды $> 25^{\circ}\text{C}$ (помните, что определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25°C); 2) добавлением к стандартным сывороткам избыточного количества исследуемой крови, что ведет к снижению в них титра агглютининов (помните, что капля вносимой крови должна быть в $5-10$ раз меньше капли сыворотки); 3) слабой активностью стандартной сыворотки или низкой агглютинабельностью эритроцитов.

Выявление ложной агглютинации при ее фактическом отсутствии может быть обусловлено подсыханием капли сыворотки и образованием «монетных» столбиков эритроцитов или проявлением холодовой агглютинации при понижении температуры $< 15^{\circ}\text{C}$. Добавление капли изотонического раствора хлорида натрия к исследуемой смеси сыворотки и крови и проведение исследования при температуре выше 15°C позволяют избежать указанных ошибок.

Примечание. При получении сомнительного или нечеткого результата при первом определении группы крови проводят повторное исследование групповой принадлежности той же крови со стандартными сыворотками других серий. Если результаты остаются неясными, то следует определить группу крови перекрестным способом при помощи стандартных сывороток и стандартных эритроцитов или с помощью моноклональных антител (см. дополнение).

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицы 5 и 6. В таблице 5 укажите, какие агглютинины и агглютиногены содержатся в крови $0\alpha\beta$ (I), $A\beta$ (II), $B\alpha$ (III) и ABO (IV) групп. В таблице 6 укажите, в каком случае происходит (+) или не происходит (-) агглютинация.

2. Нарисуйте схему опыта определения группы крови в системе ABO для исследовавшейся на занятии крови.

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

ПРОТОКОЛ

Таблица 5

Таблица 6

Группы крови	Агглютинины сыворотки	Агглютиногены эритроцитов	Группы крови	Группы стандартных сывороток			
				$0\alpha\beta$ (I)	$A\beta$ (II)	$B\alpha$ (III)	ABO (IV)
$0\alpha\beta$ (I)			$0\alpha\beta$ (I)				
$A\beta$ (II)			$A\beta$ (II)				
$B\alpha$ (III)			$B\alpha$ (III)				

AB ₀ (IV)			AB ₀ (IV)				
<p>2. Рис. Схема опыта определения группы крови в системе АВО</p>			<p>3. Вывод: исследованная кровь относится к _____ группе в системе АВО, т. к. ее эритроциты _____ (содержат/не содержат) агглютиногены _____ (А, В)</p>				

Работа 5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУС-ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КРОВИ (демонстрация)

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

Материалы и оборудование: универсальный реагент антирезус для экспресс-метода; пипетка к нему; пробирка; 0,9 %-ный раствор NaCl; скарификаторы в стерилизаторах, вата, спирт, йод, резиновые перчатки, маски, 3 %-ный раствор хлорамина.

Ход работы. На дно пробирки помещают 1 каплю универсального реагента антирезус и 1 каплю исследуемой крови (или эритроцитов). Содержимое пробирки перемешивают встряхиванием; затем медленно поворачивают пробирку, наклоняя ее почти до горизонтального положения таким образом, чтобы содержимое растекалось по стенкам. Такое растекание крови по стенкам пробирки делает реакцию более выраженной. Как правило, агглюцинация наступает в течение 1-й мин, но для образования устойчивого комплекса «антиген-антитело» и четко выраженной агглюцинации, а также ввиду возможности замедленной реакции при слабо выраженной агглютинабельности эритроцитов, контакт эритроцитов с реагентом следует проводить, вращая пробирку в горизонтальном положении не менее 3 мин, чтобы смесь растеклась по стенкам пробирки. Затем для исключения неспецифической агглютинации эритроцитов в пробирку добавляют 2–3 мл изотонического раствора NaCl и перемешивают, не взбалтывая, путем 2–3-кратного перевертывания пробирки. Оценку результатов проводят визуально.

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

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

Результат засчитывается как истинный после проверки контрольных образцов, т. е. при положительном результате со стандартными резус-положительными эритроцитами и отсутствии агглютинации со стандартными резус-отрицательными эритроцитами, одногруппными с исследуемой кровью по системе АВО.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте схему опыта определения резус-принадлежности исследуемой крови.
2. По результатам опыта сделайте вывод о резус-принадлежности исследовавшейся крови (Rh^+ или Rh^-).

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОД КОНТРОЛЕМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

МОНОКЛОНАЛЬНЫЕ АНТИТЕЛА: ПРИМЕНЕНИЕ В СЕРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУПП КРОВИ

Для определения групп крови используются АВО-типизирующие реагенты, приготовленные из сывороток человека или животных, которые содержат антитела к агглютиногенам эритроцитов. Эти антитела являются продуктом поликлонального иммунного ответа, т. е. они происходят из различ-

ных клонов антителобразующих клеток и представляют собой набор иммуноглобулинов различных классов.

В настоящее время получение АВО-типизирующих реагентов для определения групп крови производится из донорской крови и является дорогостоящим и трудоемким процессом, т. к. для этого требуется в масштабе страны тысячи литров донорской крови. Кроме того, титр природных антител в крови человека обычно низок, поэтому часто полученные сыворотки обладают низкой активностью, в связи с чем приходится использовать сыворотки, полученные от специально иммунизированных людей.

Положение принципиально изменилось после создания новой технологии получения антител, основанной на слиянии злокачественной миеломной клетки с антителообразующим лимфоцитом мыши. В результате слияния образуется гибридная клетка (гибридома), наследующая основные свойства своих родителей: бессмертность и способность к непрерывному росту от опухолевой клетки и способность к продукции антител от В-лимфоцита.

Антитела, секретируемые клетками-потомками таких гибридов, моноклональны, т. е. происходят из одного клона клеток, принадлежат к одному классу иммуноглобулинов, направлены против одного антигена, стандартны и могут быть получены в любых количествах.

Гибридомная технология позволяет отбирать лучшие клеточные линии и клоны, наиболее активно продуцирующие высокоактивные антитела нужной специфичности. Гибридомы мышиноного происхождения способны к росту как в культуре, так и в организме мыши в виде асцитной опухоли, продуцируя антитела в очень высоких концентрациях до нескольких десятков граммов на литр.

Для получения АВО-реагентов достаточно делать смыв культуры тканей или забор асцитной жидкости и разведение этих жидкостей, так как титр антител в них очень велик (часто для разведения применяется 0,3 М р-р NaCl). В настоящее время АВО-титрующие моноклональные реагенты выпускаются в промышленных масштабах в Англии, Германии, США, Канаде, России.

С помощью этих реагентов проведены миллионы определений групп крови у доноров и больных. Неизменно обнаруживалась высокая активность моноклональных реагентов, их стандартность, надежность выявления соответствующих антигенов, отсутствие ложноположительных реакций, что, в первую очередь, связано с отсутствием антител другой специфичности.

Моноклональные реагенты не являются продуктами клеток человека и поэтому в них исключено содержание вирусов гепатита и СПИДа.

Для определения группы крови необходимо два вида моноклональных реагентов анти-А и анти-В, которые продуцируются двумя различными гибридами и содержат соответственно α - и β -агглютинины.

Техника определения групп крови человека системы АВО

Определение групп крови системы АВО моноклональными реагентами производится обычными методами выявления антигенов эритроцитов. Принимая во внимание высокую активность и avidность (скорость реагирования) реагентов, а также их полную стандартность, для определения групп крови достаточно применять по одной серии анти-А и анти-В реагентов.

На фарфоровую тарелку наносят по одной большой капле реагентов анти-А и анти-В под соответствующими надписями: анти-А и анти-В. Рядом с каплями реагентов помещают по маленькой капле исследуемой крови (соотношение 10:1). Реагент тщательно перемешивают с кровью стеклянными палочками или разными углами предметного стекла. Наблюдение за ходом реакции агглютинации проводят при легком покачивании тарелки в течение 1–2,5 мин.

При положительной реакции агглютинаты видны невооруженным глазом в виде мелких красных хлопьев, быстро сливающихся и образующих крупные хлопья вплоть до одного большого агглютината. При отрицательной реакции капля остается равномерно окрашенной в красный цвет, агглютинаты в ней не обнаруживаются. Агглютинация с моноклональными реагентами обычно наступает в течение первых 3–5 сек. Но наблюдение следует вести 2,5 мин ввиду возможности более позднего наступления агглютинации с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов А и В. Оценка результатов реакции агглютинации представлена в таблице 7.

Таблица 7

Группа крови	Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональными реагентами	
	анти-А	анти-В
0 (I)	–	–
A (II)	+	–
B (III)	–	+
AB (IV)	+	+

Контроль неспецифической реакции эритроцитов

Моноклональные реагенты для определения групп крови приготовлены на солевом растворе NaCl, который препятствует агглютинации эритроцитов. Однако для исключения аутоагглютинации, которая может наблюдаться у некоторых больных (миеломная и ожоговая болезнь) в случае положительной реакции агглютинации с анти-А и анти-В реагентами, т. е. установления группы крови АВ(IV), необходимо провести дополнительное исследование данной крови с изотоническим раствором NaCl. Для этого смешивают большую каплю изотонического раствора NaCl с маленькой каплей (10:1) исследуемой крови. При отсутствии агглютинации кровь принадлежит к группе АВ(IV). При наличии спонтанной агглютинации рекомендуется повторить определение группы крови, используя отмытые эритроциты данного образца крови.

АНТИГЕНЫ ЛЕЙКОЦИТОВ И ТРОМБОЦИТОВ

1. В лейкоцитах также имеются агглютиногены системы АВО, идентичные эритроцитарным. Они обладают иммуногенными свойствами.

2. Кроме того, лейкоциты имеют особые, присущие им антигены, которые могут иммунизировать реципиента, что может приводить к развитию посттрансфузионных реакций при переливании совместимой по антигенам эритроцитов крови. Образуются антитела к лейкоцитарным антигенам лишь после нескольких переливаний крови или однократном переливании большого количества крови.

3. Беременные женщины могут иммунизироваться антигенами лейкоцитов плода, при этом образующиеся антитела проходят через плаценту и могут вызывать агглютинацию лейкоцитов плода. Следовательно, у человека имеются антигенные внутривидовые различия не только эритроцитов, но и лейкоцитов.

4. Антигены лейкоцитов и других клеток впервые были найдены около 40 лет назад при исследовании проблемы пересадки костного мозга (лучевая болезнь), а потом и других органов. Была обнаружена иммунологическая несовместимость клеток, тканей, органов реципиента и донора. Антигены лейкоцитов называли антигенами гистосовместимости.

5. Главный комплекс гистосовместимости человека — система HLA (Human Leukocyte Antigens) — 148 антигенов, из них может быть составлено >300 млн различных комбинаций. Вероятность полного совпадения этих антигенов у донора и реципиента очень мала.

6. Антигены HLA — гликопротеины. По морфофункциональным особенностям антигены HLA делят:

а) на антигены I класса HLA-A, B, C находятся на мембране почти всех ядросодержащих клеток человека. Их нет на нейронах, фибробластах. Имеются подгруппы HLA, HLA-Aw, HLA-B, HLA-Bw, HLA-Cw. Это сильные антигены, вызывающие образование сильных антител против них при пересадке тканей;

б) на антигены II класса HLA-D (DR, DQ, DP, DO, DN) распространены не так широко, как антигены I класса. Имеются на клеточной мембране В-лимфоцитов, макрофагов, активированных Т-лимфоцитов, а также в сосудах на клетках эндотелия, в вилочковой железе на эпителиальных клетках, в коже. Их нет на зрелых эритроцитах (есть на предшественниках) и на гранулоцитах. Имеются также подгруппы. Вызывают сильный иммунный ответ: HLA-D вызывают клеточный иммунный ответ, HLA-DR вызывает антителообразование.

7. Биологические функции системы HLA. Она играет огромную роль в проявлении защитных механизмов организма человека. У лиц с ослаблением или отсутствием антигенов HLA-A, B, C могут наблюдаться тяжелые иммунные заболевания.

Антигены системы HLA:

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

б) играют роль в распознавании чужеродных антигенов;

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

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

8. Практическое значение HLA-типирования:

а) для подбора совместимой донорской крови или препаратов крови.

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

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

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

в) для решения спорного отцовства.

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

г) для изучения генетической предрасположенности к заболеваниям.

Существует связь между возникновением и развитием ряда заболеваний при наличии в генотипе человека того или иного антигена HLA. При отсутствии на мембране лимфоцитов HLA-A, B, C (синдром оголенных лимфоцитов) больные страдают недостаточностью иммунитета и погибают в раннем детстве. Если на Т- и В-лимфоцитах нет антигенов HLA-D или снижена экспрессия антигенов HLA-A, B, C, развивается синдром сочетанного иммунодефицита. При наличии HLA-B₂₇ велика вероятность заболевания анкилозирующим спондилитом. При отсутствии HLA-11 может развиваться лейкоз. При болезни Аддисона (атрофия надпочечников) антиген HLA-8 встречается у 80 % больных, при хроническом гепатите — у 40–50 % больных, у здоровых — в 16 % случаев.

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

КРОВЕЗАМЕЩАЮЩИЕ РАСТВОРЫ

Кровезамещающие растворы — препараты, которые могут при внутривенном их введении в организм больного в определенной мере заместить одну или несколько функций крови. Они применяются для трансфузионной терапии различных патологических состояний.

Классификация кровезамещающих растворов

Наиболее рациональной является разработанная в ЦНИИГПК классификация кровезамещающих растворов не по составу входящих в раствор компонентов и источнику получения, а по функциональным свойствам, т. е. по направленности лечебного действия (с учетом основных лечебных функций, которые должны выполнять кровезамещающие растворы).

Исходя из широких показаний к переливанию кровезамещающих растворов, выделяют их основные лечебные функции:

- 1) заполнение кровяного русла, обеспечивающее восстановление и поддержание на нормальном постоянном уровне нарушенного в результате кровопотери или шока АД;
- 2) освобождение организма от токсинов в случае отравления токсическими веществами;
- 3) обеспечение доставки питательных белковых веществ всем органам и тканям организма.

Разработан ряд препаратов, которые способны заменить кровь хотя бы в одной из функций. В соответствии с этим, в первую очередь, выделяют 3 группы кровезамещающих растворов:

– **гемодинамические** (противошоковые): полиглюкин, реополиглюкин, желатиноль, применяемые для лечения кровопотери, шока, при травмах, ожогах, операциях для восстановления гемодинамики, в том числе микроциркуляции, для гемодилюции (**1-я группа**);

– **дезинтоксикационные**, применяемые для лечения интоксикаций различного генеза: гемодез, полидес, а также для лечения отравлений, токсикозов различного происхождения, ожоговой и лучевой болезни, для лечения токсических форм дизентерии, гемолитической болезни новорожденных, заболеваний печени и почек (**2-я группа**);

– препараты для **парентерального** белкового питания: белковые гидролизаты, гидролизат казеина, гидролизин, аминокислоты, аминокровин, смеси аминокислот и др., применяемые для лечения белковой недостаточности, развивающейся при различных тяжелых заболеваниях и в послеоперационном периоде (**3-я группа**).

Современные кровезамещающие растворы направленного действия по своим лечебным свойствам могут заменять плазму крови. При этом эффективность их действия не только не уступает, но часто превышает действие плазмы крови.

Близки к кровезамещающим растворам регуляторы водно-солевого обмена и кислотно-основного состояния; *осмодиуретические* вещества, обладающие дегидратационным действием, а также осуществляющие коррекцию состава крови (растворы многоатомных спиртов: маннитола и сорбитола) (4-я группа).

Существуют кровезаменители — *гемокорректоры* — моделируют дыхательные функции крови, а также служат переносчиками газов крови (5-я группа):

1. Растворы гемоглобина (Россия, США).
2. Эмульсии фторуглеродов (Россия, США, Япония).

Подобные препараты находятся в стадии разработки и испытаний и еще не получили широкого применения в клинике.

В настоящее время разрабатываются растворы, сочетающие различные лечебные свойства крови. Это комплексные *полифункциональные кровезаменители*, обладающие расширенным диапазоном действия (6-я группа): растворы гемодинамического и дезинтоксикационного действия, растворы гемодинамического и гемопоэтического действия, растворы гемодинамического и реологического действия.

На основе полиглюкина и реополиглюкина разработаны полифункциональные кровезаменители: для усиления эритропоэза — полифер; для улучшения реологии крови и усиления диуретического действия — реоглюман.

Основные требования, предъявляемые к кровезамещающим растворам

1. Вязкость, осмолярность и другие физико-химические свойства должны быть близкими к показателям плазмы крови.
2. Кровезамещающие растворы должны полностью выводиться из организма, не повреждая ткани и не нарушая функции органов, или метаболизироваться ферментными системами организма.
3. Кровезамещающие растворы не должны быть анафилактическими, т. е. не должны вызывать сенсibilизацию организма при повторном введении.
4. Кровезамещающие растворы должны быть нетоксичными, непирогенными, выдерживать стерилизацию, быть стойкими при хранении.

Англоязычная терминология, часто используемая в гематологии

1. WBC (white blood cells) — общее число лейкоцитов.
2. RBC (red blood cells) — количество эритроцитов.
3. HGB (hemoglobin) — содержание гемоглобина.
4. HCT (hematocrit) — показатель гематокрита.
5. MCV (mean corpuscular volume) — средний объем эритроцита.
6. MCH (mean corpuscular hemoglobin) — среднее содержание гемоглобина в эритроците.

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

8. PLT (platelets) — количество тромбоцитов.

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

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

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

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

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

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

15. MPV (mean platelet volume) — средний объем тромбоцитов.

ТЕМЫ ЗАНЯТИЙ ПО РАЗДЕЛУ ЗАЧТЕНЫ

_____ **подпись преподавателя**

ОСНОВНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

1. Кровь.

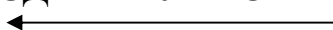
1.1. Количество крови 6–8 % от массы тела.

1.2. Лейкоцитарная формула (% соотношение разных видов лейкоцитов).

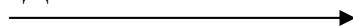
Таблица 8

Гранулоциты			Агранулоциты			
Нейтрофилы			Базофи- лы	Эозино- филы	Лимфоци- ты	Моноци- ты
юные	палочкоядерные	сегментоядерные				
0–1 %	1–5 %	46–68 %	0–1 %	1–5 %	18–40 %	2–9 %

СДВИГ ВЛЕВО



СДВИГ ВПРАВО



1.3. Показатели красной крови у здоровых детей и взрослых.

Таблица 9

Группа	Общее число эритроцитов × 10 ¹² /л	Ретикулоциты, %	Гемоглобин, г/л	Гематокрит, Л/Л	Средн. объем эритроцита, фл	Средн. содержание Нв в эритроците
Новорожденные	5,0–7,0	12–50	192–232	0,57–0,65	101–128	25,4–34,6
1 неделя	4,5–5,4	12–45	187–192	0,5–0,6	95–112	25,4–34,6
1 месяц	3,9–4,8	6–8	145–162	0,4–0,48	90–93	25,4–34,6
6 месяцев	3,7–4,6	6–8	118–130	0,32–0,36	77–79	25,4–34,6
1 год	4,0–5,1	6–8	118–127	0,34–0,38	75–85	25,4–34,6
5 лет	3,9–5,1	0,5–1,2	118–133	0,35–0,39	80–85	25,4–34,6
Взрослые мужчины	3,9–5,1	0,5–1,2	130–170	0,4–0,49	80–100	25,4–34,6
Взрослые женщины	3,7–4,9	0,5–1,2	120–150	0,36–0,42	79–98	25,4–34,6

1.4. Количество тромбоцитов в периферической крови (150–450) × 10⁹/л.

1.5. Минимальная осмотическая устойчивость эритроцитов: 0,46–0,48 %

NaCl.

Максимальная осмотическая устойчивость эритроцитов: 0,32–0,34 %

NaCl.

1.6. Объем плазмы: 51–64 % от всей крови.

1.7. Содержание минеральных веществ в плазме: 0,85–0,95 %.

1.8. Температура замерзания крови ниже нуля на 0,56–0,58°C.

Температура замерзания плазмы крови ниже нуля на 0,54°C.

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

1.10. Онкотическое давление плазмы: 25–30 мм рт. ст.

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

1.12. Содержание белков в плазме: 60–85 г/л.

Содержание альбуминов: 38–50 г/л.

Содержание глобулинов: 20–36 г/л.

Содержание фибриногена: 2–4 г/л.

1.13. Содержание глюкозы в плазме: 3,33–5,55 ммоль/л.

1.14. pH крови: 7,34–7,44.

1.15. Вязкость крови: 4,5–5,0 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.

Вязкость плазмы: 1,8–2,2 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.

1.16. Относительная плотность крови: 1,050–1,062 г/мл.

Относительная плотность плазмы: 1,029–1,032 г/мл.

2. Ликвор.

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

2.2. Суточная продукция ликвора: 500 мл.

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

2.4. pH ликвора: 7,31–7,33.

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

2.6. Содержание белков в ликворе: 0,16–0,24 г/л.

Содержание альбуминов: 0,14–0,18 г/л.

Содержание глобулинов: 0,01–0,06 г/л.

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

2.8. Количество клеток в ликворе: $(1-5) \times 10^6$ /л.

1. Почему нервная, мышечная и железистая ткани объединены под одним общим понятием «возбудимые ткани»?

2. Возбудимость какой ткани определяют при проведении хронаксиметрии у здорового человека и почему именно данной ткани?

3. Объясните, почему возбудимость нервной ткани выше, чем возбудимость мышечной ткани (поперечно-полосатые мышцы), и физиологическое значение этого различия.

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

5. На каком физиологическом явлении основана целесообразность применения электростимуляции мышц при поражении периферических нервных путей?

6. Известно, что содержание ионов K^+ в клетках теплокровных животных в 30–50 раз больше, чем во внеклеточной жидкости, а Na^+ , наоборот, в клетках в 10–12 раз меньше, чем во внеклеточной жидкости. Объясните, за счет каких механизмов поддерживается разность содержания данных ионов во внутри- и внеклеточной жидкостях.

7. Что такое селективная проницаемость мембран клеток? Каковы механизмы формирования данного свойства мембран?

8. Почему нервное волокно, помещенное в бессолевую среду, не возбуждается при раздражении любой силой?

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

10. Чем обусловлены пассивные изменения мембранного потенциала под полюсами постоянного тока при кратковременном и длительном его действии?

11. Как и почему изменится величина потенциала покоя, если увеличить концентрацию ионов калия внутри клетки?

12. В тканевой жидкости, окружающей клетки, повысилась концентрация ионов Na^+ . Как это повлияет на значение потенциала покоя клеток и почему?

13. При ухудшении кровоснабжения миокарда в межклеточной жидкости повышается концентрация ионов калия. Как это повлияет на генерацию потенциала действия в волокнах миокарда?

14. В клинике для местного прогревания тканей используют высокочастотные переменные токи высокого напряжения (диатермия). Почему эти токи проходят через клетки, не вызывая в них возбуждения?

15. Объясните, почему организм тратит большое количество энергии на поддержание разности содержания ионов по обе стороны мембраны.

Демонстрация учебных видеофильмов:

1. Электрические потенциалы в живых тканях.

2. Законы реагирования возбудимых тканей.
3. Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 45–66.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 37–53.
4. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. С. 39–58, 63–64.
5. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 27–51, 58–59.

Дополнительная

1. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. ГЭОТАР-Медиа, 2005. С. 69–77.
2. *Физиология человека* / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. С. 19–44.
3. *Молекулярная биология клетки*. Т. 3. Гл. 13 / Дж. Уотсон [и др.]. М.: Мир, 1987. С. 245–290.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 6.1. Влияние ионов Na^+ и K^+ на мембранный потенциал покоя и потенциал действия

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

Запуск программы: ярлык **NMJ**. Введите имя, подтвердите ОК.

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

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

Полученные потенциалы для последующего сравнения можно копировать на «доску» путем выбора курсором в верхней строке **Clipboard**, затем **Copy to Clipboard**.

Ход работы. Выберите в верхней строке команды **Stimulate, nerve**.

Исходные параметры полученных потенциалов:

мембранный потенциал — -85 mV ;

пик потенциала действия — $+45 \text{ mV}$;

амплитуда потенциала — 130 mV .

Влияние K^+ (Potassium): при нормальной внеклеточной концентрации K^+ (5 mM) регистрируется нормальный потенциал. Рассмотрим влияние

сдвигов концентрации калия. Для изменения концентрации K^+ выберите команды **Ions, Potassium**, затем введите новые значения концентрации. Стимулируйте нерв.

9 mM — гиперкалиемия (гиперкалигистия):

потенциал действия не изменяется;

сдвиг мембранного потенциала в сторону деполяризации (-70 mV), т. е. возбудимость мышцы повышается.

2 mM — гипокалиемия:

потенциал действия не изменяется;

гиперполяризация до -109 mV , т. е. понижение возбудимости мышцы.

Таким образом, концентрация K^+ оказывает значительное влияние прежде всего на потенциал покоя.

Влияние Na^+ (Sodium): 120 mM — нормальная внеклеточная концентрация натрия.

Сдвиги концентрации натрия: например,

160 mM — гипернатриемия:

потенциал покоя не изменяется;

пик потенциала действия достигает $+55\text{ mV}$ (норма $+45\text{ mV}$).

80 mM — гипонатриемия:

потенциал покоя не изменяется;

пик потенциала действия снижается до $+40\text{ mV}$.

Таким образом, концентрация ионов натрия определяет амплитуду фазы деполяризации потенциала действия.

Указания к оформлению протокола:

1. После выполнения работы правильно заполните таблицы 10 и 11.
2. Сделайте выводы, как потенциалы покоя и действия зависят от концентрации Na^+ и K^+ вне клетки, а также от разности концентраций этих ионов внутри и снаружи клетки.

ПРОТОКОЛ		
		<i>Таблица 10</i>
Влияние K^+ на мембранный потенциал		
Концентрация K^+ , mM	Мембранный потенциал, mV	Возбудимость по сравнению с исходной
5 mM (норма)		
9 mM		
2 mM		
		<i>Таблица 11</i>
Влияние Na^+ на потенциал действия		
Концентрация Na^+ , mM	Изменение мембранного потенциала	Пик потенциала действия, mV
120 mM (норма)		
160 mM		
80 mM		
Выводы _____		

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 7. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача

Цели:

- сформировать представление о механизмах передачи информации в организме с помощью электрических импульсов и трансформации одних видов информационных сигналов (электрических) в другие (химические);
- создать основу для понимания механизмов функционирования нервной ткани, механизмов регуляции нервной системой функций организма и, в дальнейшем, механизмов фармакологической коррекции функций при их нарушении путем влияния на различные этапы синаптической передачи.

Задачи:

- изучить механизмы проведения возбуждения по нервным волокнам и через синапс;
- дать наглядное представление о механизмах синаптической передачи на примере нервно-мышечного синапса.

Основные вопросы:

1. Кодирование информации о качестве, силе и локализации действия раздражителя в сенсорных рецепторах. Понятие об особенностях кодирования информации в рецепторах с различной способностью к адаптации. Понятие об аналоговом и дискретном кодировании.
2. Физиологическая роль структурных элементов нервного волокна. Механизмы и законы проведения возбуждения по нервному волокну. Лабильность. Классификация нервных волокон.
3. Классификация синапсов, их физиологическая роль. Структура синапсов.
4. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Возбуждающий синапс, возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП), преобразование его в потенциал действия. Процессы, обеспечивающие восстановление готовности синапса к проведению следующего импульса.
5. Функциональные свойства синапсов.
6. Нервно-мышечный синапс, особенности его строения и свойств.
7. Синаптическая передача сигнала с нервного волокна на мышечное волокно.
8. Возможности направленного фармакологического влияния на процессы передачи сигналов в синапсах.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какими данными нужно располагать, чтобы сделать заключение об уровне лабильности ткани?
2. Как можно нарушить физиологическую целостность нерва?

3. Объясните, почему информация, передаваемая нервной клеткой с помощью нервных импульсов по нервному волокну, доходит до эффектора в неизменном виде независимо от длины аксона.

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

5. Почему при отравлении кураре (яд, блокирующий передачу в нервно-мышечных синапсах) организм погибает от недостатка кислорода?

6. Как изменится передача сигнала в нервно-мышечном синапсе под действием веществ, обладающих антихолинэстеразным действием (физостигмин, прозерин)?

7. Возможно ли проведение сигнала через синапс при отсутствии ионов кальция?

8. Почему синапс является образованием, наиболее подверженным утомлению? В чем заключаются причины снижения лабильности синапса при утомлении?

9. Могут ли в разных синаптических окончаниях одного нейрона выделяться разные медиаторы?

10. Фосфорорганические отравляющие вещества («нервные газы» — зарин, заман и др.) являются необратимыми ингибиторами холинэстеразы. Исходя из этого, объясните механизм их действия на синаптическую передачу.

11. Объясните механизм действия атропина на зрачок, если известно, что атропин является холиноблокатором.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин.*
2. *Физиология человека / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 66–81.*
3. *Основы физиологии человека / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 95–107.*
4. *Физиология человека / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. С. 67–74.*
5. *Физиология человека / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 58–59, 63–71.*

Дополнительная

1. *Орлов, Р. С. Нормальная физиология / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. ГЭОТАР-Медиа, 2005. С. 75–88.*
2. *Физиология человека / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. С. 65–84.*

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 7.1. ДЕМОНСТРАЦИЯ РАЗВИТИЯ ЭФФЕКТА МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ДЕЙСТВИЯ

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

Программа «NERVE» позволяет проследить временную динамику действия местных анестетиков.

Ход работы. Запуск программы: дважды щелкните левой кнопкой мыши на ярлыке «Nerve». Появляется название «Nerve Physiology». Затем, чтобы открыть МЕНЮ (Menu) щелкните на стрелке в правом нижнем углу. В меню выберите 7-й пункт «The effect of procaine» — «Эффект прокаина». Появляется экран, на котором можно просмотреть запись потенциалов действия, вызванных в эксперименте прямой электрической стимуляцией периферического нерва. Последовательное нажатие кнопок с указанием времени в секундах воспроизводит на экране записи потенциалов действия, полученные непосредственно после введения прокаина (0 s), через 1 мин (60 s), 1,5 мин (90 s), 2 мин (120 s), 4 мин (240 s) и 6 мин (360 s).

Указания к оформлению протокола:

1. Проследите, как изменяется амплитуда суммарного потенциала действия нервных волокон, входящих в состав нерва, и скорость развития деполяризации, и опишите наблюдаемые изменения.
2. Сделайте вывод, какое время потребовалось в данном случае для достижения эффекта местной анестезии.

ПРОТОКОЛ

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОД КОНТРОЛЕМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Видеоматериалы по нервно-мышечному синапсу (галерея слайдов)

1. Строение нервно-мышечного синапса.
2. Механизм проведения в нервно-мышечном синапсе, проведение возбуждения по мембране мышечного волокна и сокращение мышцы.

3. Работа кальциевого канала пресинаптической мембраны.
4. Холинорецепторы постсинаптической мембраны.
5. Холинэстераза постсинаптической мембраны.
6. Механизм работы лигандзависимого ионного канала постсинаптической мембраны.

Таблица 12

Пути влияния на синаптическую передачу в нервно-мышечном синапсе

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

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 8. ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ

Цель: сформировать представление о механизмах работы мышц, их тонуса, сокращения; режимах работы и особенностях регуляции.

Задачи:

- изучить строение и свойства скелетных и гладких мышц, дать наглядное представление о механизмах их сокращения и расслабления;
- изучить различия в функционировании скелетных и гладких мышц.

Основные вопросы:

1. Физиологические свойства поперечно-полосатых мышц.
2. Механизмы сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом.
3. Виды и режимы сокращения скелетных мышц. Тонус мышц. Сила и работа скелетных мышц. Утомление мышц.

4. Физиологические свойства и особенности гладких мышц. Тонус гладких мышц.

5. Механизм сокращения и расслабления гладких мышц. Особенности регуляции сокращения (силы, продолжительности, тонуса) гладких мышц.

Вопросы для самостоятельного изучения:

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

2. В волокнах мышц уменьшилось содержание АТФ. Как это скажется на длительности и амплитуде сокращения мышцы?

3. В практической медицине часто возникает необходимость введения в организм 10 %-ного раствора CaCl_2 , который вводят медленно внутривенно. Можно ли этот раствор ввести внутримышечно? Какой физиологический процесс это вызовет, и какими были бы последствия этого введения? Аргументируйте ваш ответ.

4. Объясните, в чем состоит разница между процессами, происходящими в скелетной мышце при поддержании ее тонуса и при сокращении.

5. Как и почему будет изменяться рН саркоплазмы и межклеточной жидкости при совершении мышцами интенсивной работы за короткий период времени?

6. Чем объяснить различие в скорости укорочения и в точности движения различных поперечно-полосатых мышц?

7. Какие факторы могут вызывать сокращение гладкой мышцы: 1, 2, 3; скелетной мышцы — ?

8. Источник(и) ионов кальция для сокращения мышцы:

а) скелетной?

б) гладкой?

9. Основные виды кальциевых каналов плазматической мембраны гладкомышечной клетки (ГМК) (1, 2, 3) и эндоплазматического ретикулума (ЭПР) ГМК (1, 2).

10. Опишите последовательность процессов, приводящих к образованию актомиозиновых мостиков при повышении концентрации кальция в ГМК.

11. Механизм расслабления гладкомышечного волокна.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 82–94.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 146–168.
4. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. С. 74–93.

5. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 71–85, 89–91.

Дополнительная

1. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. ГЭОТАР-Медиа, 2005. С. 94–116.
2. *Фаллер, Д. М. Шилдс* Молекулярная биология клетки : рук. для врачей / Д. М. Фаллер Шилдс ; пер. с англ. М.: Бином-Пресс, 2003. 272 с.; гл. 7. С. 152–175 (Молекулярные двигатели).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 8.1. Динамометрия ручная и становая

Ход работы. Силу правой и левой кисти рук определяют с помощью ручного динамометра. Динамометр держат на вытянутой руке. Измерение повторяют несколько раз и выбирают максимальную величину мышечной силы руки (в кг). Показатель силы руки (ПСР) рассчитывают по формуле:

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

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

Становая динамометрия позволяет оценить силу мышц-разгибателей спины. Определение становой силы также проводят несколько раз и выбирают максимальную величину. Для оценки показателя становой силы (ПСС) используют отношение силы мышц-разгибателей спины к массе испытуемого: ПСС = сила мышц разгибателей спины/масса тела в кг.

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

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите полученные данные в протокол.
2. Оцените силу мышц испытуемого и укажите, от чего она зависит.

ПРОТОКОЛ

Сила мышц левой руки (кг):

Показатель силы левой руки (ед.):

Сила мышц правой руки (кг):

Показатель силы правой руки (ед.):

Становая сила мышц-разгибателей спины (кг):

Показатель становой силы:

Вывод: _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОД КОНТРОЛЕМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ (КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА, МОДЕЛИРУЮЩАЯ СОКРАЩЕНИЕ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ МЫШЦЫ)

Работа 8.2. СОКРАЩЕНИЕ МОТОРНЫХ ЕДИНИЦ И МЫШЦЫ В ЦЕЛОМ

Программа «Muscular» Muscular system

Разделы «Сокращение моторных единиц» (Contraction of Motor Units, 5) и «Сокращение целой мышцы» (Contraction of Whole Muscle, 6).

Сокращение моторных единиц (5)

Страницы указываются в верхней строке рамки экрана (Например, Page 1 of 11). Переход на следующую страницу: стрелка ⇒.

Строки появляются постепенно, одна за другой.

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

Страница 4: Вовлечение

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

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

Страница 6: Мелкие моторные единицы выполняют точные движения

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

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

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

Страница 7: Большие моторные единицы выполняют «большие» движения

Крупные мышцы, выполняющие движения с большой амплитудой и силой, такие как движения бедра, имеют большие моторные единицы, в кото-

рых каждый двигательный нейрон соединен с большим количеством мышечных клеток.

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

Возврат в меню Muscular system: стрелка ↩ в правом нижнем углу рамки экрана.

Сокращение целой мышцы (6)

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

Страница 3: Факторы, влияющие на напряжение мышцы

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

Три фактора, влияющих на силу сокращения:

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

Страница 4: Одиночное мышечное сокращение

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

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра одиночного мышечного сокращения.

Страница 5: Три фазы одиночного мышечного сокращения

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

Страница 6: Временная суммация двух стимулов

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

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

Страница 7: График временной суммации

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

Страница 10: Суммация действия множественных стимулов

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

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

Страница 11: График сокращений мышцы в ответ на множественную стимуляцию

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

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

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

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

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

Полный (гладкий) тетанус. При дальнейшем увеличении частоты стимуляции сокращения сливаются в одно сплошное гладкое длительное сокращение без признаков расслабления и какой-либо цикличности. Значительное повышение внутриклеточной концентрации кальция создает условия для образования поперечных мостиков между актином и миозином.

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

Страница 13: Суммация сокращений моторных единиц

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

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

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

Повторите сокращение с различными параметрами для установления зависимости силы сокращения от количества участвующих моторных единиц.

Страница 16: Зависимость развиваемого напряжения от длины мышцы

Внизу в правой части экрана находятся три кнопки, соответствующие трем вариантам состояния мышцы: А — нерастянутая (*unstretched*), В — умеренно растянутая (*moderately stretched*) и С — сильно растянутая (*over-stretched*).

Щелкните мышкой по кнопке А. Обратите внимание на перекрытие тонких нитей в нерастянутой мышце. Затем стимулируйте мышцу (Stimulator) и наблюдайте сокращение. Оно оказывается слабым вследствие перекрытия тонких нитей и уменьшения возможностей для образования поперечных мостиков. Затем выберите кнопку В. В умеренно растянутой мышце тонкие нити занимают положение возле той части молекулы миозина, где находятся головки с участками связывания с актином; это создает оптимальное перекрытие тонких и толстых нитей, благодаря чему образуется максимальное количество поперечных мостиков. Стимуляция мышцы (Stimulator) дает максимальную амплитуду сокращения и степень развиваемого напряжения, что хорошо видно на графике. Наконец, выберите кнопку С. В перерастянутой мышце тонкие нити почти не перекрываются толстыми. При стимуляции (Stimulator) сокращение оказывается совсем слабым, так как развить напряжение при таком взаимном положении нитей трудно.

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

Страница 17: Резюме

Итак, факторы, влияющие на развиваемое мышцей напряжение:

Частота стимуляции: увеличение частоты вызывает временную суммацию сокращений и увеличение напряжения мышцы.

Количество вовлеченных моторных единиц: стимуляция большего количества моторных единиц вызывает увеличение напряжения мышцы.

Исходная длина мышцы: оптимальная степень растяжения позволяет образовать максимальное число поперечных мостиков и развить максимальное напряжение мышцы.

3. Объединение нейронов в нервные цепи. Виды и функции этих объединений. Детерминированность и изменчивость нейронных цепей. Понятие о проводящих путях и их функциях.

4. Морфологические и функциональные особенности центральных синапсов в сравнении с мионевральными. Нейромедиаторы центральных синапсов. Понятие о нейромедиаторных системах мозга и возможностях целенаправленного воздействия на функции мозга на уровне синапса.

5. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Рефлекторная дуга, ее составные элементы. Виды рефлексов. Многоуровневая организация рефлекса.

6. Представление о структуре и функциях нервных центров и ядер. Функциональная активность нейронов и тонус нервных центров. Свойства нервных центров.

7. Процессы торможения в нервной системе. Формы проявления торможения. Тормозные нейромедиаторы. Механизмы функционирования тормозных синапсов (на примере ГАМКергического тормозного синапса).

8. Взаимодействие процессов возбуждения и торможения на нейроне, в нервном центре, в афферентных и эфферентных нервных путях, как основа функционирования ЦНС. Понятие об интегративной функции нейрона. Современные представления о механизмах центрального торможения.

9. Физиологические принципы и механизмы координационной деятельности нервной системы.

10. Функции нейроглии. Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Особенности барьерной функции ГЭБ в различных отделах мозга и при различных функциональных состояниях мозга.

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

12. Особенности метаболизма мозга и его обеспечение системой мозгового кровообращения. Продолжительность жизни нейронов в условиях аноксии и в других состояниях. Возможности восстановления функций мозга. Время реанимации.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Объясните, почему кодирование информации о силе раздражителя на уровне мембраны рецепторов называется аналоговым? В чем его суть? В каких звеньях нервной цепи имеет место аналоговый принцип кодирования и перекодирования передаваемой информации?

2. Объясните, почему кодирование информации о силе раздражителя в афферентном нервном волокне чувствительной нервной клетки называется дискретным? В чем его суть? Как называется единица информации в дискретном коде и в виде чего она передается по нервному волокну?

3. В чем состоит сходство и различие понятий «нервный центр» и «ядро»? В чем сходство и различие анатомического и физиологического представления о нервном центре?

4. Как и почему изменится функциональная активность (тонус) нервного центра: при блокировании притока к нему афферентных нервных импульсов; гипоксии; действии токсических веществ, угнетающих метаболизм; усилении притока афферентных нервных импульсов. По каким показателям можно объективно оценить состояние функциональной активности нейронов нервного центра?

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

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

7. Может ли нервная цепочка в составе: альфа-мотонейрон–клетка Реншоу–альфа-мотонейрон выполнять функции ячейки памяти?

8. Объясните, можно ли альфа-мотонейрон (гамма-мотонейрон) назвать общим конечным путем? Если да, то для чего?

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

10. Объясните, в чем заключается разница между процессами пре- и постсинаптического торможения.

11. Объясните, в чем заключается сходство и различие между эффектами в нервно-мышечном синапсе при действии антихолинэстеразных веществ (фосфорорганических веществ) и пессимальной частоты раздражения?

12. Приведите примеры и объясните характер влияния обратной связи на функции альфа-мотонейронов в эфферентных двигательных путях.

13. Одинаковый ли характер будут иметь рефлекторные движения, вызванные рефлексом растяжения при нормальной функции клеток Реншоу и при выключении этих клеток? Аргументируйте ваш ответ.

14. При осуществлении рефлекса, вызванного легким ударом молоточка по ахиллову сухожилию, наблюдается подошвенное сгибание стопы. Как реагируют при этом мышцы голени и почему? Опишите дугу этого рефлекса.

15. Почему при отравлении ядами, блокирующими нервно-мышечные синапсы, организм погибает от недостатка кислорода?

16. Какие качественно новые функциональные возможности дает объединение нейронов в нейронные цепи по сравнению с функциональными возможностями отдельных нейронов?

17. В чем смысл понятий «детерминированные» (жесткие) нервные цепи и изменчивые «пластичные» нервные цепи? Приведите примеры, укажите физиологическую роль.

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

19. Почему при изучении рефлексов растяжения мышц кроме оценки их силы необходимо сравнение однотипных рефлексов с правой и левой стороны?

20. Как зависит время рефлекса в моносинаптических и полисинаптических рефлекторных дугах от силы раздражения?

21. Чем объяснить, что при воздействии сильным болевым раздражителем на кожу в рефлекторную ответную реакцию вовлекается не одна мышца, а многие? Опишите морфологическую и физиологическую основы такой рефлекторной реакции.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
1. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 94–104, 107–113.
2. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов в 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 86–116.
2. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 447 с. С. 109–130.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 1 / пер. с англ. ; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 323 с. С. 68–78, 82–92, 93, 98–101.
2. *Общий курс физиологии человека и животных* : учеб. для биол. и мед. спец. вузов. В 2-х кн. Кн. 1 / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под ред. А. Д. Ноздрачева. М.: Высшая шк., 1991. 511 с. С. 78–82, 93–101, 150–154, 166–174.
3. *Физиология человека* : учеб. для вузов / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 88–111.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 9.1. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СУХОЖИЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА (КОЛЕННЫЙ И АХИЛЛОВ РЕФЛЕКСЫ)

Сухожильные рефлексy участвуют в регуляции тонуса мышц и поддержании позы тела. В клинической практике сухожильные рефлексy исследуются с целью определения функционального состояния различных звеньев рефлекторной дуги и топической диагностики некоторых заболеваний ЦНС.

Материалы и оборудование. Для исследования необходим неврологический молоточек.

Ход работы.

А. Коленный рефлекс.

Обследуемый должен сесть на стул и положить ногу на ногу. Нанесите удар молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже колен-

ной чашечки. Пронаблюдайте характер разгибания ноги в коленном суставе. Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

Б. Ахиллов рефлекс.

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

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлексов, их симметричность.
2. Дайте заключение о состоянии рефлекторной реакции.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого коленный и ахиллов рефлексы _____ (выражены, отсутствуют) на _____ (одной или обеих конечностях).
2. Вывод: состояние рефлекторной реакции _____ (в норме, асимметричны, отсутствуют).

Работа 9.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ АХИЛЛОВА РЕФЛЕКСА

Материалы и оборудование. Для работы необходим электромиорефлексометр ЭМР-1.

Ход работы. Наложите обследуемому на поверхность кожи в области икроножной мышцы электроды для регистрации электромиограммы. Время рефлекса определяется от момента нанесения раздражения до появления биоэлектрического компонента ответной двигательной реакции.

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

Проведите измерение времени рефлекса 3 раза. Найдите среднее значение.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите среднее значение времени сухожильного рефлекса.
2. Объясните, почему время сухожильного рефлекса самое короткое по сравнению с другими рефлексами.
3. Нарисуйте схему рефлекторной дуги сухожильного рефлекса и укажите уровни замыкания рефлекторных дуг коленного и ахиллова рефлексов в спинном мозге.

ПРОТОКОЛ

1. Среднее значение времени ахиллова рефлекса равно _____ мсек.
2. Время сухожильного рефлекса самое короткое, так как _____

3. Схема рефлексивной дуги сухожильного (моносинаптического) рефлекса. Уровни замыкания в спинном мозге рефлекторных дуг коленного рефлекса _____, ахиллова рефлекса _____.

Работа 9.3. ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ

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

Во время бодрствования человека в состоянии покоя регистрируется ЭМГ, имеющая характер непрерывных частых осцилляций очень низкой амплитуды (от 5 до 10 мкВ). При слабом сокращении и напряжении мышцы наблюдается повышение электрической активности, достигающее максимума при произвольном сокращении (амплитуда колебаний может достигать 1000–2000 мкВ, частота колебаний — 100 Гц). Электромиографические исследования широко применяются в клинике, физиологии труда и спорта.

Материалы и оборудование. Для работы необходимы: поверхностные (кожные) электроды, электромиограф или электроэнцефалограф, позволяющий регистрировать ЭМГ, набор грузов в диапазоне 0,5–2 кг.

Ход работы. Испытуемому предлагают сесть в кресло, принять удобную позу. Наложите электроды (биполярно) на руку на поверхность кожи в области двухглавой мышцы и присоедините электроды к электромиографу.

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

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

Указания к оформлению протокола:

1. Результат исследования: сравните характер ЭМГ в различных условиях опыта (амплитуда и частота импульсов) визуальным способом. Зарисуйте ЭМГ, записанную в условиях опыта.

2. В выводе сделайте заключение о состоянии активности моторного центра, иннервирующего двухглавую мышцу плеча, в условиях опыта.

ПРОТОКОЛ			
1. Рисунок ЭМГ двухглавой мышцы в разных условиях			
Покой	Сгибание руки	Разгибание руки	При напряжении (удержании груза)
2. Вывод: электрическая активность двухглавой мышцы плеча и активность нервных центров, ее иннервирующих, в условиях опыта (при сгибании руки в локтевом суставе и, особенно, при дополнительном напряжении мышцы для удержания груза) относительно состояния покоя значительно _____ (возрастает или уменьшается), об этом свидетельствует _____ (повышение или понижение амплитуды и частоты волн ЭМГ).			

Работа 9.4. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦИПРОКНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ У ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

Материалы и оборудование. Для работы необходимы: поверхностные (кожные) электроды, электромиограф или электроэнцефалограф, позволяющий регистрировать ЭМГ.

Ход работы. Испытуемому предлагают сесть в кресло, принять удобную позу. Наложите электроды (биполярно) на поверхность кожи руки в области двуглавой и трехглавой мышц и присоедините электроды к электромиографу.

Запишите ЭМГ в различных условиях:

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

Указания к оформлению протокола:

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

ПРОТОКОЛ				
Рисунки ЭМГ в условиях:				
Запись ЭМГ от мышцы	покой	сгибание руки	разгибание руки	синергичное напряжение
Двуглавой				
Трехглавой				
<p>2. Вывод. Активность моторных центров, иннервирующих двуглавую и трехглавую мышцу в условиях покоя _____; при сгибании и разгибании руки в локтевом суставе _____; при синергичном напряжении мышц плеча _____.</p>				

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »
число месяц год

Занятие 10. Роль и функции спинного мозга, Продолговатого и среднего мозга, Мозжечка, Ретикулярной формации

Цели:

- сформировать представление о функциях спинного мозга, продолговатого мозга, среднего мозга, ретикулярной формации, мозжечка;
- изучить участие этих структур в осуществлении сенсорных, моторных, вегетативных, интегративных и проводниковых функций, изучить характер нарушений функций при повреждении каждой из этих структур ЦНС.

Задачи:

- изучить морфофункциональные особенности спинного мозга, продолговатого мозга, среднего мозга, ретикулярной формации и мозжечка, их взаимосвязи;
- изучить особенности сенсорных и двигательных функций у человека в условиях: а) полного или частичного разрушения связей между спинным и головным мозгом (спинальный болевой); б) разрушения связей ствола мозга с промежуточным мозгом, подкорковыми структурами и корой головного мозга (мезенцефальный болевой); в) нарушения функций мозжечка или удаления мозжечка;
- познакомиться с методиками исследования сухожильных рефлексов (надбровного, нижнечелюстного, рефлекса разгибателя верхней конечности, рефлекса сгибателя верхней конечности), тактильной чувствительности, мышечно-суставного чувства, зрачковых рефлексов у человека, исследования состояния функций мозжечка.

Основные вопросы:

1. Морфофункциональная организация спинного мозга. Функции спинного мозга.
2. Тонус и сокращение мышц. Субъективные и объективные методы оценки тонуса мышц. Значение тонуса мышц для поддержания позы и осуществления движений. Спинальные механизмы регуляции мышечного тонуса. Участие спинного мозга в регуляции позы и движений.
3. Основные клинически важные спинальные рефлексы. Последствия повреждений спинного мозга, передних или задних корешков спинного мозга.
4. Продолговатый мозг. Морфофункциональная организация. Функции. Центры регуляции важнейших функций организма. Интеграция вегетативных и соматических функций. Последствия повреждений продолговатого мозга.
5. Средний мозг и мост. Морфофункциональная организация. Функции. Центры регуляции функций организма. Зрачковые и другие рефлексы. Участие в осуществлении движений глаз. Интеграция вегетативных и соматических функций.
6. Нервные центры ствола мозга, их роль в механизмах регуляции мышечного тонуса, позы и движений. Последствия повреждений ствола мозга.

7. Мозжечок. Морфофункциональная организация. Функции. Интеграция сенсорных и моторных функций. Участие мозжечка в механизмах регуляции мышечного тонуса, позы и осуществления движений. Последствия повреждения мозжечка.

8. Ретикулярная формация ствола мозга. Морфофункциональная организация. Функции. Восходящие и нисходящие влияния на функции ЦНС. Участие ретикулярной формации в регуляции двигательных и других функций организма. Последствия повреждений ретикулярной формации.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. После травмы у человека появилось непроизвольное мочеиспускание. На каком уровне в ЦНС предполагается локализация повреждения и каковы причины нарушения функции?

2. У человека в результате травмы произошло одностороннее повреждение спинного мозга. Какие могут быть последствия?

3. В каких сегментах спинного мозга расположены центры рефлексов: коленного, ахиллова, сухожильного рефлекса сгибателя верхней конечности, сухожильного рефлекса разгибателя верхней конечности? К какому роду рефлексов они относятся? Каково время этих рефлексов в сравнении с другими рефлексами?

4. Перечислите, в реализации каких основных функций необходимо участие спинного мозга.

5. Сохранятся ли функции спинного мозга, а если сохранятся, то какие, при его полном разрыве на уровнях: а) между шейным отделом и продолговатым мозгом; б) между шейным и грудным отделами; в) между грудным и поясничным отделами.

6. Существует ли взаимосвязь между числом мышечных веретен в единице массы мышечной ткани и функцией мышц? Если эта связь существует, то в чем она заключается и каков ее физиологический смысл? Приведите примеры и дайте аргументацию.

7. В чем состоит отличие в функциональном назначении мышечных веретен и сухожильных органов Гольджи? В осуществлении каких рефлексов они участвуют и какое значение имеют эти рефлекссы?

8. Чем отличаются понятия «статическая» и «динамическая» регуляция тонуса мышц и движений? Объясните, как эта регуляция осуществляется.

9. Объясните функции нервной гамма-цепи («гамма-петли») в регуляции тонуса мышц и движений. Какое значение имеет нервная гамма-цепь для осуществления супраспинальных влияний на скелетные мышцы?

10. Объясните основные причины децеребрационной ригидности. Почему ее называют гамма-ригидностью?

11. Сможет ли человек, у которого произошел травматический разрыв спинного мозга на уровне середины грудного отдела: а) подать врачу свою руку и пожать руку врача; б) осуществить по просьбе врача сгибание ног в коленном или голеностопном суставах? Опишите динамику состояния спи-

нальных рефлексов в различные периоды спинального шока. Объясните общие причины наблюдаемых изменений рефлекторной деятельности.

12. Какие нервные центры и осуществляемые с их участием функции являются жизненно необходимыми, где локализуются эти центры?

13. Какие виды движений (произвольные или непроизвольные) осуществляются при участии стволовых двигательных ядер? Приведите примеры этих движений и аргументируйте ваш ответ.

14. Куда нужно повернуть голову конькобежцу на беговой дорожке, чтобы не потерять скорость и равновесие на повороте?

15. Опишите, какие двигательные функции могут осуществлять бульбарные и мезенцефальные животные (кошка, собака, обезьяна), и могут ли эти функции обеспечивать самостоятельное, без постороннего ухода, выживание таких животных?

16. У человека выявлено ослабление зрачковых рефлексов. С какой целью они определяются? Функции какого отдела мозга нарушены?

17. Укажите основные функции нейронов бугров четверохолмия.

18. Повреждено правое полушарие мозжечка. Какие нарушения моторных функций будут наблюдаться у этого больного?

19. По просьбе врача человек пытается коснуться указательным пальцем кончика носа (с закрытыми глазами) и промахивается. Какой отдел мозга поражен?

20. К каким нейронам коры мозжечка передается вся приходящая в мозжечок информация. Какова функция этих нейронов?

21. Посредством каких нервных связей с другими отделами ЦНС мозжечок выполняет свои главные функции регуляции тонуса мышц, позы и движений (перечислите эти связи и отделы ЦНС).

22. Перечислите основные функции мозжечка по дополнению и коррекции деятельности других двигательных центров ЦНС и главные симптомы, возникающие при патологии или удалении мозжечка у человека.

23. Возможна ли у человека компенсация функций мозжечка, нарушенных при его заболеваниях, недоразвитии или удалении?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 114–128, 132–133.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 2 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 12–23, 26–34.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 447 с. С. 134–157, 159–165.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 1 / пер. с англ. ; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 323 с. С. 88–112.
2. *Общий курс физиологии человека и животных* : учеб. для биол. и мед. спец. вузов. В 2-х кн. Кн. 1 / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под ред. А. Д. Ноздрачева. М.: Высш. шк., 1991. 511 с. С. 174–209.
3. *Физиология человека* : учеб. для вузов / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 111–135.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 10.1. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СУХОЖИЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА (надбровный, нижнечелюстной, рефлекс сгибателя верхней конечности, рефлекс разгибателя верхней конечности)

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

Материалы и оборудование. Для исследования необходим неврологический молоточек.

Ход работы:

а) *надбровный рефлекс*. Нанесите легкий удар неврологическим молоточком по краю надбровной дуги, наблюдайте смыкание век;

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

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

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

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлексов.
2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных реакций и назовите отдел ЦНС, ответственный за осуществление рефлексов, описанных в пунктах «в» и «г».

ПРОТОКОЛ

1. Рефлексы _____ (выражены, отсутствуют, асимметричны).
2. Вывод: состояние рефлекторных реакций _____ (в норме, нарушено).
За осуществление рефлексов верхних конечностей отвечает _____

Работа 10.2. ЗРАЧКОВЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Мускулатура радужной оболочки, сокращаясь, способна изменять величину зрачка и тем самым регулировать поток света в глаз. В норме зрачок суживается при освещении и расширяется при затемнении. Исследование реакции зрачков на свет используется в диагностике заболеваний нервной системы.

Ход работы: Прямая реакция зрачка на свет

Обследуемый должен сесть лицом к окну, закрыть один глаз рукой. По-переменно закрывайте второй глаз испытуемого экраном и открывайте его. Пронаблюдайте за изменением величины зрачка.

Содружественная реакция зрачка на свет

Закройте один глаз обследуемого и наблюдайте за зрачком открытого глаза.

Реакция зрачков при аккомодации и конвергенции

Реакция зрачков при аккомодации и конвергенции характеризуется сужением их при рассмотрении близлежащих предметов и расширением при взгляде вдаль.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлексов.
2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных зрачковых реакций.

ПРОТОКОЛ

1. Зрачковые рефлексы _____ (выражены, нарушены).
2. Вывод: _____

Работа 10.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ЧЕЛОВЕКА

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

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите ощущения испытуемого.
2. Сделайте заключение о состоянии тактильной чувствительности у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

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

_____ (нарушено, не нарушено).

Работа 10.4. ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЕЧНО-СУСТАВНОГО ЧУВСТВА

Ход работы: Испытуемый лежит с закрытыми глазами. Произведите нерезкие сгибательные и разгибательные движения в суставах испытуемого, начиная с концевых фаланг. В норме испытуемый должен правильно распознавать все производимые действия, правильно отвечая, какой палец выполняет пассивное движение в данный момент и куда направлено движение.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите, правильно ли испытуемый распознает производимые действия.
2. Сделайте заключение о состоянии мышечно-суставного чувства у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (правильно, не правильно) распознает произвольный движения.
2. Вывод: _____

Работа 10.5. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИЙ МОЗЖЕЧКА

Эфферентные сигналы из мозжечка регулируют активность нейронов вестибулярных (Дейтерса) и красных ядер, ядер таламуса, а через них активность периферических (α - и γ -мотонейронов спинного мозга и ядер ЧМН) и центральных (корковых) двигательных нейронов. Через указанные пути эфферентные сигналы из мозжечка регулируют силу мышечных сокращений, обеспечивают способность к длительному тоническому сокращению мышц, способность сохранять оптимальный тонус мышц в покое или при движениях, соразмерять произвольные движения с целью этого движения, быстро переходить от сгибания к разгибанию и наоборот. Мозжечок обеспечивает синергию сокращений разных мышц при сложных движениях. Если мозжечок не выполняет своей регуляторной функции, у человека наблюдаются расстройства двигательных функций, что проявляется: снижением силы сокращения мышц (астения); утратой способности к длительному сокращению мышц, что затрудняет стояние, сидение (астазия); непроизвольным изменением тонуса мышц (дистония); дрожанием пальцев рук в покое (тремор); расстройством равномерности движений в виде излишнего либо недостаточного движения (дисметрия); нарушением координации движения (атаксия), которая проявляется также адиадохокинезом, «пьяной» (шаткой) походкой и т. д.; расстройством организации речевой моторики (дизартрия); крупноразмашистым ритмическим подергиванием глазных яблок (нистагм) и др.

Материалы и оборудование: стакан, книга.

Ход работы. Предложите испытуемому проделать следующие движения и упражнения, указанные в таблице 13.

**Исследование мозжечкового контроля
двигательной активности скелетных мышц**

Вид исследования	Методика
Поза Ромберга (оценка координации движений или проба на абазию)	Предложите испытуемому постоять со сдвинутыми ногами и вытянутыми вперед руками сначала с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме человек сохраняет равновесие в позе Ромберга (т. е. проба на абазию отрицательная)
Походка (оценка координации движений или проба на атаксию)	Предложите испытуемому пройти по комнате вперед и назад с открытыми и закрытыми глазами. В норме у здорового человека походка обычная, без шатаний в стороны и без широкого расставления ног (т. е. проба на атаксию отрицательная)
Проба на дисметрию	Предложите испытуемому взять со стола и затем поставить назад (в то же место) какой-либо предмет (книгу, стакан). В норме человек ставит предмет на то же место с ошибкой не более ± 2 см (т. е. проба на дисметрию отрицательная)
Речь (проба на дизартрию)	Предложите испытуемому повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование или др.). Отмечайте, нет ли замедления, растянутости или толчкообразности речи
Пальценосовая проба (на дисметрию и тремор)	Предложите испытуемому дотронуться указательным пальцем (сначала левой, а затем правой рукой) до кончика носа с открытыми и закрытыми глазами. В норме человек дотрагивается до кончика носа (с точностью ± 1 см) без дрожи пальцев рук (т. е. проба на дисметрию и тремор отрицательная). При поражении мозжечка наблюдается промахивание и дрожание пальца при поднесении его к носу (т. е. проба на дисметрию и тремор становится положительной)

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите, смог ли испытуемый правильно (без нарушений) выполнить предлагаемые виды исследования.
2. Сделайте заключение о качестве мозжечкового контроля двигательной активности.

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

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 11. Роль и функции таламуса, гипоталамуса, базальных ганглиев, Лимбической системы и коры больших полушарий головного мозга. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений

Цели:

- сформировать представление о функциях промежуточного мозга, базальных ганглиев, лимбической системы и коры больших полушарий головного мозга;
- изучить участие этих структур в осуществлении сенсорных, моторных, вегетативных, интегративных и проводниковых функций и характер нарушения функций при повреждении каждой из этих структур ЦНС;
- составить представление о роли структур головного мозга в регуляции тонуса мышц, в программировании и реализации произвольных и непроизвольных движений.

Задачи:

- изучить морфофункциональные особенности промежуточного мозга, базальных ганглиев, лимбической системы и коры больших полушарий головного мозга, их взаимосвязи;
- изучить особенности сенсорных и двигательных функций в условиях повреждений, локализуемых в зонах коры: а) соматосенсорной; б) префронтальной; в) премоторной и дополнительной моторной; г) моторной;
- познакомиться с некоторыми современными методами исследования ЦНС (электроэнцефалография, регистрация вызванных потенциалов и др.);
- научиться дифференцировать по ЭЭГ состояние покоя и активности мозга.

Основные вопросы:

1. Электрофизиологические методы исследования ЦНС.
2. Таламус. Морфофункциональная организация. Функции. Роль в формировании болевых ощущений, сенсорных и моторных функций. Последствия повреждений таламуса.
3. Гипоталамус. Морфофункциональная организация. Функции. Интеграция соматических, вегетативных, эндокринных функций. Участие гипоталамуса в механизмах формирования высших психических функций. Последствия повреждений структур гипоталамуса.
4. Базальные ядра. Морфофункциональная организация. Функции. Участие в механизмах регуляции мышечного тонуса, позы и осуществления движений. Роль дофаминовых и ацетилхолиновых медиаторных систем. Последствия повреждений базальных ганглиев.

5. Лимбическая система. Морфофункциональная организация. Функции. Участие в механизмах формирования мотиваций и эмоций. Последствия повреждений структур лимбической системы.

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

7. Роль коры головного мозга в организации и осуществлении движений.

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

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Как изменится пищевое поведение: а) при повреждении латерального ядра гипоталамуса; б) при повреждении вентро-медиального ядра гипоталамуса?

2. Перечислите, какие функции организует и регулирует гипоталамус.

3. Перечислите основные функции таламуса.

4. Назовите особенности афферентных проекций специфических и неспецифических ядер таламуса.

5. Опишите основные функции подкорковых ядер (базальных ганглиев) в организации и регуляции тонуса мышц и движений.

6. Перечислите основные симптомы нарушения функций базальных ганглиев.

7. С нарушением образования какого медиатора связано заболевание паркинсонизм?

8. Путем сопоставления симптомов, возникающих при повреждении мозжечка и базальных ганглиев, покажите разницу в их влиянии на тонус мышц и движения.

9. Перечислите основные функции лимбической системы.

10. Структуры каких отделов мозга и почему страдают в первую очередь в условиях гипоксии, гипогликемии?

11. О чем говорит появление на ЭЭГ бета-ритма? Как эта реакция называется? Перечислите характеристики бета-ритма.

12. При каком состоянии человека на ЭЭГ регистрируется альфа-ритм. В каких преимущественно областях мозга? Его характеристики.

13. Представительство рецепторов каких органов занимает особенно большую площадь в первой соматосенсорной зоне? Почему?

14. На каких мотонейронах спинного мозга пирамидные клетки коры больших полушарий образуют больше всего синапсов?

15. Почему опытный музыкант способен достаточно точно исполнять известную ему мелодию на музыкальном инструменте, разговаривая при этом с окружающими и даже при отключении сознания во время малых эпилептических припадков.

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

17. Опишите роль ассоциативных и двигательных зон коры больших полушарий в запуске и осуществлении произвольных и непроизвольных движений.

18. Вероятность восстановления каких движений больше при повреждении внутренней капсулы или неполном разрыве спинного мозга — произвольных или непроизвольных? Аргументируйте ваш ответ, используя физиологические принципы организации этих движений.

19. После кровоизлияния в мозг у человека пропала речь. Какова локализация инсульта, если этот человек правша?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Доп. информация к занятию (С. 84–86 практикума).
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 129–131, 135–154.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 2 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 56 с. С. 23–26, 34–54.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 447 с. С. 157–159, 165–206.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 1 / пер. с англ. ; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 323 с. С. 112–127, 129–143.
2. *Общий курс физиологии человека и животных* : учеб. для биол. и мед. спец. вузов. В 2-х кн. Кн. 1 / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под ред. А. Д. Ноздрачева. М.: Высш. шк., 1991. 511 с. С. 209–244, 246–247.
3. *Физиология человека* : учеб. для вузов / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 135–158.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 11.1. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Электроэнцефалография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга.

Ход работы. Для регистрации ЭЭГ усадите обследуемого в кресло в экранированной, заземленной камере со световой и звуковой изоляцией. В точках наложения электродов на коже головы расправьте волосы и протрите кожу смесью спирта с эфиром для обезжиривания. Четыре пары электродов укрепите на затылочных, теменных, височных и лобных областях симметрично с обеих сторон.

Во время регистрации ЭЭГ обследуемый должен сидеть спокойно (максимальное расслабление мышц), закрыв глаза.

Установите диапазоны регистрируемых частот в пределах 2–75 Гц и необходимое усиление. Включите лентопротяжный механизм, установив скорость движения ленты 1,5 см/с.

Начните с записи калибровочного сигнала, после чего регистрируйте фоновую электрическую активность различных участков коры больших полушарий. Затем попросите обследуемого открыть глаза и наблюдайте изменения фоновой электрической активности мозга.

Снова запишите исходный фон, затем включите световой раздражитель (частота подачи световых сигналов 20 Гц) и через 1–2 мин зарегистрируйте ЭЭГ.

Попросите обследуемого расслабить мышцы и закрыть глаза. Через несколько минут, когда на записи появится отчетливо выраженный альфа-ритм, включите внезапно звуковой раздражитель, наблюдайте изменения ЭЭГ. Затем наблюдайте, как изменится ЭЭГ, если отвлечь внимание обследуемого, и как изменится альфа-ритм, когда обследуемый попытается вызвать в памяти звуковые, потом зрительные образы, при счете в уме, при чтении стихов про себя, при мысленном сжатии левой или правой руки в кулак по сигналу.

Указания к оформлению протокола:

1. Результат исследования: вклейте в протокол фрагменты ЭЭГ, подсчитайте частоту колебаний потенциала в 1 с и амплитуду потенциалов, найдите участки с преобладанием альфа- и бета-ритма, отметьте реакцию активации.
2. Заполните таблицу:

ПРОТОКОЛ		
1. Фрагмент ЭЭГ.		
2. Характеристика ритмов ЭЭГ		
Ритм	Частота (Гц)	Амплитуда (мкВ)
Альфа		
Бета		
Тета		
Дельта		

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОД КОНТРОЛЕМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

Характер электроэнцефалограммы (ЭЭГ) определяется функциональным состоянием мозга, уровнем протекающих в нем обменных процессов.

Непрерывные колебания уровня функциональной активности мозга, связанные с внутренними потребностями организма и изменениями окружающей среды, обуславливают сложный характер ЭЭГ и ее существенные изменения в зависимости от конкретных условий. Электроэнцефалография широко используется для исследования общих закономерностей деятельности высших отделов ЦНС, для оценки функционального состояния мозга в ходе операции, наркоза, для выявления патологических состояний мозга и локализации патологического очага при органических поражениях мозга и др.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЭЭГ

ЭЭГ отражает, главным образом, постсинаптические потенциалы нейронов коры головного мозга. Положительные колебания потенциала на поверхности коры связаны либо с возбуждающими постсинаптическими потенциалами в ее глубинных слоях, либо с тормозными постсинаптическими потенциалами в поверхностных слоях. Отрицательные колебания на ЭЭГ связаны с обратными процессами в этих слоях. Ритмическая активность коры, в частности альфа-ритм, обусловлена, главным образом, влияниями подкорковых структур, в том числе таламуса. В глубинных структурах зрительных бугров имеется множество так называемых таламических пейсмекеров, которые через соответствующие возбуждающие и тормозные связи способны генерировать и поддерживать ритмическую активность. На них в свою очередь оказывают влияние таламопетальные связи. Особенно выраженным синхронизирующим и десинхронизирующим действием на таламус обладает ретикулярная формация.

ЗАПИСЬ, АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭЭГ

Регистрация ЭЭГ осуществляется в специальной экранированной камере, исключая влияние на исследуемого внешних электрических и магнитных полей. Исследуемого усаживают в специально оборудованное кресло или укладывают на кушетку. Исследуемый должен занять удобное положение, закрыть глаза, по возможности расслабить мышцы, не мигать, не двигать глазами.

Биопотенциалы головного мозга регистрируются непосредственно с поверхности кожи головы с помощью электродов, наложенных на кожу головы.

Поскольку электрические потенциалы мозга имеют относительно небольшую амплитуду, для их регистрации используют усилители с большим коэффициентом усиления.

Современные электроэнцефалографы представляют собой многоканальные регистрирующие устройства, объединяющие от 8 до 24 идентичных усилительно-регистрирующих блоков (каналов).

Для всех каналов электроэнцефалографа устанавливают одинаковое усиление с таким расчетом, чтобы регистрируемый калибровочный сигнал

давал отклонение всех перьев на расстоянии 5–9 мм. Подаваемое на вход калибровочное напряжение может быть равно 10, 25, 50 и 100 мкВ.

Электроды крепят на голове с помощью специальной резиновой шапочки. В месте установления электрода раздвигают волосы, кожу тщательно протирают спиртом или эфиром для удаления жировой пленки. Электроды должны иметь надежный контакт с кожей и не иметь большого сопротивления. Перед опытом измеряют сопротивление каждого электрода в отдельности. Электроды соединяют с коммутатором электроэнцефалографа, с помощью которого регистрируемые сигналы подают на усилители.

Схема расположения отводящих электродов на голове испытуемого может быть различной. В связи с этим широко распространение получила стандартизация размещения записывающих электродов.

Существует несколько вариантов стандартных отведений. Наиболее часто применяют биполярное и монополярное отведение. При биполярном отведении оба электрода располагаются над активной тканью, т. е. над мозгом. Биполярные отведения наиболее устойчивы к артефактам, дают относительно точное представление о локализации очаговых изменений биопотенциалов. При монополярном отведении один из электродов (индифферентный) помещается на ткань, потенциал которой практически равен нулю или постоянен. Чаще всего при этом используют мочку уха. При таком способе отведения колебания потенциала регистрируют только под электродом, расположенным над мозгом. Метод отведения с усредненным электродом состоит в том, что все электроды соединяют между собой через большое сопротивление. При этом они образуют индифферентный электрод. Каждый способ отведения биопотенциалов имеет свои преимущества и свои недостатки, поэтому выбор отведения зависит от поставленной задачи.

ЭЭГ записывается на бумажной ленте, движущейся с различной скоростью. Чем больше разность потенциалов под электродами, тем больше величина отклонения пера. Среднее значение непрерывно меняющейся разности потенциалов в норме в бодрствующем состоянии — 25–60 мкВ, в условиях патологии она может быть от 2–5 до 1000 мкВ.

Полученную ЭЭГ анализируют чаще всего визуально, «вручную» с использованием линейки или с помощью ЭВМ. При интерпретации ЭЭГ учитывают прежде всего частоту, амплитуду, форму, длительность и характер распределения ее волн.

Формы ЭЭГ и их диагностическое значение

На ЭЭГ здорового бодрствующего человека в состоянии покоя при закрытых глазах доминирует альфа-ритм, более выраженный в затылочных и теменных отделах мозга (амплитуда — 30–70 мкВ, частота — 8–13 Гц/с) — это так называемая синхронизированная ЭЭГ.

Бета-ритм на ЭЭГ приходит на смену альфа-ритму (блокада альфа-ритма) при открытии глаз, при действии кратковременных внезапных раздражений (звук, вспышка света и др.), при умственной и физической дея-

тельности. Он более выражен в лобных и теменных долях мозга, его амплитуда — 15–20 мкВ, частота — 14–35 Гц/с. Смена альфа-ритма или других ритмов ЭЭГ на бета-ритм называется реакцией десинхронизации или активации.

Во время сна, наркоза и в условиях патологии регистрируется тета-ритм (амплитуда — до 150 мкВ, частота — 4–7 Гц/с) и дельта-ритм (амплитуда — до 300 мкВ и частота — 0,5–3,5 Гц/с)

Для ЭЭГ детей и подростков характерны более медленные и нерегулярные ритмы, причем у них даже в бодрствующем состоянии наблюдается дельта-ритм.

В острых опытах на животных и при нейрохирургических операциях на человеке ЭЭГ регистрируют непосредственно от коры головного мозга — в этом случае ее называют электрокортикограммой (ЭКоГ). ЭКоГ характеризуется более высокой амплитудой биопотенциалов и несколько большим частотным спектром быстрых колебаний по сравнению с ЭЭГ, что обусловлено исключением дополнительного электрического сопротивления тканей, расположенных между электродами и поверхностью мозга.

На характер ЭЭГ влияют лекарственные препараты (особенно снотворного, наркотического, психотропного действия), физическая работа, температура тела и др.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭЭГ

При диффузных органических поражениях головного мозга, его травмах или эндогенной интоксикации (кома) на ЭЭГ наблюдаются замедленные и нерегулярные волны. При повышении температуры тела — некоторое учащение альфа-волн. Малая степень гипоксемии сопровождается некоторым увеличением амплитуды альфа-волн, более выраженная — увеличением частоты и амплитуды бета-волн. После утомительной физической работы амплитуда альфа-волн уменьшается, и появляются медленные нерегулярные колебания. Появление на ЭЭГ пиковых разрядов амплитудой более 100 мкВ является одним из показателей судорожной (эпилептоидной) активности мозга. При психических или нервных заболеваниях могут регистрироваться трапецевидные, четырехугольные, острые и другие формы волн.

При локальных опухолях или абсцессах мозга, при прогрессивном параличе и др. наблюдается межполушарная асимметрия ЭЭГ, в зоне локализации опухоли может угнетаться альфа-ритм и появляются устойчивые дельта-волны.

В качестве критерия для констатации гибели мозга или смерти организма в сомнительных случаях все чаще используют факт исчезновения ЭЭГ-активности («изоэлектрическая», или «плоская» ЭЭГ).

ТЕМЫ ЗАНЯТИЙ ПО РАЗДЕЛУ ЗАЧТЕНЫ _____

подпись преподавателя

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 12. Физиология автономной (вегетативной) нервной системы

Цели:

- изучить основные морфологические, физиологические и нейрохимические особенности различных отделов автономной (вегетативной) нервной системы (АНС) в сравнении с соматической нервной системой;
- уяснить роль АНС в обеспечении жизнедеятельности целостного организма;
- научиться проводить анализ физиологических механизмов функционирования симпатического и парасимпатического отделов АНС и их влияния на рабочие органы;
- сформировать понятие о принципах коррекции функций органов и тканей посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы.

Задачи:

- получить представление о некоторых внешних проявлениях повышения тонуса симпатического или парасимпатического отделов АНС;
- научиться определять функциональное состояние симпатических и парасимпатических нервных центров, регулирующих работу сердца.

Основные вопросы:

1. Автономная (вегетативная) нервная система. Общий план строения, функции. Эффекторные клетки, органы и ткани. Роль АНС в обеспечении жизнедеятельности целостного организма.
2. Понятие о высших центрах АНС и факторах, определяющих их тонус. Связи высших центров АНС с другими структурами ЦНС.
3. Преганглионарные уровни организации СНС и ПСНС. Связи преганглионарных нейронов и факторы, определяющие их тонус. Эффекторные влияния преганглионарных нейронов и их нейромедиаторные механизмы.
4. Постганглионарные уровни организации СНС и ПСНС. Связи постганглионарных нейронов и факторы, определяющие их тонус. Влияние постганглионарных нейронов на эффекторные клетки, их нейромедиаторные и рецепторные механизмы.
5. Понятие о принципах коррекции функций эффекторных клеток посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы в ганглиях АНС и на уровне эффекторных клеток.
6. Сравнительная характеристика влияния симпатического и парасимпатического отделов АНС на эффекторные клетки органов, сенсорные функции. Синергизм и относительный антагонизм их влияний. Основные вегетативные рефлексy.
7. Адаптационно-трофическая функция АНС.
8. Понятие о взаимодействии соматического и вегетативного отделов нервной системы в регуляции функций организма. Вегетативное обеспечение соматических функций.

9. Объективные показатели, подлежащие оценке врачом для заключения о функциональном состоянии различных отделов АНС.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Объясните, какими нервными механизмами обусловлено напряжение мускулатуры передней брюшной стенки в области локализации патологического процесса, например, при аппендиците или холецистите.

2. Объясните, чем обусловлено покраснение участков кожи, иннервированных нервными волокнами одноименного сегмента спинного мозга при заболевании внутренних органов.

3. Объясните, чем обусловлены повышение тактильной (гиперэстезии) и болевой (гипералгезии) чувствительности определенных участков кожи (в зонах Захарьина–Геда) при заболеваниях сердца, желудка, печени, желчного пузыря, толстого кишечника, поджелудочной железы, червеобразного отростка. Назовите эти зоны.

4. Объясните, почему после разрыва спинного мозга кожа ниже уровня разрыва становится сухой и покрасневшей.

5. Сохраняются ли рефлексы мочеиспускания и дефекации после разрыва спинного мозга; если изменяются, то как и предположительно почему?

6. На примере каких спинальных или других вегетативных рефлексов можно продемонстрировать максимальную автономию вегетативных рефлексов, и на каких — их соподчинение сознанию?

7. Повлияют ли, а если да, то как, денервация скелетной и гладкой мышцы на осуществление ими сократительных функций? Аргументируйте ваш ответ.

8. В осуществлении сократительной функции скелетной мышцы выделяют пусковой, трофический и сосудодвигательный компоненты нейрогуморальных влияний. Как вы понимаете смысл таких влияний, как они осуществляются, какое значение имеют для выполнения движений?

9. В чем состоят различия в механизме пусковых влияний соматических двигательных нервов на скелетную мышцу и вегетативных постганглионарных нервов на гладкую мышцу? Опишите морфологические структуры и нейрохимические процессы этих влияний.

10. В чем сходство и различие в действии на физиологические функции катехоламинов как нейромедиаторов ВНС и катехоламинов, выделяемых в кровь мозговым веществом надпочечников?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 155–179.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 95–128, 163–168.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 206–241.

Дополнительная

1. *Переверзев, В. А.* Физиология вегетативной нервной системы : учеб.-метод. разработка / В. А. Переверзев, А. И. Кубарко. Минск: МГМИ, 1995. 25 с.
2. *Бертрам, Г. Кацунг* Введение в фармакологию вегетативной нервной системы // Базисная и клиническая фармакология. В 2-х т. / Г. Бертрам Кацунг. М.–СПб.: Бином–Невский Диалект, 1998. Т. 1. 609 с. С. 101–120.
3. *Физиология человека* : учеб. / под ред. акад. Н. А. Агаджаняна и проф. В. И. Циркина. СПб.: СОТИС, 1998. 526 с. С. 62–75.
4. *Нил, М. Дж.* Наглядная фармакология / М. Дж. Нил ; пер. с англ. М.: ГЭОТАР Медицина, 1999. 104 с. С. 20–21.
5. *Silbernagl, S.* Despopoulos Taschenatlas der Physiologie / S. Silbernagl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1991. 371 p. P. 50–59.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 12.1. СХЕМА ВЕГЕТАТИВНОГО (СИМПАТИЧЕСКОГО) И СОМАТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСОВ, ЗАМЫКАЮЩИХСЯ НА УРОВНЕ СПИННОГО МОЗГА

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

Указания к оформлению протокола:

1. Сделайте соответствующие рисунки и укажите на них цифрами звенья рефлекторных дуг.
2. В текст после рисунка внесите необходимые дополнения.

ПРОТОКОЛ

Схема соматического рефлекса

Схема вегетативного (симпатического) рефлекса

Спинной мозг
(задние рога)

(передние рога)

Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса:	Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса:
1. Рецепторное звено представлено следующими рецепторами скелетных мышц 1.1. _____; 1.2 _____.	1. Рецепторное звено представлено, главным образом, _____ рецепторами.
2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____.	2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____.
3. Вставочное звено.	3. Вставочное звено.
4. Эfferентное звено представлено _____ или _____ мотонейронами, которые находятся _____.	4. Эfferентное звено представлено 2 нейронами, которые находятся в _____ и в _____ соответственно.
5. Рабочие органы. Ими являются _____ и _____ мышечные волокна скелетных мышц.	5. Рабочие органы. Ими являются _____ мышечные клетки; кардиомиоциты; железистые клетки и др.
6. Скорость передачи сигнала (потенциала действия /ПД/) составляет от _____ м/с до _____ м/с в эfferентных волокнах, так как они имеют _____ оболочку и относятся к типу _____.	6. Скорость передачи сигнала (ПД) составляет от _____ м/с до _____ м/с в эfferентных постганглионарных волокнах, ибо они не имеют _____ оболочки и относятся к типу _____.
7. Нейромедиатором в нервно-мышечном синапсе является _____, который действует на _____ тип _____ рецепторов.	7. Главным нейромедиатором в нейроэfferентном образовании является _____, который действует на _____ и _____ типы _____-рецепторов.

Работа 12.2. КЛИНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Позволяет определить функциональное состояние парасимпатических и симпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин.

Замедление пульса более чем на 6 уд/мин указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца. Отсутствие реакции или парадоксальный ее характер — ускорение пульса — указывает на преобладание тонуса симпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца.

Материалы и оборудование: кушетка, секундомер.

Ход работы. У испытуемого в положении стоя определяют пульс. После этого ему предлагают лечь. Через 10–25 с еще раз подсчитывают пульс.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении стоя.
2. Запишите ЧП в положении лежа.
3. Подсчитайте разность пульса.
4. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого.

ПРОТОКОЛ
Частота пульса в положении стоя _____ уд/мин.
Частота пульса в положении лёжа _____ уд/мин.
Разность пульса [ЧП лёжа–ЧП стоя] _____ уд/мин.
Вывод:

Работа 12.3. ОРТОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Позволяет определить функциональное состояние симпатических и парасимпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения лежа в положение стоя частота сердечных сокращений увеличивается, что проявляется в норме учащением пульса на 6–24 уд/мин. Учащение пульса более чем на 24 уд/мин свидетельствует о преобладании тонуса симпатического отдела АНС, менее чем на 6 уд/мин — парасимпатического отдела АНС.

Материалы и оборудование: кушетка, секундомер.

Ход работы. У испытуемого в положении лежа определяют пульс (до начала подсчета пульса человек спокойно лежит 4–6 мин). Затем его просят встать и через 15–25 сек. считают пульс повторно.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении лежа.
2. Запишите ЧП в положении стоя.
3. Подсчитайте разность пульса.
4. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Частота пульса в положении лёжа _____ уд/мин.

Частота пульса в положении стоя _____ уд/мин.

Разность пульса [ЧП стоя – ЧП лёжа] _____ уд/мин.

Вывод: _____

Работа 12.4. ДЫХАТЕЛЬНО-СЕРДЕЧНЫЙ РЕФЛЕКС ГЕРИНГА

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

Материалы и оборудование: секундомер.

Ход работы. У испытуемого, находящегося в положении сидя, подсчитывают пульс, затем просят его сделать глубокий вдох и задержать дыхание. В это время еще раз подсчитывают пульс.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) до начала задержки дыхания.
2. Запишите ЧП во время задержки дыхания на вдохе.
3. Подсчитайте разность пульса.
4. Сделайте заключение о тонусе парасимпатического отдела ВНС, регулирующего работу сердца, у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

Частота пульса до задержки дыхания (ЗД) _____ уд/мин.

Частота пульса (ЧП) во время ЗД на вдохе _____ уд/мин.

Разность пульса (ЧП на вдохе – ЧП до ЗД) _____ уд/мин.

Вывод: _____

Работа 12.5. АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ СИМПАТИЧЕСКОГО И ПАРАСИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ АНС НА РАБОТУ СЕРДЦА (демонстрационная компьютерная работа)

Ход работы. Войдите в программу «Physiol 2». Выберите команды **Help** → **Preparation** и объясните схему проведения эксперимента на виртуальной крысе. Через команды **Continue** → **Help** → **Drugs** покажите вещества, которые будут использоваться для анализа нейромедиаторных механизмов. Далее моделируйте проведение эксперимента, по ходу которого студенты должны делать соответствующие записи и рисунки в протоколе работы.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите показатели работы сердца в исходном состоянии, при стимуляции симпатических и парасимпатических нервов, иннервирующих сердце, в том числе на фоне применения разных видов адрено- и холиноблокаторов, а также при введении норадrenalина и ацетилхолина, указав во всех случаях частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 1 мин и артериальное давление (АД) крови в мм рт. ст.: систолическое (АД_с), диастолическое (АД_д) и среднее гемодинамическое (АД_{срд}).

2. Сделайте заключение о характере влияния на силу и частоту сокращения сердца со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС, а также о нейромедиаторных механизмах реализации этих влияний.

ПРОТОКОЛ				
Воздействия на сердце	ЧСС	АД _с	АД _д	АД _{срд}
Исходные показатели				
Стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Введение noradrenaline, 5µg/kg				
Phentolamine ^(α-адреноблокатор) , 100 mg/kg				
Phentolamine ^(α-адреноблокатор) , 100 mg/kg + Стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Propranolol ^(β-адреноблокатор) , 100 mg/kg				
Propranolol ^(β-адреноблокатор) , 100 mg/kg + Стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Стимуляция Vagus Nerve to heart				
Введение acetylcholine, 5µg/kg				
Atropine ^(M-холиноблокатор) , 10.0 mg/kg				
Atropine ^(M-холиноблокатор) , 10.0 mg/kg + Стимуляция Vagus Nerve to heart				
Вывод: _____				

Работа 12.6. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СИМПАТИЧЕСКОГО НЕРВА НА ПЕРИСТАЛЬТИКУ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА И АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ НА ГЛАДКИЕ МЫШЦЫ (демонстрационная компьютерная работа)

Ход работы: загрузите файл **Fink**, с помощью клавиш **Enter** и **Esc** войдите в программу, далее выберите **Introduction** → **Enter** → **Page Down** (страница 2) и познакомьтесь с иннервацией участка тонкой кишки и локализацией электродов для электрической стимуляции на постганглионарном симпатическом нерве. Затем через команды **Esc** → **Method** → **Enter** → **Page Down** (страница 2) познакомьтесь с условиями проведения опыта на изолированном участке тонкой кишки. Далее моделируйте проведение эксперимента командами: **Esc** → **Experiments**.

2. Nerve Stimulation

1. Frequency Response

F₅-25,0 Hz (stimulation) /зарисовать результат в протокол, рисунок 1 Б/;
Esc → Atropine, 2 µg/ml /зарисовать результат в протокол, рисунок 2 А/;
Esc → Propranolol, 20 µg/ml /зарисовать результат в протокол, рис. 2 Б/;
Esc → Phentolamine, 200 µg/ml /зарисовать результат в протокол,
рис. 2 В/;

Esc → **1. Adrenergic Drugs**

Noradrenaline

Dose response

F₅ (54 µg/ml) /зарисовать результат в протокол, рис. 1 В/;

Закончить моделировать эксперимент и выйти из программы с помощью клавиш Quit → Q → Enter.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисовать изменения перистальтики участка тонкой кишки после электрической стимуляции симпатического нерва (частота 25 Hz), ее иннервирующего (рис. 1Б), и после введения в раствор для перфузии норадреналина в дозе 54 µg/ml (рис. 1В).

2. Зарисовать изменения перистальтики участка тонкой кишки после введения Atropine (в дозе 2 µg/ml), Propranolol (в дозе 20 µg/ml), Phentolamine (в дозе 200 µg/ml) и последующей стимуляции симпатического нерва (частота 25 Hz), иннервирующего данный участок кишки, на рис. № 2А, 2Б, 2В соответственно.

3. Сделайте заключение о влиянии симпатических нервов на перистальтику тонкого кишечника и укажите, какой нейромедиатор выделяется из постганглионарных симпатических волокон, и каким типом рецепторов опосредуется действие нейромедиатора на гладкие мышцы тонкого кишечника.

ПРОТОКОЛ

Рис. 1. Перистальтика участка тонкой кишки (1А) и влияние на нее электрической стимуляции симпатического нерва (1Б) и введения норадреналина (1В).







1А	1Б	1В
		

Рис. 2. Влияние атропина в дозе 2 µg/ml (2А), пропранолола в дозе 20 µg/ml (2Б) и фентоламина в дозе 200 µg/ml (2В) на торможение перистальтики участка тонкой кишки, вызванной электрической стимуляцией, иннервирующего кишку симпатического нерва.

2А	2Б	2В
		

Вывод: _____

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »
число месяц год

Занятие 13. Физиология эндокринной системы 1

Цели:

- сформировать представление о способах межклеточной коммуникации; химических и электрических сигналах; основных механизмах и физиологических эффектах их влияния на клетку; о значении, строении и функциях эндокринной системы, ее основных морфологических структурах (эндокринных железах и клетках); лиганд-рецепторных механизмах действия гормонов (на эффекторные клетки органов и тканей, а также на активность самих эндокринных желез); об эндокринной функции гипоталамуса, гипофиза, эпифиза, половых желез;
- создать основу для понимания общих принципов гормональной регуляции физиологических функций и заместительной гормонотерапии.

Задачи:

- с помощью компьютерных учебных материалов и учебных видеофильмов дать наглядное представление о химической сигнализации;
- разобрать со студентами основные принципы изучения функций желез внутренней секреции;
- изучить основные внешние проявления эндокринной регуляции физиологических функций гипоталамическими, гипофизарными, эпифизарными и половыми гормонами, в том числе в условиях недостаточности или избыточности функциональной активности желез и состояния клеток-мишеней, их рецепторов и пострецепторных структур.

Основные вопросы:

1. Значение эндокринной системы (как системы коммуникации) для жизнедеятельности организма. Современные представления о функциях эндокринной системы (железы внутренней секреции, диффузные элементы).
2. Общая характеристика гормонов, их химическая и функциональная классификации. Регуляция секреции гормонов. Механизмы действия гормонов, классификация гормонов по механизму действия.
3. Понятие о клеточных рецепторах гормонов, первичных и вторичных посредниках передачи гормонального сигнала в клетку.
4. Основные пути внутриклеточной передачи сигналов, используемых различными группами гормонов и физиологические эффекты гормон-рецепторного взаимодействия на уровне клетки.
5. Механизмы регуляции функций организма. Уровни регуляции. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции, их сравнительная характеристика. Участие эндокринной системы в регуляции гомеостаза, использования энергии, роста и развития, репродукции.

6. Строение и функции гипофиза. Связи гипофиза с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль в регуляции деятельности эндокринных и неэндокринных органов. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции функций на гипоталамическом уровне. Наиболее частые проявления нарушений эндокринной функции гипофиза и гипоталамуса: несахарный диабет, акромегалия и др.

7. Функции эпифиза и его гормоны.

8. Эндокринная функция половых желез. Механизмы регуляции выделения гормонов. Механизмы действия гормонов и вызываемые ими эффекты: характерные проявления избыточности и недостаточности гормонов. Возрастные особенности эндокринной функции половых желез. Эндокринная функция плаценты.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Объясните, какие физиологические процессы находятся в организме под преимущественным контролем нервной, а какие — под преимущественным контролем эндокринной системы. Обобщите, в чем заключается роль эндокринной системы в целостном организме.

2. Объясните, в чем заключается метаболический эффект гормонов в организме. Приведите примеры влияния гормонов на метаболизм. Анаболические и катаболические гормоны.

3. Может ли, а если может, то как, нервная система оказывать влияние на ход метаболических процессов? Приведите примеры.

4. Объясните, в чем заключается морфогенетический эффект гормонов. Приведите примеры.

5. Объясните, в чем заключается реактогенное действие и перmissive эффект гормонов. Каково их значение для осуществления физиологических процессов?

6. В чем состоит сходство и различие в главных механизмах реализации гормональных эффектов на уровне клетки? Что такое первичные и вторичные посредники действия гормонов?

7. Перечислите основные способы оценки состояния функций эндокринной системы и объясните, на каких принципах осуществляется эта оценка.

8. Могут ли при нормальной функции эндокринной системы быть нарушенными гормонозависимые процессы и функции клеток и тканей-мишеней?

9. Может ли быть достаточным исследование количественного содержания гормонов в биологических жидкостях для оценки секреторной деятельности эндокринных органов и клеток, биологической активности и степени гормональных эффектов в тканях?

10. Объясните принцип регуляции нейросекреции в гипофизе и в гипоталамусе посредством механизмов обратной связи. В чем суть понятий «короткая петля» и «длинная петля» обратной связи?

11. Объясните принцип регуляции нейросекреции в гипоталамусе, в гипофизе и в надпочечниках посредством нервно-рефлекторных механизмов.

12. Как регулируется секреция АКТГ, в чем заключается его действие на надпочечники и другие ткани. В чем проявляется избыток и недостаток АКТГ в организме?

13. Как регулируется секреция ТТГ, в чем заключается его тиреоидное действие и как проявляется избыток и недостаток в организме ТТГ?

14. Как регулируется секреция гонадотропинов (ФСГ и ЛГ), какие эффекты вызывают эти гормоны порознь и вместе в женском и в мужском организме?

15. Как регулируется секреция соматотропина (СТГ, ГР), в чем заключаются метаболические эффекты соматотропина на белковый, углеводный, жировой обмены; рост и дифференцировку тканей? Какова роль печени в реализации эффектов соматотропина? В чем проявляется недостаток и избыток соматотропина в организме?

16. Объясните, как регулируется секреция пролактина (ЛТГ) и какие эффекты в организме достигаются под непосредственным влиянием ЛТГ.

17. Как регулируется секреция МСГ, в чем заключается его действие на образование меланина и пигментацию кожи? Какой гормон в организме взрослого человека выполняет функцию МСГ?

18. Как регулируется секреция вазопрессина (АДГ), какие эффекты в организме вызывает вазопрессин, в чем проявляется избыток и недостаток этого гормона в организме? В чем общность и различия понятий «сахарный» и «несахарный» диабет?

19. Как регулируется секреция окситоцина, какие эффекты в организме он вызывает?

20. Как регулируется образование и секреция мелатонина? На какие физиологические процессы оказывает влияние мелатонин?

21. Где образуются и какие основные эффекты обуславливают в организме мужские половые гормоны?

22. Где и в какие периоды женского полового цикла, какие половые гормоны образуются в организме женщины и какие основные эффекты обуславливают?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 33–37, 61–63, 180–187, 199–205.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 128–143, 169–178, 187–188, 191–193.
4. *Физиология человека* / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 242–274.

Дополнительная

1. *Эндокринология*. Внутренние болезни. В 10 кн. Кн. 9 / пер. с англ. ; под ред. Е. Браунвальда [и др.]. М.: Медицина, 1997. 464 с. С. 7–24, 31–35, 40–42, 44, 74–78, 88–89, 248–258, 270–282.
2. *Болезни органов эндокринной системы* : рук. для врачей / под ред. акад. РАМН И. И. Дедова. М.: Медицина, 2000. 568 с.
3. *Фаллер, Д. М. Шилдс* Молекулярная биология клетки : рук. для врачей ; пер. с англ. / Д. М. Фаллер Шилдс. М.: Бином-Пресс, 2003. 272 с.; гл. 2. С. 51–75; гл. 9, 10. С. 199–245.
4. *Кубарко, А. И.* Физиология эндокринной системы : учеб.-метод. пособ. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев. Минск: МГМИ, 1995. 27 с.
5. *Бертрам, К. Катцунг*. Базисная и клиническая фармакология. В 2 т. Т. 2 / К. Бертрам Катцунг. М.–СПб.: Бином–Невский Диалект, 1998. С. 89–125.
6. *Молекулярная эндокринология*. Фундаментальные исследования и их отражение в клинике / пер. с англ. ; под ред. Б. Д. Вайнтрауба, Ю. А. Панкова. М.: Медицина, 2003. 494 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 13.1. ОЦЕНКА РОСТА ЧЕЛОВЕКА

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

Рост — интегральный показатель влияния генетических, гормональных, тканевых и внешних факторов на кость и другие ткани организма. Генетическая программа роста реализуется через гуморальную эндокринную систему, включающую все известные гормоны (тиреоидные, инсулин, кальцийрегулирующие, надпочечниковые, половые), но особое значение имеет гипоталамо-гипофизарная регуляция роста, центральным звеном которой является соматотропин. Соматотропин (СТГ — соматотропный гормон, ГР — гормон роста) — основной гормон, стимулирующий линейный рост. СТГ способствует росту костей в длину, росту и дифференцированию внутренних орга-

нов, развитию мышечной ткани. Основные эффекты СТГ на уровне костной ткани состоят в стимуляции роста хряща, синтеза белка, индуцировании митоза клеток. Ростостимулирующие эффекты СТГ опосредуются инсулиноподобными факторами роста (ИФР-I, ИФР-II), иначе называемыми соматомединами, которые под влиянием ГР синтезируются, главным образом, в печени и почках. Линейный рост человека завершается с закрытием зон роста под влиянием половых гормонов.

Методика исследования соматотропной функции гипофиза включает:

- антропометрические исследования (оценку роста по сравнению с прогнозируемым ростом, оценку скорости роста и пропорций тела);
- рентгенологические исследования (рентгенография кисти с лучезапястным суставом, рентгенография черепа, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография головного мозга для определения костного возраста, визуализации турецкого седла и состояния костей черепа);
- гормональная диагностика радиоиммунными наборами (для исследования содержания и спонтанной суточной секреции СТГ и соматомединов, регистрации уровней СТГ во время сна, при физической нагрузке, при проведении фармакологических проб со стимуляторами и блокаторами секреции ГР).

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

$\text{Прогнозируемый конечный рост мужчины} = (\text{рост отца} + \text{рост матери} + 13 \text{ см}) : 2$ $\text{Прогнозируемый конечный рост женщины} = (\text{рост отца} + \text{рост матери} - 13 \text{ см}) : 2$

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

Материалы и оборудование: деревянный ростомер или металлический стадиометр.

Для проведения работы необходимо знание роста родителей.

Ход работы. Измерение роста проводят в положении стоя с помощью деревянного ростомера, который представляет собой доску с делениями на сантиметры и со скользящей по ней горизонтальной планкой, или металлического стадиометра. Во избежание ошибок измерения и для получения точ-

ных результатов необходимо соблюдать ряд условий. Испытуемый должен стоять без обуви (в тонких носках) в правильной позиции: руки по швам; пятки вместе; пятки, ягодицы и лопатки прижаты к доске ростомера. Голова располагается в позиции «плоскости Франкфурта», т. е. нижний край глаза и наружный слуховой проход должны находиться на одной горизонтальной линии. Измерения проводят на выдохе. Планку ростомера опускают на голову измеряемого, не очень надавливая, но в то же время учитывая развитие волосяного покрова. Измерения проводят с точностью до 0,5 см.

Расчет прогнозируемого роста измеряемого человека проводят по вышеуказанной формуле в зависимости от его пола с учетом роста родителей испытуемого. Оценку полученного результата проводят путем сопоставления измеренного роста человека с его рассчитанным прогнозируемым ростом. Отклонение измеренной величины роста рассматривается как нормальное, если оно находится в пределах 2 СО от расчетной величины роста. У детей оценку роста следует проводить с помощью центильных таблиц. При этом важно учитывать также скорость роста ребенка, особенно, если она выходит за пределы 4–12 см/год.

Указания к оформлению протокола:

1. Проведите измерение роста у испытуемого с помощью ростомера.
2. Проведите расчет прогнозируемого роста испытуемого.
3. Оцените полученный результат измерения, сравнив его с прогнозируемым ростом человека.
4. Ответьте на вопрос о том, как повлияет избыток и недостаток гормона роста или половых гормонов в детском и юношеском возрасте на конечный рост человека.

ПРОТОКОЛ

1. Рост испытуемого равен _____ см. Пол испытуемого _____.
2. Рост родителей испытуемого: матери _____ см; отца _____ см.
Расчет прогнозируемого роста испытуемого (ПРИ)
 $\text{ПРИ} = (\text{рост отца} + \text{рост матери} \pm 13 \text{ см}) : 2 = \text{_____ см.}$
3. Вывод. Рост испытуемого _____ (в норме, патологически высокий, патологически низкий).
4. Избыток в детском и юношеском возрасте гормона роста или недостаток половых гормонов могут привести к патологически _____ росту. Недостаток в детском и юношеском возрасте гормона роста или избыток половых гормонов могут привести к патологически _____ росту.

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »
число месяц год

Занятие 14. Физиология эндокринной системы 2

Цели:

- сформировать комплексные представления о локализации, строении и эндокринной функции щитовидной и паращитовидных желез, надпочечников и поджелудочной железы, тимуса и апудоцитов кишечника; о гормонах сердца, печени и почек;
- изучить гормональные механизмы развития стресса, а также поддержания кальций-фосфорного баланса.

Задачи:

- изучить основные проявления эндокринной регуляции физиологических функций (недостаточности или избыточности гормональной регуляции в зависимости от функциональной активности желез и состояния клеток-мишеней, их рецепторов и пострецепторных механизмов) гормонами щитовидной и паращитовидных желез, надпочечников и поджелудочной железы, тимуса и апудоцитов кишечника, сердца, печени и почек;
- получить понятие об общих принципах использования гормонов для коррекции функций организма.

Основные вопросы:

1. Щитовидная железа: виды эндокринных клеток и их гормоны. Тиреоидные (йодсодержащие) гормоны, механизмы их действия и вызываемые ими эффекты. Участие тиреоидных гормонов в процессах адаптации. Регуляция секреции гормонов. Характерные проявления избыточного или недостаточного выделения гормонов.
2. Кальцитонин, его роль в регуляции обмена кальция и фосфора. Околощитовидные железы. Гормоны. Регуляция гомеостаза кальция и фосфора в организме. Роль кальцитонина, паратгормона и кальцитриола в этом процессе. Рекомендации по здоровому образу жизни для сохранения кальциевого гомеостаза в целостном организме и в костной ткани в разные возрастные периоды и при различных физиологических состояниях (дети, взрослые, пожилые люди, беременные и кормящие женщины).
3. Надпочечники. Гормоны коркового и мозгового вещества надпочечников. Механизмы действия гормонов и вызываемые ими эффекты. Регуляция секреции гормонов. Характерные проявления недостаточной или избыточной секреции гормонов. Роль гормонов коры надпочечников в развитии стресса.
4. Понятие о гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadреналовой системах.
5. Участие желез внутренней секреции в приспособительной деятельности организма. Общий адаптационный синдром, стресс: нервные и гормональные механизмы их развития.

6. Гормоны поджелудочной железы и их роль в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена. Регуляция секреции гормонов. Механизмы действия гормонов. Понятие о состояниях гипер- и гипогликемии и их причинах.

7. Вилочковая железа и ее гормоны. Понятие об APUD-системе кишечника. Эндокринная функция: сердца, печени, почек.

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

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Как регулируется секреция минералокортикоидов, какие основные эффекты в организме они вызывают, в чем проявляется недостаток и избыток минералокортикоидов? Может ли существовать организм при полном удалении надпочечников?

2. Как регулируется секреция глюкокортикоидов, какие основные метаболические эффекты они вызывают?

3. Что такое системные неметаболические эффекты глюкокортикоидов? Чем проявляется избыток и недостаток глюкокортикоидов в организме?

4. Как регулируется образование и секреция тиреоидных гормонов фолликулярными клетками щитовидной железы. Какова в этих процессах роль йода, поступающего в организм? Почему при радиоактивном выбросе на ЧАЭС пострадала прежде всего щитовидная железа?

5. Каковы основные метаболические и функциональные эффекты тиреоидных гормонов и чем проявляется в организме их избыток и недостаток?

6. Как регулируется секреция инсулина и глюкагона, каковы основные метаболические эффекты этих гормонов, в чем проявляется их недостаток и избыток в организме?

7. Объясните, как регулируется содержание в организме кальция. Перечислите основные кальций-регулирующие гормоны и другие гормоны, влияющие на обмен кальция. В чем проявляется избыток и недостаток кальций-регулирующих гормонов в организме?

8. Какая существует связь между регуляцией обмена кальция, ультрафиолетовым облучением кожи и развитием рахита у детей?

9. Объясните, что такое стресс и какое значение в его механизмах имеет эндокринная система?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. *Физиология человека* / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 187–205.

3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 178–190, 193–199.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 242–275.

Дополнительная

1. *Молекулярная эндокринология. Фундаментальные исследования и их отражение в клинике* ; пер. с англ. / под ред. Б. Д. Вайнтрауба, Ю. А. Панкова. М.: Медицина, 2003. 494 с.
2. *Нил, М. Дж.* Наглядная фармакология ; пер. с англ. / М. Дж. Нил. М.: ГЭОТАР Медицина, 1999. 104 с. С. 72–79.
3. *Болезни щитовидной железы* ; пер. с англ. / под ред. Л. И. Бравермана. М.: Медицина, 2000. 432 с. С. 1–37 (Механизм действия тиреоидных гормонов).
4. *Болезни органов эндокринной системы* : рук. для врачей / под ред. акад. РАМН И. И. Дедова. М.: Медицина, 2000. 568 с.
5. *Холик, М. Ф.* Обмен кальция, фосфора и костной ткани, кальцийрегулирующие гормоны / М. Ф. Холик, С. М. Крейн, Д. Т. Поттс // *Внутренние болезни*. В 10 кн. Кн. 9 ; пер. с англ. / под ред. Е. Браунвальда [и др.]. М.: Медицина, 1997. 464 с.; гл. 335. С. 348–371.
6. *Бертрам, К. Катцунг* Базисная и клиническая фармакология. В 2-х т. / К. Бертрам Катцунг. М.–СПб.: Бином–Невский Диалект, 1998. Т. 2. С. 89–125.
7. *Кубарко, А. И.* Физиология эндокринной системы : учеб.-метод. разр. / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев. Минск: МГМИ, 1995. 27 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 14.1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАТЕХОЛАМИНОВ КАК ГОРМОНОВ (МОЗГОВОГО ВЕЩЕСТВА НАДПОЧЕЧНИКОВ) И КАК НЕЙРОМЕДИАТОРОВ (СИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛА АНС) НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (ЧАСТОТУ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ КРОВИ) (ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ РАБОТА)

Ход работы. Войдите в программу «Physiol 2». Выберите команды **Help** → **Preparation** и объясните схему проведения эксперимента на виртуальной крысе. Через команды **Continue** → **Help** → **Drugs** покажите вещества, которые будут использоваться для анализа нейромедиаторных механизмов. Далее моделируйте проведение эксперимента, по ходу которого студенты должны делать соответствующие записи и рисунки в протоколе работы.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите показатели работы сердечно-сосудистой системы в исходном состоянии, при стимуляции симпатических нервов, иннервирующих сердце и мозговое вещество надпочечников, в том числе на фоне применения разных видов адреноблокаторов, а также при отдельном и совместном введении норадреналина и адреналина, указав во всех случаях частоту сер-

дечных сокращений (ЧСС) за 1 мин и артериальное давление (АД) крови (в мм рт. ст.): систолическое (АД_с), диастолическое (АД_д) и среднее гемодинамическое (АД_{срд}).

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

ПРОТОКОЛ				
Воздействия на сердце	ЧСС	АД_с	АД_д	АД_{срд}
Исходные показатели				
Стимуляция Symp. Nerves to heart T1				
Стимуляция Symp. Nerves to adrenals T6–8				
Phentolamine(α-адреноблокатор), 100 mg/kg				
Phentolamine(α-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T1				
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg				
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T1				
Propranolol (β-адреноблокатор), 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to adrenals T6–8				
Введение noradrenaline, 5μg/kg				
Введение adrenaline, 5μg/kg				
Вывод: _____				

ТЕМЫ ЗАНЯТИЙ ПО РАЗДЕЛУ ЗАЧТЕНЫ _____

подпись преподавателя

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

«	_____	»	_____	_____
	число		месяц	год

Занятие 15. Гемодинамика.

Функциональные показатели кровообращения

Цели:

– изучить роль системы кровообращения в обеспечении метаболических потребностей органов, тканей и целостного организма. Сформировать представление о системном, органном и местном кровотоке. Изучить структурно-функциональную организацию сосудистой системы, факторы, обуславливающие движение крови по сосудам, процессы и механизмы транскапиллярного обмена в микроциркуляторном русле, механизмы образования лимфы;

– научиться использовать полученные теоретические знания для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Задачи:

– изучить функции сердечно-сосудистой системы, физиологические особенности кровотока в артериальном, венозном отделах сосудистой системы и микроциркуляторном русле. Усвоить нормативы и физиологическое значение основных показателей кровообращения (АД, ЦВД, ОПС, объемная и линейная скорости кровотока, артериальный пульс). Уметь объяснить зависимость величины давления крови от показателей работы сердца, объема циркулирующей крови, тонуса сосудов, реологических свойств крови. Освоить методики исследования свойств артериального пульса и измерения АД крови.

Основные вопросы:

1. Роль и место системы кровообращения в обеспечении метаболизма. Круги кровообращения и их функциональная характеристика.
2. Морфологическая и функциональная классификация сосудов.
3. Основные законы гемодинамики. Понятие о системном, органном и местном кровотоке.
4. Факторы, обуславливающие движение крови по сосудам. Объемная и линейная скорости кровотока в различных отделах сосудистого русла.
5. Взаимосвязь между величинами давления крови, объемного кровотока и периферического сопротивления кровотоку. Основные показатели кровотока (давление крови, скорость кровотока, сопротивление) в артериальном, микроциркуляторном и венозном участках сосудистого русла.
6. Кровяное давление, его виды и роль. Факторы, определяющие величину кровяного давления. Давление крови в различных участках сосудистого

русла. Артериальное давление крови при различных функциональных состояниях организма. Понятие о нормальных величинах АД, возрастные изменения АД.

7. Методики измерения кровяного давления.

8. Артериальный пульс, его происхождение и клинико-физиологические характеристики. Скорость распространения пульсовой волны, методы исследования и регистрации пульса. Анализ сфигмограммы.

9. Органный кровоток и его зависимость от величины системного АД и сопротивления кровотоку.

10. Структурно-функциональная характеристика основных компонентов микроциркуляторного русла. Механизмы трансапиллярного обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями. Факторы, влияющие на трансапиллярный обмен.

11. Функции лимфатической системы. Механизмы образования и оттока лимфы.

12. Ток крови в венозных сосудах, венозный возврат крови. Давление крови в венах. Центральное венозное давление. Венный пульс.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Рассчитайте величину МОК, необходимую для удовлетворения метаболических потребностей организма в состоянии покоя.

2. Приведите следующие значения показателей гемодинамики большого и малого кругов кровообращения: МОК, АД ($AD_{\text{сист}}$, $AD_{\text{диаст}}$ и $AD_{\text{средн}}$), сопротивление току крови. Объясните, почему часть из них отличается.

3. Сравните важнейшие морфофункциональные характеристики структур стенки аорты, крупных артерий, артериол, капилляров и вен (растяжимость, сократимость, проницаемость) и объясните, как они отличаются и почему.

4. В каких органах и тканях органный кровоток в покое пропорционален их метаболическим потребностям и в каких он выше и почему?

5. Рассчитайте чему должно быть равно давление крови в полых венах, если величина среднего давления в аорте равна 100 мм рт. ст., величина периферического сопротивления кровотоку — 20 мм рт. ст./л, МОК — 5 л.

6. Рассчитайте величину кровотока в почках (л/мин), если величина среднего давления крови в почечной артерии составляет 95 мм рт. ст., в почечной вене — 5 мм рт. ст., сопротивление кровотоку — 80 мм рт. ст./л. Сравните полученную величину с общей величиной МОК в покое.

7. Рассчитайте (используя данные задачи 6) величину кровотока в почках (мл/мин), необходимую для удовлетворения их метаболических потребностей, если известно, что почки потребляют 8 % от объема кислорода, поглощаемого человеком в 1 мин в состоянии покоя.

8. Артериография левой почечной артерии больного показала уменьшение радиуса артерии на 50 %. Рассчитайте ожидаемое изменение кровотока через суженную артерию.

9. Перечислите факторы, определяющие величину системного артериального давления. Какие факторы преимущественно определяют величину систолического и диастолического АД? Назовите основную причину возрастного увеличения систолического АД.

10. Какие способы, исходя из знания факторов, определяющих величину давления крови, может применить врач для снижения АД и для повышения АД? Аргументируйте ваш ответ.

11. Как зависит величина ОПС от тонуса сосудов? Как влияют системное АД, тонус артериол и вен на местный кровоток?

12. Какие факторы обеспечивают возврат венозной крови в сердце? Как и почему изменится величина венозного возврата крови к сердцу при глубоком вдохе и глубоком выдохе?

13. Как изменится величина венозного возврата при веноконстрикции и венодилатации? Как это отразится на величине УО?

14. Какие изменения в гемодинамике происходят у человека, находящегося длительное время в положении стоя, и почему они могут привести к головокружению и даже к потере сознания?

15. Дайте определение понятиям «наполнение, напряжение, скорость пульса». Какие факторы влияют на данные характеристики пульса?

16. Объясните, в чем разница между понятиями «скорость пульса», «скорость распространения пульсовой волны» и «линейная скорость кровотока».

17. Как изменяется величина напряжения пульса при артериальной гипер- и гипотензии по сравнению с нормой.

18. Что такое микроциркуляция? Перечислите механизмы транспорта веществ на уровне микроциркуляторного русла: 1; 2; 3; 4.

19. От каких факторов и как зависит скорость диффузии веществ на уровне микроциркуляторного русла? Приведите примеры.

20. Какой вид транспорта через стенку капилляра характерен для кислорода, углекислого газа, воды, липо- и гидрофильных низкомолекулярных веществ, для высокомолекулярных соединений?

21. Перечислите факторы, определяющие объем фильтрующейся/реабсорбируемой жидкости на артериальном/венозном концах капилляра. Приведите уравнение Старлинга для расчета фильтрационного/реабсорбирующего давления на артериальном/венозном концах капилляра.

22. Гидростатическое давление крови в капилляре $P_{\text{гидр. кр.}} = 30$ мм Нг, гидростатическое давление интерстициальной жидкости $P_{\text{гидр. интер.}} = 2$ мм Нг, коллоидно-осмотическое давление крови $P_{\text{онкот. кр.}} = 25$ мм Нг, коллоидно-осмотическое давление интерстициальной жидкости $P_{\text{онкот. интер.}} = 2$ мм Нг. Рассчитайте результирующую силу, обеспечивающую движение жидкости

через стенку капилляра, и укажите ее направление (фильтрация или реабсорбция?).

23. Как влияют на скорость транскапиллярного обмена артериальное и венозное давление крови?

24. Перечислите основные факторы, которые могут привести к интерстициальному отеку. Объясните механизм развития отеков тканей при изменении физико-химических свойств (каких?) крови.

25. Сопоставьте механизмы развития тканевых отеков при длительном голодании и при повышении проницаемости почечных барьеров для высокомолекулярных веществ.

26. Какими способами, исходя из механизмов образования отеков, можно уменьшить отечность ткани?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Дополнительная информация к занятию (С. 157–158 практикума).
2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 271–273; 297–308; 327–331.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 236–245; 261–262; 271–278; 317–326; 333–339.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 448 с. С. 363–378; 396–400.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 498–525; 560–565.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 15.1. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АРТЕРИАЛЬНОГО ПУЛЬСА МЕТОДОМ ПАЛЬПАЦИИ

Артериальный пульс — ритмические колебания стенки артерии, обусловленные выбросом крови из сердца в артериальную систему и изменением в ней давления в течение систолы и диастолы.

Ход работы. Охватите правой рукой кисть обследуемого в области лучезапястного сустава так, чтобы большой палец располагался на тыльной стороне предплечья, а остальные — на его передней латеральной поверхности. Нащупав лучевую артерию, тремя пальцами прижимайте ее к подлежащей кости до появления ощущения под пальцами пульсовых толчков. Оцените пульс по следующим показателям:

1. Ритм пульса. Определите его по сопоставлению длительности интервалов между пульсовыми ударами. У здорового человека пульсовые волны следуют друг за другом через равные промежутки времени. В норме может встречаться так называемая «дыхательная аритмия», при которой частота пульса возрастает на вдохе и уменьшается при выдохе. Дыхательная аритмия чаще встречается у молодых людей и у лиц с лабильной вегетативной нервной системой.

2. Частота пульса. Подсчитайте количество пульсовых толчков в течение минуты. Частота пульса у разных людей в физиологических условиях может колебаться в пределах 60–90 уд/мин в зависимости от возраста, пола, роста и т. д.

3. Наполнение (амплитуда) пульса — субъективный показатель, оцениваемый пальпаторно по высоте подъема артериальной стенки и наибольшему объему артерии во время систолы сердца. Наполнение пульса зависит от систолического объема крови, объема циркулирующей крови, эластичности стенок артерий.

4. Напряжение пульса — субъективный показатель, оцениваемый по величине силы надавливания на артерию, достаточной для исчезновения ее пульсации дистальнее места прижатия. Напряжение пульса зависит от величины систолического артериального давления. При нормальном давлении крови напряжение пульса оценивается как умеренное. Чем выше давление, тем труднее полностью сдавить артерию, и при высоком давлении пульс оказывается напряженным или твердым. При низком артериальном давлении артерия сдавливается легко, и пульс оценивается как мягкий.

5. Скорость пульса — субъективный показатель, определяемый пальпаторно по скорости достижения артериальной стенкой максимальной амплитуды колебаний. Скорость пульса зависит от скорости прироста давления в артериальной системе в течение систолы. Если во время систолы в аорту выбрасывается больше крови и давление в ней быстро возрастает, то будет наблюдаться более быстрое достижение наибольшей амплитуды растяжения артерии. Такой пульс называется быстрым и встречается при недостаточности клапанов аорты. При медленном приросте давления в артериальной системе во время систолы определяется медленный пульс, наблюдаемый, в частности, при стенозе устья аорты.

Скорость пульса определяется объективно по данным анализа анакроты на сфигмограмме.

Задание для оформления результатов работы

Определите перечисленные показатели свойств пульса путем их сравнения при одновременной пальпации пульса у двух человек. Занесите в таблицу показатели вашего пульса, оцененные другими студентами, а во вторую графу «частота» — минимальные, максимальные и средние значения частоты пульса, определенные у всех студентов вашей группы.

Таблица 14

Свойство пульса	Норма	Варианты отклонения	Данные обследования
Ритм	Ритмичный	Аритмичный	
Частота	60–90	Редкий (брадикардия), частый (тахикардия)	
Частота	–	–	мин ____, макс ____, ср ____.
Наполнение	Хорошее	Слабое, нитевидный пульс	
Напряжение	Умеренное	Мягкий пульс, твердый пульс	
Скорость	Нормальная	Быстрый пульс, медленный пульс	

Вывод: (сравните результаты с нормой) _____

Работа 15.2. ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПУЛЬСА ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА СФИГМОГРАММ

Для выполнения работы используют компьютерную программу «Heart Sounds». После запуска программы выбирают мышкой из главного меню опцию «General Tutorials» и щелчком по этому значку переходят в следующее окно. В нем выбирают опцию «Hemodynamics», активируют ее и переходят в следующее окно, в котором выбирают опцию «Normal Left Heart Pressures and the Carotid Pulse». На экране монитора появляется видеоизображение, имитирующее сокращение и расслабление левого желудочка; изменение положения атриовентрикулярного и аортального клапанов во время систолы и диастолы; динамику перемещения крови.

На графиках (сверху вниз) наблюдают поликардиографическую синхронную регистрацию ЭКГ, пульсовых колебаний давления крови в аорте (Ao); фонокардиограммы (Phono); изменения давления крови в левом предсердии (LA) и левом желудочке (LV). Внимательно проанализируйте и сравните динамику этих показателей во время систолы и диастолы.

Щелкните мышкой по значку «Carotid». На экране появятся кривая изменения пульсового давления (сфигмограмма) сонной артерии и фонокардиограмма. Сравните вид и временную динамику пульсового давления в сонной артерии и в аорте. Обратите внимание на временные соотношения 1-го и 2-го тонов и основных элементов сфигмограммы: анакроты, катакроты, инцизуры, дикротического зубца.

Щелкните мышкой по значку «Ao» и отметьте на кривой временные соотношения 1-го и 2-го тонов, минимального диастолического давления крови в аорте, начала подъема в ней систолического давления крови, достижения максимальной величины давления крови в аорте, понижения давления на уровне инцизуры и дикротического зубца. Сравните характер изменения систолического и диастолического давлений в аорте.

Подсчитайте частоту имитированных сокращений сердца, длительность одиночного сердечного цикла.

Активировав стрелку \Leftarrow , вернитесь в окошко «General Tutorials», перейдите и активируйте окошко «Inspection and Palpation». После активации в этом окне значка «Carotid Pulse» на экране появляется нормальная сфигмограмма пульсовых колебаний *a. carotis*. Сравните на ней скорости анакроты и катакроты, обратите внимание на положение дикротического зубца. Щелкните по значку «Labels» и запомните, как можно по сфигмограмме определить период изгнания крови (Systolic Ejection Period). Еще раз сопоставьте временные соотношения начала анакроты и инцизуры сфигмограммы с положением 1-го и 2-го тонов на фонокардиограмме. Активировав щелчком значок «Aortic Regurgitation», а затем «Labels», пронаблюдайте как изменяется характер сфигмограммы при недостаточности аортальных клапанов и регургитации крови. Вернитесь к нормальной сфигмограмме, активировав значок «Return to Normal», и затем пронаблюдайте как изменяется характер сфигмограммы при аортальном стенозе, активировав значок «Aortic Stenosis». Сравните продолжительность периодов систолического изгнания крови и скорость достижения максимальной амплитуды пульсового колебания (анакроты) при недостаточности аортальных клапанов и при аортальном стенозе.

Выйдите из программы, последовательно активировав значки «Exit», «Yes», «Exit».

Задание для оформления результатов работы

На основании ваших наблюдений ответьте на следующие вопросы:

1. С какой частотой имитировалось сокращение сердца _____; какова была продолжительность сердечного цикла _____ сек.?

2. С возникновением какого тона совпадает начало прироста давления крови в аорте и каротидной артерии _____; каким элементом сфигмограммы отражается этот прирост давления крови _____?

3. С возникновением какого тона совпадает по времени регистрация на сфигмограмме дикротического зубца _____; какое событие в гемодинамике является причиной возникновения дикротического зубца _____?

4. Как вы назовете пульс, регистрируемый при аортальном стенозе _____ и при недостаточности аортальных клапанов _____?

5. Почему в нормальных условиях скорость изменения анакроты выше, чем скорость изменения катакроты _____?

6. Как изменяется скорость прироста анакроты при аортальном стенозе _____, почему _____; как изменяется скорость прироста анакроты при недостаточности аортальных клапанов _____, почему _____?

Работа 15.3. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ АУСКУЛЬТАТИВНЫМ МЕТОДОМ КОРОТКОВА

Предложите обследуемому сесть на стул и положить расслабленную руку на стол ладонью вверх. Наложите ему на обнаженное плечо (на уровне сердца) манжету так, чтобы она плотно охватывала плечо, но не сдавливала ткани (между манжетой и кожей должен проходить один палец). Нижний край манжеты должен быть выше локтевой ямки на 2–3 см. В локтевой ямке пропальпируйте пульсирующую плечевую артерию, на место ее проекции поставьте фонендоскоп. Нагнетая воздух в манжетку, создайте в ней давление примерно на 30 мм рт. ст. выше, чем в артерии, при этом пульс на лучевой артерии должен исчезнуть. Медленно открывая винтовой клапан и постепенно выпуская воздух из манжетки, выслушайте сосудистые тоны в плечевой артерии. Появление тонов соответствует моменту, когда давление в манжетке примерно сравнялось по величине с максимальным или систолическим давлением крови в плечевой артерии. Продолжая снижать давление в манжетке, прослушайте нарастающую силу тонов, которые затем ослабевают и исчезают. Исчезновение тонов соответствует моменту, когда давление в манжетке примерно сравнивается по величине с минимальным или диастолическим давлением крови в плечевой артерии. Не снимая манжетки, повторите через 2–3 мин измерение артериального давления. Время, в течение которого измеряется артериальное давление, не должно превышать 1 мин, в противном случае в дистальной части конечности отмечаются признаки нарушения кровообращения.

Результаты:

Систолическое (максимальное) давление — _____ (норма — 100–140 мм рт. ст.).

Диастолическое (минимальное) давление — _____ (норма — 60–90 мм рт. ст.).

Вывод: (сравните результаты с нормой) _____

Работа 15.4. АНАЛИЗ КРИВОЙ ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ, ИЗМЕРЕННОГО ПРЯМЫМ МЕТОДОМ

Для выполнения работы используют компьютерную программу «Prat». Щелчком клавиши мышки откройте окошко «Prat», введите ваше имя, активируйте значок «ОК».

Активируйте значок «Help», а затем «Preparation». На экране появится схема опыта на экспериментальной крысе. Из схемы видно, что животному можно через катетер в периферическом сосуде системного русла вводить различные вещества. В артерию животного введен 2-й катетер для прямой

регистрации давления крови (Blood Pressure — BP) и частоты сокращений сердца (Heart Rate — HR).

Ознакомившись со схемой опыта, активируйте значок «Continue» и наблюдайте на экране кривые изменений артериального давления крови и частоты сокращений сердца. Отметьте, что у животного в исходном состоянии регистрируются повторяющиеся пульсовые волны колебания артериального давления (АД) крови во время каждого сердечного сокращения. Величина этих колебаний составляет: 111 мм рт. ст. для систолического давления — «BP sys», 68 мм рт. ст. для диастолического — «BP dia», 81 мм рт. ст. (линия розового цвета) для среднего давления крови — «BP mea». Частота сокращений сердца (ЧСС) составляет 161 уд/мин (H.R. bpm).

Приготовьтесь для записи результатов опытов и отсчета времени. Активируйте значок «Drugs» и выберите из предложенного меню для введения животному адреналин. Щелчком активируйте значок «Adrenaline» и выберите концентрацию вещества для введения 20 мкг/кг. Приготовьтесь для записи результатов опыта и отсчета времени и введите адреналин в сосудистое русло щелчком по значку «Inject Drug».

После возврата показателей гемодинамики животного к исходным значениям повторите точно такой же опыт с введением 20 мкг/кг норадреналина.

Задание для оформления протокола опыта

А. Влияние адреналина. Внесите изменившиеся значения артериального давления: АД_{сист.} _____, АД_{диаст.} _____, АД_{средн.} _____; частоты сокращений сердца ЧСС _____ уд/мин; отметьте, через какой промежуток времени после введения адреналина проявилось его влияние _____ сек. и когда зарегистрированные измененные показатели вернулись к исходным значениям _____ мин. По данным максимальных отклонений рассчитайте величину пульсового давления _____ мм рт. ст. и сравните ее с исходной _____ мм рт. ст. С учетом различий в причинной обусловленности величин систолического и диастолического давлений крови, объясните на какие показатели _____ и процессы _____

в сердечно-сосудистой системе оказывает влияние адреналин. Через преимущественную стимуляцию каких рецепторов достигается его влияние на тонус сосудов _____, работу сердца _____?

Б. Влияние норадреналина. Запишите новые значения артериального давления: АД_{сист.} _____, АД_{диаст.} _____, АД_{средн.} _____; частоты сокращений сердца ЧСС _____ уд/мин; отметьте, через какой промежуток времени после введения норадреналина проявилось его влияние _____ сек. и когда регистрируемые показатели вернулись к исходным значениям _____ мин? По данным максимальных отклонений рассчитайте величину пульсового давления _____ мм рт. ст. и сравните ее с исходной _____ мм рт. ст. С учетом различий в причинной обусловленности величин систолического и диа-

столического давлений крови, объясните, на какие показатели _____
_____ и процессы _____

_____ в сердечно-сосудистой системе оказывает влияние норадреналин. Через преимущественную стимуляцию каких рецепторов достигается его влияние на тонус сосудов _____,
работу сердца _____?

Внесите данные в протокол:

Показатель	Исходное значение	Адреналин 20 мкг/кг	Норадреналин 20 мкг/кг
Част.сокр. сердца			
АД сист. мм рт. ст.			
АД диаст. мм рт. ст.			
АД средн. мм рт. ст.			
Пульсовое давл. мм рт. ст.			

Сделайте заключение: в чем проявляется наибольшее различие во влиянии адреналина и норадреналина на регистрировавшиеся показатели гемодинамики _____

Работа 15.5. Просмотр учебного видеофильма «Микроциркуляция»

Задание для оформления протокола.

1. Внесите нормативные данные: средняя линейная скорость кровотока в капиллярах _____; величина давления крови в артериальном капилляре _____; венозном капилляре _____.

2. Перечислите механизмы транскапиллярного обмена веществ на уровне микроциркуляторного русла: 1) _____; 2) _____; 3) _____; 4) _____.

3. Приведите уравнение диффузии _____; прокомментируйте, какие главные факторы определяют скорость диффузии веществ на уровне микроциркуляторного русла _____.

4. Какой преимущественный вид транспорта через стенку капилляра характерен для кислорода _____; углекислого газа _____; воды _____; глюкозы _____; липофильных веществ _____; высокомолекулярных соединений _____.

5. Приведите уравнение Старлинга для расчета фильтрационного/реабсорбирующего давления _____.

6. Прокомментируйте, какие главные факторы определяют объем фильтрата _____ и объем реабсорбируемой жидкости _____ в микроциркуляторном русле.

7. Как влияют на скорость трансапиллярного обмена повышение величин артериального _____ и венозного _____ давлений крови?

8. Перечислите основные факторы, которые могут привести к развитию интерстициального отека _____

9. В чем состоит общность _____ и различие _____

в механизмах развития тканевых отеков при длительном голодании и при повышении проницаемости почечных барьеров для высокомолекулярных веществ?

10. Какими способами, исходя из механизмов образования отеков, можно уменьшить отечность ткани _____ ?

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 16. Физиологические свойства и особенности миокарда

Цель: изучить физиологические свойства, особенности метаболизма и кровоснабжения миокарда, обеспечивающие насосную функцию сердца.

Задачи:

Изучить:

- особенности метаболизма и кровоснабжения миокарда в состоянии относительного покоя и при физической нагрузке;
- строение, физиологические свойства проводящей системы сердца и сократительного миокарда;
- механизмы автоматии, ход распространения возбуждения по проводящей системе сердца;
- механизмы возбуждения кардиомиоцитов и распространение возбуждения по сократительному миокарду;
- временные соотношения возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда;
- основные законы сокращения сердца, их механизмы и значение.

Ознакомиться с методами исследования физиологических свойств миокарда.

Основные вопросы:

1. Функции предсердий, желудочков и клапанов сердца. Направление потоков крови в сердце. Связь большого и малого кругов кровообращения.

2. Особенности метаболизма и кровоснабжения миокарда в состоянии относительного покоя и при физической нагрузке. Коронарный кровоток в миокарде правого и левого желудочков в систолу и диастолу.

3. Строение и функции проводящей системы сердца. Механизмы автоматии. ПД клеток проводящей системы, его фазы и ионные механизмы. Градиент автоматии. Ход распространения возбуждения по проводящей системе сердца.

4. Физиологические свойства сократительного миокарда. ПД клеток сократительного миокарда, его фазы и ионные механизмы. Электромеханическое сопряжение, роль ионов Ca^{2+} . Распространение возбуждения по сократительному миокарду.

5. Временные соотношения возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда. Реакция сердечной мышцы на дополнительное раздражение. Понятие об экстрасистоле.

6. Законы сокращения сердца. Понятие о пред- и постнагрузке.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Рассчитайте величину коронарного кровотока левого желудочка в состоянии покоя, если известно, что потребление O_2 миокардом составляет 30 мл/мин, КУК — 75 %, содержание Hb — 150 г/л.

2. Рассчитайте величину коронарного кровотока левого желудочка в условиях тяжелой физической нагрузки, если известно, что потребление O_2 миокардом составляет 128 мл/мин, КУК — 80 %, содержание Hb — 150 г/л.

3. Рассчитайте, во сколько раз должен измениться просвет коронарных артерий, исходя из уравнения Пуазейля ($Q = \Delta P \pi r^4 / 8 \eta l$), в условиях тяжелой физической нагрузки. Используйте значения минутного кровотока через коронарные сосуды в покое и при физической нагрузке, рассчитанные при решении 1-й и 2-й задач. Другие факторы, влияющие на кровоток, остались неизменными.

4. В какой части миокарда более вероятно возникновение ишемии при коронарной недостаточности, возникшей во время физической нагрузки, почему?

5. На каких функциях и процессах, осуществляемых в миокарде, прежде всего отразится состояние ишемии, почему?

6. Как и почему изменяется способность к автоматии клеток проводящей системы сердца по мере удаления от синоатриального узла? Почему в нормальных условиях единственный водитель ритма сердца — синоатриальный узел?

7. Почему возбуждение проводится от синоатриального узла к миокарду желудочков по проводящей системе сердца, а не непосредственно от миокарда предсердий к миокарду желудочков?

8. Почему денервированное или пересаженное в другой организм сердце продолжает сокращаться. В чем заключается разница в механизмах возбуждения клеток скелетных мышц и сократительных кардиомиоцитов. Объясните механизм проведения возбуждения от волокон Пуркинье к клеткам сократительного миокарда.

9. Учитывая, что волокна Пуркинье не подходят к каждому кардиомиоциту, объясните, как осуществляется вовлечение в процесс возбуждения и синхронизация сокращения других клеток миокарда. В чем смысл понятия, что миокард является функциональным синцитием?

10. На основании анализа последовательности ионных процессов возбуждения и электромеханического сопряжения в миокарде, сделайте заключение, как может измениться характер возбуждения и сокращения при понижении и при повышении уровня внеклеточного Ca^{2+} , K^{+} .

11. Что такое пред- и постнагрузка, от каких факторов зависят их величины и как пред- и постнагрузка влияют на характер сокращения миокарда?

12. Объясните, почему толщина миокарда левого желудочка больше, чем правого, если МОК для них одинаков. Сравните массы миокарда левого и правого предсердий и объясните, почему они не столь различны, как массы желудочков.

13. Сравните величины ударного объема при нормальном сокращении сердца, желудочковой экстрасистоле, очередном сокращении сердца после компенсаторной паузы и объясните их различия.

14. Перечислите факторы, влияющие на количество потребляемого миокардом кислорода. Как, исходя из характера влияния этих факторов на потребление кислорода, предотвратить или уменьшить ишемию миокарда?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы*
2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 275–281.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 236–237; 246–255; 262–263.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 448 с. С. 326–332.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 454–462; 485–489; 492–497.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 16.1. АВТОМАТИЯ СЕРДЦА И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Автоматия сердца — способность сердца к ритмическому сокращению под воздействием электрических импульсов, возникающих в нем самом. Способностью к автоматии обладают определенные участки миокарда, состоящие из атипических мышечных клеток и образующие проводящую систему сердца. Степень автоматии уменьшается по ходу проводящей системы от синоатриального узла, который является ведущим узлом автоматии и в нормальных условиях определяет частоту сокращений сердца.

Ход работы. Демонстрация учебного видеофильма «Автоматия сердца».

1. Пронаблюдайте сокращения изолированного сердца лягушки.
2. Пронаблюдайте опыт Станниуса.

В момент диастолы верхушку сердца захватывают серфином, присоединяют к рычажку записывающего устройства и регистрируют сокращения сердца. Затем накладывают лигатуру (нитку) между венозным синусом и правым предсердием.

Результаты (как изменяется работа сердца после наложения лигатуры Станниуса?): _____

Вывод (укажите локализацию центров автоматии и водителя ритма сердца у человека): _____

Как изменится работа сердца (ЧСС, последовательность сокращений предсердий и желудочков) при нарушении связи между синоатриальным и атриовентрикулярным узлом? _____

Как изменится работа сердца, если водителем ритма сердца станут волокна Пуркинье? _____

3. Пронаблюдайте влияние температурного фактора на автоматию сердца.

Записывают ПД пейсмекерных клеток сердца лягушки *in situ* при комнатной температуре, затем наносят на область пейсмекера несколько капель холодного раствора Рингера, после восстановления работы сердца на область пейсмекера наносят несколько капель теплого раствора Рингера.

Результаты (как изменяется частота ПД пейсмекерных клеток при охлаждении: _____ и при согревании _____ пейсмекера сердца?)

Вывод: какие изменения ЧСС можно ожидать у человека при гипотермии _____ и при гипертермии (лихорадке) _____. Как называются такие изменения ЧСС _____.

**Работа 16.2. МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (ПД)
КЛЕТОК СИНОАТРИАЛЬНОГО УЗЛА И КЛЕТОК
СОКРАТИТЕЛЬНОГО МИОКАРДА ЖЕЛУДОЧКОВ**

Ход работы. Часть сведений, необходимых для выполнения работы, представляется при просмотре учебного видеофильма «Автоматия сердца», основная часть — при работе с компьютерной программой «12 отведений – 12 Leads».

Откройте программу «12Lead.htm» и активируйте в окошке «Содержание» раздел «Дополнение А: Деполяризация». Последовательно пролистывая странички этого раздела программы, посредством активации значка «Следующая страница», еще раз уточните и сопоставьте с данными, полученными на лекциях, ионные механизмы генерации, форму и фазы ПД атипичных клеток узлов проводящей системы сердца и сократительных кардиомиоцитов. Обратите внимание на продолжительность ПД и временные соотношения его фаз в сократительных кардиомиоцитах с состоянием их возбудимости.

Оформление протокола: зарисуйте на представленной координатной сетке ПД клеток пейсмекера, зарисуйте на 2-й координатной сетке ПД клеток сократительного миокарда и представьте графически изменение возбудимости кардиомиоцитов в ходе возбуждения; обозначьте фазы ПД и фазы возбудимости с их временными параметрами.

ПД пейсмекерной клетки

ПД и состояние возбудимости
сократительного кардиомиоцита

Работа 16.3. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЕ И МИОКАРДЕ

Ход работы. Сведения, необходимые для выполнения работы, предоставляются при работе с компьютерной программой «12 отведений – 12 Leads».

Откройте программу «12Lead.htm» и активируйте в содержании ее «Основных положений» раздел 1.3. «Электрическая проводимость». Внимательно изучите динамику возникновения и распространения возбуждения в узлах и волокнах проводящей системы (события отмечены желтым цветом) и последовательность охвата возбуждением различных отделов миокарда предсердий и желудочков (события отмечены красным цветом). Последовательно пролистывая странички этого раздела программы, посредством активации значка «Следующая страница», рассмотрите локализацию узлов и общее строение проводящей системы сердца. Еще раз уточните и сопоставьте с данными, полученными на лекциях, динамику и последовательность электрических процессов в сердце.

Оформление протокола. Отметьте: структуры и нормальную временную последовательность возникновения и распространения возбуждения в проводящей системе и миокарде предсердий и желудочков _____

Какая часть миокарда сердца вовлекается в процесс сокращения первой _____ и какая часть позднее остальных _____?

Каким образом достигается неодновременность сокращения миокарда предсердий _____ и _____ миокарда _____ желудочков _____ и синхронизация сокращения миокарда _____ желудочков _____

_____ ?

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 17. Сердечный цикл. Методы исследования сердечной деятельности

Цели:

- изучить гемодинамическую функцию сердца. Научиться проводить фазовый анализ сердечного цикла, сопоставляя во времени электрические, механические, звуковые и гемодинамические изменения в сердце в различные фазы кардиоцикла;
- освоить нормативные показатели гемодинамической функции сердца в покое и при физической нагрузке (УО, ЧСС, МОК, давление крови в полостях сердца в разные фазы кардиоцикла).

Задачи:

Изучить:

- последовательность фаз и периодов сердечного цикла: положение клапанов, изменение давления и объема крови в полостях сердца в различные фазы кардиоцикла;
- основные показатели сократимости миокарда;
- внешние проявления сердечной деятельности, методы их регистрации (ЭКГ, ФКГ, СГ, ФГ); понять диагностическое значение этих методов;
- физиологические основы формирования ЭКГ и ФКГ;
- основы поликардиографии и возможности ее использования в кардиологии.

Освоить методики регистрации ЭКГ и ФКГ, общий план анализа, критерии нормы и диагностическое значение ЭКГ и ФКГ.

Основные вопросы:

1. Последовательность фаз и периодов сердечного цикла. Положение клапанов, изменение давления и объемов крови в полостях сердца в различные фазы сердечного цикла. Сравнительная характеристика насосной функции правого и левого желудочков.

2. Систолический (ударный) и минутный объемы кровотока в условиях относительного покоя и при физической нагрузке. Методы их определения. Показатели сократимости миокарда.

3. Электрокардиография. Виды электрокардиографических отведений. Калибровка. Формирование различных компонентов ЭКГ. Общий план анализа, основные нормативы, диагностическое значение ЭКГ.

4. Звуковые проявления сердечной деятельности. Тоны сердца, их происхождение. Аускультация и фонокардиография, их диагностическое значение.

5. Механические проявления сердечной деятельности. Верхушечный толчок, артериальный пульс. Сфигмография (СГ), ее диагностическое значение.

6. Поликардиография. Сопоставление во времени периодов и фаз сердечного цикла, электрических (ЭКГ), звуковых (ФКГ) и механических (СГ) проявлений сердечной деятельности.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Сравните изменения давления, объем крови, положение клапанов в полостях правого и левого сердца в различные фазы сердечного цикла. Приведите цифровые доказательства вашего ответа.

2. При каких значениях давления в левом и правом желудочках будет начинаться период изгнания крови, если у человека величина АД составляет 120/80, 140/80, 140/90, 150/80 мм рт. ст. Достаточно ли приведенных сведений для ответа на поставленный вопрос?

3. Рассчитайте значение фракции выброса левого желудочка молодого человека в состоянии относительного покоя, исходя из нормальных значений конечно-диастолического, конечно-систолического и ударного объемов крови.

4. Рассчитайте величину МОК, если у обследуемого: объем потребляемого кислорода — 400 мл/мин; содержание O_2 в артериальной крови — 20 об%; в венозной — 12 об%. Могут ли в этих условиях существенно различаться УО и МОК для левого и правого желудочков?

5. Рассчитайте, какими должны быть МОК и ЧСС при условии, что потребление O_2 составляет 600 мл/мин; УО — 90 мл; содержание O_2 в артериальной крови — 20 об%; в венозной — 10 об%.

6. При катетеризации полости сердца измеряли давление крови (колебания от 0 до 25 мм рт. ст.) и содержание оксигемоглобина в крови (60 % HbO_2). Какая полость сердца была катетеризирована?

7. Объясните, почему зубцы Р могут быть различными по форме и направлению в различных ЭКГ-отведениях?

8. Как объяснить отсутствие на ЭКГ зубцов, отражающих процессы реполяризации миокарда предсердий, на каком участке ЭКГ следовало бы ожидать их регистрацию?

9. Какие из зубцов QRS-комплекса в норме в различных ЭКГ-отведениях изменяются в наибольшей степени по амплитуде и почему?

10. Как изменяется в норме амплитуда зубцов R в отведениях с V1 по V6, в каких грудных отведениях амплитуда R и S примерно одинаковы?

11. Какой из элементов ЭКГ наиболее «чувствителен» к коронарной недостаточности и почему?

12. Какие из ЭКГ-отведений получили название левых боковых, почему они так названы и преимущественно в каких отделах сердца они отражают динамику электрических процессов?

13. Какие из ЭКГ-отведений получили название нижних, почему они так названы и преимущественно в каких отделах сердца они отражают динамику электрических процессов?

14. Какие ЭКГ-показатели изменятся в наибольшей степени при выполнении тяжелой физической нагрузки по сравнению с такими же показателями в состоянии покоя?

15. Как изменится сократимость миокарда при введении адреналина, на каких гемодинамических показателях работы сердца это отразится и как? Найдет ли это отражение в ЭКГ-показателях?

16. Как называется объем крови, который находится в желудочках на момент возникновения 2-го тона? Какова в норме величина этого объема в правом и левом желудочке? Опишите положение атриовентрикулярных и полулунных клапанов в момент возникновения 2-го тона. Синхронизируйте на соответствующих кривых зубцы ЭКГ и 2-й тон ФКГ.

17. Какой интервал (комплекс) ЭКГ отражает длительность «электрической систолы» желудочков и как зависит его продолжительность от частоты сердечных сокращений? Рассчитайте систолический показатель для здорового молодого человека в условиях покоя по известным вам данным ЭКГ.

18. Как оценить ритм сердечных сокращений по ЭКГ? Рассчитайте длительность интервала RR при ЧСС 70 в мин и правильном ритме? Рассчитайте ЧСС, если $RR = 0,8$ с. Приведите формулу для расчета ЧСС по длительности RR.

19. Обозначьте зубцы на ЭКГ во втором стандартном отведении и определите по показателям ЭКГ продолжительность сердечного цикла, вольтаж зубцов, положение сегмента ST.

20. Обозначьте на ЭКГ интервал PQ, комплексы QRS, QRST, рассчитайте продолжительность зубцов, интервалов и комплексов; продолжительность электрической систолы.

21. Какова основная причина открытия и закрытия клапанов сердца и сосудов? Укажите основную причину формирования 1-го и 2-го тонов сердца. В какую фазу и период сердечного цикла возникают 1-й и 2-й тоны сердца? Какой элемент сфигмограммы соответствует 2-му тону ФКГ?

22. Под ЭКГ нарисуйте ФКГ при условии их синхронной регистрации. Обозначьте зубцы ЭКГ и тоны ФКГ. Как изменяется объем желудочков в промежутке между 1 и 2; 2 и 3 тонами?

23. Рост обследуемого молодого здорового человека 170 см, масса тела 70 кг. Какое положение электрической оси сердца для него более вероятно, и по каким ЭКГ-элементам и величинам это можно подтвердить?

24. Рост обследуемого молодого здорового человека гиперстенического телосложения менее 160 см, масса тела более 80 кг. Какое положение электрической оси сердца для него более вероятно, и по каким ЭКГ-элементам и величинам это можно подтвердить?

25. Дайте определение понятию «сократимость миокарда», перечислите ее основные доступные для оценки показатели и объясните, что отражает каждый из них.

Важнейшие гемодинамические показатели работы сердца в покое

- КДО — 90–140 мл
 - КСО — 50–60 мл
 - КДД ЛЖ — 4–12 мм рт. ст.
 - КСД ЛЖ — 90–140 мм рт. ст.
 - УО — 70–90 мл
 - ФВ — 50–75 %
 - КДД ПЖ — 0–8 мм рт. ст.
 - КСД ПЖ — 15–28 мм рт. ст.
- Средние пределы изменения давления крови в предсердиях:
- ЛП — 4–12.
 - ПП — -1 – +8.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Дополнительная информация к занятию (С. 158–184 практикума).
2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 273–275; 282–290.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 256–262.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротко. М.: Медицина, 1998. 448 с. С. 332–349.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 466–485; 491–492.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 17.1. Основы электрокардиографии

Для изучения основ электрокардиографии используют компьютерную программу «12 отведений» и дополнительный материал по электрокардиографии.

Откройте компьютерную программу «12Lead.htm» и активируйте в содержании раздел «Основные положения», а после его изучения — раздел «Нормальная ЭКГ». Полученные сведения используйте при выполнении работы 18.2.

Работа 17.2. Регистрация и анализ ЭКГ

Ход работы. Подготовьте электрокардиограф к работе в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией.

Уложите обследуемого на кушетку. Наложите электроды в соответст-

вии с описанными видами отведений. К каждому электроду, установленному на конечностях или на поверхности грудной клетки, присоедините провод, идущий от электрокардиографа и маркированный определенным цветом. Общепринята следующая маркировка входных проводов: правая рука — красный цвет; левая рука — желтый цвет; левая нога — зеленый цвет; правая нога (заземление пациента) — черный цвет; грудной электрод — белый цвет. Для наложения грудного электрода используется специальная резиновая груша или другое приспособление, фиксирующее электрод. Для улучшения качества записи ЭКГ и уменьшения токовых наводок следует обеспечить хороший контакт электродов с кожей. Для этого необходимо: 1) предварительно обезжирить кожу спиртом в местах наложения электродов; 2) при значительной волосистости кожи смочить места наложения электродов мыльным раствором; 3) покрыть электроды слоем специальной токопроводящей пасты или положить под электроды прокладки, смоченные 5–10 %-ным раствором NaCl (или в воде), что позволяет максимально снизить сопротивление между электродом и поверхностью кожи.

Запишите калибровочный сигнал «контрольный милливольт» и при необходимости установите усиление таким образом, чтобы отклонение пера на сигнал в 1 мВ равнялось 10 мм. Регулятор скорости протяжки ленты установите на 50 или 100 мм/сек. После этого сделайте запись ЭКГ в 12 стандартных отведениях, отмечая на ленте вид отведения.

Электрокардиограмма

Анализ ЭКГ

Анализ ЭКГ начинают с оценки правильности ее регистрации: 1) проверяют, имеются ли обозначения каждого отведения ЭКГ, обращают внимание на наличие разнообразных помех. Если помехи значительны, необходимо заново записать ЭКГ; 2) проверяют амплитуду калибровочного сигнала (1 мВ = 10 мм). Если его амплитуда отличается от стандартной более, чем на 1 мм, то амплитуду измеряемых зубцов подсчитывают по формуле:

$$X = 10U/K,$$

где X — действительная амплитуда зубца в мм; U — измеренная амплитуда зубца в мм; K — амплитуда калибровочного сигнала в мм; 3) оценивают скорость движения бумаги во время регистрации ЭКГ. При записи ЭКГ со скоростью 50 мм/с 1 мм (одно деление координатной сетки по горизонтали) на бумажной ленте соответствует отрезку времени 0,02 сек., при записи со скоростью 25 мм/сек. 1 мм соответствует 0,04 сек.

Задание: оцените по вышеперечисленным критериям возможность использования имеющейся ЭКГ для анализа; убедитесь в правильности калибровки амплитудных показателей ЭКГ — 1 мВ = _____ мм; оцените скорость движения бумаги во время записи ЭКГ — _____ мм/сек; установите цену деления для расчета временных показателей ЭКГ — 1 мм = _____ сек.

Дальнейший анализ ЭКГ проводят по следующим показателям:

2.1. Определение источника сердечного ритма (синусовый или не-синусовый ритм).

В норме регистрируется синусовый ритм, который характеризуется наличием во II стандартном отведении (а также в I, aVF, V4–V6 отведениях) положительных зубцов P, имеющих нормальную, одинаковую форму и предшествующих каждому комплексу QRS. Длительность интервала PQ одинакова и равна 0,12–0,20 сек. *Необходимо помнить*, что в норме зубец P может быть двухфазным в отведениях III и V₁, отрицательным — в отведении AVR и иногда в отведении III.

Задание: определите наличие на ЭКГ зубцов P _____, их форму _____; направление _____; расположение относительно комплексов QRS _____; длительность PQ _____ сек.; вариабельность длительности PQ _____; другие особенности _____; заключение — источник ритма: _____.

2.2. Определение характера ритма (правильный, неправильный).

Анализ характера ритма обычно проводится по II стандартному отведению. Измеряют длительность 5–6 последовательно зарегистрированных интервалов R–R. Если длительности этих интервалов равны или отличаются друг от друга не более чем на ±10 % от средней величины (или <0,16 сек.), ритм считается правильным.

У здоровых молодых людей встречается синусовая дыхательная аритмия, при которой наблюдается периодическое постепенное укорочение ин-

тервалов R–R на вдохе и удлинение интервала R–R на выдохе. Колебания длительности интервалов R–R обычно превышают 0,15 сек.

Задание: определите длительность интервалов R–R ____ сек.; ____ сек.; ____ сек.; ____ сек.; ____; среднее значение R–R ____ сек.; отклонение от среднего значения ____ %; заключение: характер ритма _____.

2.3. Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Подсчет ЧСС в минуту проводится по средней длительности интервала R–R, которая соответствует длительности одного сердечного цикла. Чтобы подсчитать при правильном ритме сердца ЧСС в 1 мин, необходимо 60 сек. (1 мин) разделить на длительность RR в секундах:

$$\text{ЧСС} = 60 \text{ сек.} : \text{RR (сек.)}$$

У здорового человека в покое ЧСС составляет от 60 до 90 уд/мин. Увеличение ЧСС более 90 уд/мин при сохранении правильного синусового ритма называется «синусовой тахикардией». У здоровых людей она возникает при физических нагрузках или эмоциональном напряжении. Уменьшение ЧСС ниже 59 уд/мин при сохранении правильного синусового ритма называется брадикардией. Среди здоровых людей синусовая брадикардия часто наблюдается у спортсменов и во время сна.

Задание: рассчитайте по средней длительности интервала RR ЧСС — _____ в мин и сделайте заключение о наличии брадикардии _____ или тахикардии _____.

2.4. Оценка проводимости.*

Для оценки проводимости измеряют длительность зубца P, которая характеризует скорость проведения возбуждения по предсердиям (в норме 0,08–0,1 сек.), длительность интервала PQ или PR (скорость проведения по предсердиям, атриовентрикулярному соединению и пучку Гиса) (в норме 0,12–0,2 сек.) и общую длительность желудочкового комплекса QRS (проведение возбуждения по желудочкам) (в норме 0,06–0,1 сек.). Измерять продолжительность зубцов и интервалов принято во II стандартном отведении или в том отведении, где зубцы обозначены лучше, а интервалы имеют наибольшую величину. Длительность комплекса QRS целесообразно измерять в одном из правых грудных отведений ($V_{1,2,3}$), так как в этих отведениях QRS наиболее широкий. Нарушение проводимости констатируется при превышении верхних пределов приведенных значений.

Задание: оцените проводимость различных отделов проводящей системы сердца и миокарда, определив длительность зубца P — _____ сек., интервала PQ — _____ сек., длительность комплекса QRS — _____ сек. и сопоставьте с нормативными данными. Сделайте заключение о состоянии проводимости в этих отделах сердца _____.

* Работы выполняются во внеурочное время.

Дальнейший анализ ЭКГ проводится самостоятельно под контролем преподавателя

2.5. Определение электрической оси сердца.

Электрическая ось сердца (ЭОС) — это направление усредненного результирующего вектора деполяризации желудочков (QRS). Ее положение зависит от положения сердца в грудной клетке, а также — диагностический признак ряда патологических состояний (гипертрофия желудочков, блокада ветвей пучка Гиса и др.).

Существует несколько способов определения положения ЭОС. Один из простейших основан на применении следующих принципов:

– алгебраическая сумма зубцов комплекса QRS имеет максимальное положительное значение в том ЭКГ-отведении, угол обзора сердца в котором примерно совпадает или параллелен расположению ЭОС;

– комплекс QRS, в котором алгебраическая сумма зубцов близка или равна 0 ($R = Q + S$ или $R = S$), регистрируется в том отведении, угол обзора сердца в котором примерно перпендикулярен расположению ЭОС.

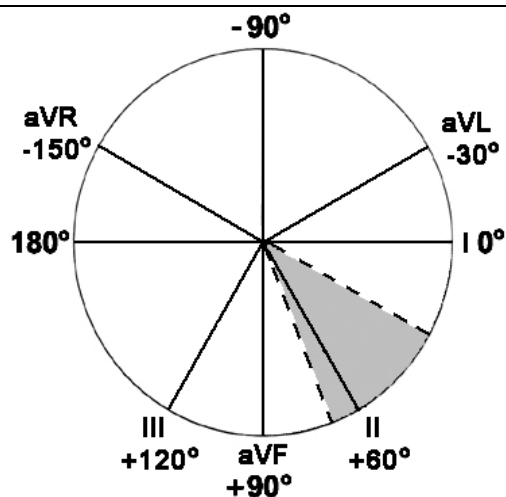
Учитывая эти принципы, рассмотрим вариант нормального расположения ЭОС под углом 60° . При этом мы будем на ЭКГ регистрировать наиболее высокий положительный R во II отведении, несколько более низкий по амплитуде положительный R — в aVF и I отведениях и двухфазный комплекс RS ($R \approx S$) — в III и aVL-отведениях. Простое алгебраическое сложение амплитуд зубцов в комплексах QRS показывает, что их наибольшая положительная сумма имеется во II отведении, а амплитуда $R_{II} > R_I > R_{III}$ (см. рис. 22 на стр. 182). Алгебраическая сумма зубцов в комплексе QRS близка к 0 в III и aVL-отведениях. Глубокий отрицательный S регистрируется в отведении aVR. Наложив эти данные на схему угловых координат и расположения контура сердца, можно видеть, что направление ЭОС в этом случае совпадает с направлением обзора миокарда сердца в отведении II, т. е. составляет 60° . Более подробно об определении направления оси сердца смотри дополнительную литературу в конце раздела практикума.

Задание: определите алгебраические суммы зубцов QRS (\sum_{QRS}) в классических и усиленных ЭКГ-отведениях: (\sum_{QRS}) I — _____ мм; (\sum_{QRS}) II — _____ мм; (\sum_{QRS}) III — _____ мм; (\sum_{QRS}) aVF — _____ мм; (\sum_{QRS}) aVL — _____ мм; (\sum_{QRS}) aVR — _____ мм.

1. С помощью линейки отложите полученные значения на рисунке (см. пример на рис. 19 С).

3. Сделайте заключение о направлении ЭОС у испытуемого:

- а) ЭОС имеет направление ~ _____ градусов;
 б) у обследуемого выявлен следующий вариант расположения электрической оси (подчеркнуть): нормальная ЭОС, горизонтальная ЭОС, ЭОС повернута влево, вертикальная ЭОС, ЭОС повернута вправо.



2. Рис. Положение ЭОС

2.6. Оценка амплитуды зубцов ЭКГ (в мВ) во II стандартном отведении.

Таблица 15

Зубцы ЭКГ	Норма		Получено при обследовании
	мин.	макс.	
P	0,5	2	
Q	0	3	
R	10	20	
S	0	6	
T	2	5	

2.7. Оценка длительности зубцов и интервалов ЭКГ (в сек.) во II отведении.

Таблица 16

Зубцы и интервалы	Норма		Получено при обследовании
	мин.	макс.	
P	0,08	0,1	
Q	0	0,03	
R	0,03	0,09	
S	0	0,03	
T	0,05	0,25	
PQ	0,12	0,20	
QRS	0,06	0,10	
QT	0,30	0,40	
RR	0,8	1,0	

2.8. Оценка направления зубцов ЭКГ во II отведении: зубцы _____ направлены вверх (положительны), зубцы _____ направлены вниз (отрицательны), зубцы _____

отсутствуют.

2.9. Оценка формы зубцов ЭКГ во II отведении: зубцы _____
_____ острые, зубцы _____ уплощенные, наличие
других форм зубцов _____ (двухфазные и др.).

2.10. Анализ сегмента S–T:

- найдите точку соединения j (точка перехода комплекса QRS или зубца S в сегмент ST);
- измерьте и запишите ее отклонение (+ или –) от изолинии: _____ мм;
- измерьте и запишите величину смещения сегмента S–T от изолинии вниз или вверх в точке, отстоящей от точки j вправо на 0,06–0,08 сек.; _____ мм;
- определите вариант возможного смещения сегмента S–T: горизонтальное, косонисходящее, косовосходящее смещение (подчеркните).

Сделайте заключение о наличии _____ или отсутствии _____ признаков ишемии миокарда.

2.11. Анализ длительности интервала QT.

Измерение длительности интервала QT проводится в том отведении, где он наиболее продолжителен. Продолжительность интервала QT зависит от ЧСС и ряда других факторов. Для решения вопроса, не превышает ли интервал QT на конкретной ЭКГ нормальную величину, и для сопоставления продолжительности данного интервала при различной ЧСС используется показатель скорректированного интервала, который обозначается $QT_{(к)}$ и определяется по формуле:

$$QT_{(к)} = QT \text{ (измеренный)} : \sqrt{RR \text{ (измеренный)}}.$$

Максимальная нормальная величина $QT_{(к)}$ составляет 0,42 сек.

Задание: определите по ЭКГ продолжительность QT — _____ сек.,
рассчитайте $QT_{(к)}$ — _____ сек., сопоставьте с нормальными значениями
_____. Что отражает длительность QT
_____.

2.12. Расчет систолического показателя СП = $\frac{QT * 100 \%}{RR}$.

В норме при частоте сердечных сокращений 60–80 в минуту СП равен у мужчин 37–43 %, у женщин — 40–46 %.

Сравните результаты анализа СП по ЭКГ с нормой и сделайте заключение

_____.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ по п.п. 1–12 анализа ЭКГ _____

_____.

Работа 17.3. ОСНОВЫ ФОНОКАРДИОГРАФИИ

Для изучения основ фонокардиографии используют компьютерную программу «Heart Sounds and Murmurs» и дополнительный материал по фонокардиографии.

1. Откройте компьютерную программу «Heart Sounds» и активируйте значок «General Tutorials», а затем значок «Introduction of Auscultation» и в этом же разделе значок «Introduction to the Phonocardiogram». Последовательно активируя значок «Next», прослушайте, внимательно наблюдайте записи звуков и отметьте фонокардиографические различия между звуками низкой, высокой частот и шумом.

2. Активируйте в этом же окне значок «Listening Areas». Перемещая мышкой курсор, на фоне изображения грудной клетки и сердца найдите основные точки выслушивания тонов сердца:

- в точке на верхушке сердца, в 5-м межреберье слева, по среднеключичной линии — «Apex», прослушиваются 1, 2 тоны;
- в области 2-го межреберья по правому краю грудины — «Aortic Area», прослушивается аортальный компонент 2-го тона;
- в области 2-го межреберья по левому краю грудины — «Pulmonic Area», прослушивается компонент *a. pulmonalis* 2-го тона;
- в области проекции трехстворчатого клапана правого желудочка, по нижнему левому краю грудины — «Lower Left Sternal Border», в основном, прослушиваются звуки закрытия трехстворчатого клапана и изгнания крови в *a. pulmonalis*.

3. Активируйте в этом же окне — «Introduction of Auscultation» значок «Normal First and Second Sounds at Apex and Base». Активировав далее щелчком мышки верхушечную область сердца «First Sound – Mitral and Tricuspid Valve Closure», наблюдают видеосюжет систолы и диастолы сердца, динамику закрытия митрального и трикуспидального клапанов и их вклад в формирование 1-го тона, который выслушивают на верхушке.

Активировав щелчком мышки аортальную область сердца «Second Sound – Aortic and Pulmonary Valve Closure», наблюдают видеосюжет систолы и диастолы сердца, динамику закрытия сосудистых клапанов и их главный вклад в формирование 2-го тона, который выслушивают во 2-м межреберье парастернально.

Закончив работу с программой, активируйте последовательно значки «Exit», «Yes», «Exit» и закройте программу.

Задание:

1. С учетом причин, обеспечивающих открытие и закрытие клапанов сердца, отметьте в какую фазу _____ и период _____ сердечного цикла прослушивается и регистрируется

1 тон сердца? Укажите основную причину образования 1 тона _____
_____.

С какими элементами ЭКГ _____ и сфигмограммы _____ совпадает по времени возникновение 1-го тона?

2. В какой период _____ сердечного цикла прослушивается и регистрируется 2-й тон сердца? Какие изменения во время прослушивания 2-го тона наблюдаются на сфигмограмме _____? Укажите основную причину образования 2-го тона _____.

3. Как изменяется объем желудочков, давление крови в них в промежутке между 1-м и 2-м _____, _____; 2-м и 3-м тонами _____, _____?

Работа 17.4. РЕГИСТРАЦИЯ И АНАЛИЗ ФОНОКАРДИОГРАММЫ

Ход работы. С помощью микрофона и фонокардиографической приставки зарегистрируйте фонокардиограмму на одном из каналов электрокардиографа. Уложите обследуемого на кушетку. Микрофон укрепите с помощью резиновой ленты на грудной клетке в области верхушечного толчка. Наложите электроды для регистрации ЭКГ. Запишите калибровочный сигнал (1 мВ = 10 мм). Зарегистрируйте ФКГ и ЭКГ при задержке дыхания на выдохе, при скорости движения лентопротяжного механизма электрокардиографа 50 или 100 мм/сек. Помещение, в котором производят запись ФКГ, должно быть изолировано от шумов.

Фонокардиограмма и электрокардиограмма (зарисовать).

Анализ ФКГ:

1. Наличие тонов и шумов —

2. Длительность 1 тона —

(норма 0,07–0,13 сек.).

3. Длительность 2 тона —

(норма 0,06–0,10 сек.).

Вывод: (сравните полученные данные с нормой) _____

Работа 17.5. ОСНОВЫ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО (УЛЬТРАЗВУКОВОГО) ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА (УЗИ)

Изучение основ УЗИ проводится с помощью компьютерной программы «Heart Sounds» и с использованием дополнительного материала по эхокардиографии.

1. Откройте компьютерную программу «Heart Sounds» и активируйте значок «General Tutorials», далее окошко «Introduction to Cardiac Imaging Modalities», а затем «Transthoracic Echocardiogram». На появившемся видео-изображении (слева) видна линия проекции парастернальной длинной оси распространения ультразвуковых волн и динамическое изображение (слева и справа) изменений толщины межжелудочковой перегородки, полостей желудочков, положения створок митрального клапана. Активируйте попеременно значки «Labels» и «Play» и по появляющимся надписям идентифицируйте на УЗ-изображении перечисленные структуры сердца. На изображении справа сопоставьте с элементами ЭКГ изменения толщины межжелудочковой перегородки во время систолы и диастолы сердца.

Обратите внимание на характер движений передней и задней створок митрального клапана. В точке d происходит открытие клапана — расхождение его створок; в промежутке между d и e (фаза быстрого наполнения желудочка) — передняя створка митрального клапана перемещается к межжелудочковой перегородке. В фазу медленного наполнения (участок между e и f) створки клапанов «всплывают», приближаются друг к другу, но остаются открытыми. Во время сокращения предсердий створки клапанов вновь расходятся на некоторое расстояние (участок от f до a) и по окончании пресистолы вновь приближаются друг к другу (участок от a до c). В точке c створки клапана смыкаются (окончание фазы асинхронного сокращения) и остаются сомкнутыми до окончания периода изометрического расслабления желудочка (участок cd). Обратите внимание на более низкую амплитуду УЗ-изображения движений задней створки митрального клапана и противоположное направление этих движений в сравнении с движениями передней створки.

Сопоставьте эти элементы УЗ-динамики движения створок митрального клапана с изменениями элементов ЭКГ и другими показателями УЗ-изображения.

2. Активируйте другой значок в виде кружка серого цвета под УЗ-изображением слева. Заметьте изменение направления длинной оси распространения УЗ-волн. На появившемся УЗ-изображении наблюдайте динамику изменений размеров левого и правого желудочков, левого предсердия, по-

ложения створок аортального клапана. Для их идентификации активируйте попеременно значки «Labels» и «Play».

3. Активируйте значок «Transesophageal Echocardiogram» и, используя другую — короткую ось распространения УЗ, изучите динамику изменения положения створок аортального клапана и размеров правого желудочка во время сердечного цикла.

4. Вспомните структуру сердечного цикла, перейдя в окно «General Tutorials» с помощью стрелки \leftarrow и повторив работу 15.2.

Закончив работу с программой, активируйте последовательно значки «Exit», «Yes», «Exit» и закройте программу.

Задание: приведите уравнение для расчета и рассчитайте фракцию выброса по следующим данным УЗ-исследования: КДО = 130 мл; УО = 80 мл.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Как называется процесс перемещения крови в необычном направлении, выявляемый при УЗ-исследовании во время систолы при недостаточности двухстворчатого (митрального) или трехстворчатого клапанов _____? Какой механизм предотвращает его возникновение у здорового человека _____?

2. Какие различия со стороны миокарда будут наиболее вероятными при УЗ-исследовании у 2 обследуемых молодого возраста, если: у 1-го МОК = 6 л/мин; КДО левого жел. = 125 мл; КСО левого жел. = 45 мл; ЧСС = 75 уд/мин; АД = 160/100 мм рт. ст., а у 2-го МОК = 6 л/мин; КДО левого жел. = 125 мл; КСО левого жел. = 45 мл; ЧСС = 75 уд/мин; АД = 140/80 мм рт. ст. _____?

3. Как изменяются во время систолы желудочков толщина межжелудочковой перегородки _____; длина сосочковых мышц _____; объем желудочков в фазу изометрического сокращения _____?

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 18. Регуляция кровообращения 1

Цель: изучить механизмы регуляции сердечной деятельности и их роль для регуляции кровообращения.

Задачи:

- сформировать представление о важнейших регулируемых параметрах кровообращения, влиянии на них изменений деятельности сердца, вызываемых интра- и экстракардиальными механизмами регуляции;
- на основе особенностей симпатической и парасимпатической иннервации сердца усвоить основные молекулярные, ионно-мембранные и метаболические механизмы действия медиаторов вегетативной нервной системы на проводящую систему сердца и сократительный миокард;
- изучить основные кардиальные рефлексy, их роль в системных механизмах регуляции кровообращения;
- роль и основные механизмы гуморальной регуляции деятельности сердца;
- ознакомиться с экспериментальными методами исследования влияния нейромедиаторов и некоторых фармакологических веществ на работу сердца.

Основные вопросы:

1. Понятие о МОК, давлении крови, органном кровотоке, как важнейших регулируемых показателях кровообращения, и их зависимости от показателей работы сердца (ЧСС, УО, сократимость).
2. Рецепторные, ионные и молекулярные механизмы влияния нейромедиаторов и гормонов на частоту, силу сокращений сердца и сократимость миокарда.
3. Интракардиальные механизмы регуляции сердечной деятельности.
4. Эффекты и механизмы влияния парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы на работу сердца.
5. Механизмы поддержания тонуса центров регуляции сердечной деятельности в покое и при нагрузке. Влияние тонического состояния этих центров на работу сердца.
6. Характеристика основных рефлекторных реакций сердца на раздражение сосудистых и внесосудистых рефлексогенных зон.
7. Гуморальные механизмы регуляции: влияние катехоламинов, ангиотензина II, электролитов и метаболитов на работу сердца.
8. Механизмы приспособления сердечной деятельности к изменяющимся потребностям организма. Характеристика работы сердца в условиях физических и психоэмоциональных нагрузок (ЧСС, УО, МОК, сократимость, коронарный кровоток, метаболизм).

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Приведите уравнение, отражающее связь между величинами АД крови, сопротивления кровотоку, ЧСС и УО сердца.

2. Как и почему изменятся величины линейной и объемной скоростей кровотока при повышении ЧСС, УО, одновременном увеличении ЧСС и УО?

3. Как и почему изменятся следующие показатели: выход K^+ , возбудимость кардиомиоцитов, ЧСС, длительность интервалов PQ, RR, величина КСО, сократимость миокарда, энергозатраты миокарда, МОК, АД крови при усилении парасимпатических влияний на сердце?

4. Как и почему изменятся перечисленные в вопросе 3 показатели при воздействии на сердце: антагонистов Н-холинорецепторов (например, миорелаксанта d-тубокурарина), блокаторов M_2 -холинорецепторов (например, атропина)?

5. Как и почему изменятся следующие показатели: активность аденилатциклазы кардиомиоцитов, вход Ca^{++} в клетку, возбудимость кардиомиоцитов, ЧСС, длительность интервалов PQ, RR, величина КСО, сократимость миокарда, энергозатраты и потребление кислорода миокардом, МОК, АД крови при усилении симпатических влияний на сердце?

6. Как и почему изменятся перечисленные в вопросе 5 показатели при воздействии на сердце: блокаторов β -адренорецепторов (например, пропранолола), агонистов α_2 -адренорецепторов (например, клонидина); обратимых ингибиторов ацетилхолинэстеразы (например, прозерина); ингибиторов накопления катехоламинов в синаптических везикулах (например, резерпина)?

7. Как и почему изменятся показатели работы сердца при воздействии: блокаторов медленных кальциевых каналов (например, нифедипина, верапамила). Конкретизируйте их влияние на проницаемость медленных кальциевых каналов ГМК сосудов, кардиомиоцитов и клеток СА узла, автоматию СА узла, проводимость АВ узла, длительность интервалов PQ, RR, ЧСС, МОК, величину периферического сопротивления кровотоку, АД крови, энергозатраты миокарда, потребность миокарда в кислороде?

8. Какие механизмы регулируют работу пересаженного сердца в покое и при физической нагрузке?

9. Объясните, как и почему рефлекторно изменится работа сердца в ответ на быстрое повышение и понижение системного АД? Опишите звенья рефлекторной дуги. Каковы нейромедиаторные и рецепторные механизмы влияния блуждающего нерва на работу сердца в этих условиях?

10. Как рефлекторно изменится работа сердца при быстром повышении АД в легочной артерии, при повышении давления крови в области устья полых вен и правом предсердии?

11. Объясните, почему во время оперативного вмешательства на органах брюшной полости возможно рефлекторное угнетение сердечной деятельности. Как это можно предотвратить, влияя на афферентную и эфферентные части рефлекторной дуги?

12. Боксеру на ринге нанесен удар в область солнечного сплетения. Как и почему изменится ЧСС?

13. Пациенту было введено сосудосуживающее вещество, вызвавшее повышение систолического и диастолического АД крови на 25 мм рт. ст. Как изменится тоническая активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС и какие изменения ЧСС можно при этом ожидать?

14. Пациенту внутривенно быстро было введено 200 мл кровезамещающего раствора. Как это может повлиять на УО сердца? Почему?

15. Какие изменения ЧСС, УО, МОК, АД возникают при быстром переходе человека из горизонтального положения в вертикальное? Объясните их механизм.

16. Как влияет на работу сердца повышение и понижение напряжения O_2 , CO_2 и концентрации H^+ в коронарном и системном кровотоке? Объясните механизмы этих изменений.

17. В чем сходство и различие влияния на работу сердца адреналина и йодсодержащих тиреоидных гормонов? Какими механизмами объясняются эти сходства и различия?

18. Как и почему изменится работа сердца под влиянием: значительного избытка ионов калия; избытка ионов кальция; передозировки блокаторов кальциевых каналов; ангиотензина II?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 290–297.

3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 262–271.

4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 448 с. С. 349–362.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 462–466; 489–491; 531–544.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 18.1. ГЛАЗОСЕРДЕЧНЫЙ РЕФЛЕКС ДАНИНИ–АШНЕРА

В норме при надавливании на глазные яблоки пульс у человека замедляется на 4–10 уд/мин.

Ход работы. У испытуемого в положении лежа подсчитайте частоту пульса. Затем большими пальцами в течение 20–30 сек. осторожно (чтобы не вызвать неприятных ощущений и боли у испытуемого) надавливайте на глазные яблоки и одновременно определяйте частоту пульса. Повторно подсчитайте частоту пульса на протяжении 20 сек. после прекращения давления.

Результаты. Частота пульса (ЧП) составила: в положении лежа до надавливания _____ уд/мин; в процессе надавливания на глазные яблоки _____ уд/мин; разность ЧП _____ уд/мин; после прекращения надавливания _____ уд/мин.

Замедление пульса более чем на 10 уд/мин указывает на повышение возбудимости парасимпатической части вегетативной нервной системы. Замедление менее чем на 4 удара или учащение пульса (извращенная реакция) указывают на преобладание тонуса симпатической части.

Объясните механизм изменения ЧП у испытуемого _____

Перечислите звенья рефлекторной дуги глазосердечного рефлекса _____

Сделайте заключение о состоянии тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС у испытуемого во время исследования _____

Какие изменения ЧП могут произойти при осторожном надавливании на точки проекции каротидного синуса на шее _____ ?

В чем может заключаться практическая значимость этих рефлексов _____ ?

Работа 18.2. КЛИНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Работы 18.2, 18.3, 18.4 проводились ранее на занятии «Физиология вегетативной нервной системы».

При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин.

Ход работы. У испытуемого в положении стоя подсчитывают пульс. После этого ему предлагают лечь и через 10–30 сек. повторяют подсчитывание пульса.

Результаты. Частота пульса (ЧП) составила: в положении стоя _____ уд/мин; в положении лежа _____ уд/мин; разность ЧП _____ уд/мин.

Объясните механизм изменения ЧП у испытуемого _____

Сделайте заключение о состоянии тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС у испытуемого _____

Работа 18.3. ОРТОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

При переходе человека из положения лежа в положение стоя частота сердечных сокращений увеличивается, что проявляется в норме учащением пульса на 6–24 уд/мин.

Ход работы. У испытуемого, находящегося в положении лежа в спокойном расслабленном состоянии в течение 4–6 мин, подсчитывают пульс. После этого ему предлагают быстро встать и через 10–30 сек. повторно подсчитывают пульс.

Результаты. Частота пульса (ЧП) составила: в положении лежа _____ уд/мин; в положении стоя _____ уд/мин; разность ЧП _____ уд/мин.

Объясните механизм изменения ЧП у испытуемого _____

Сделайте заключение о состоянии тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС у испытуемого _____

Работа 18.4. ДЫХАТЕЛЬНО-СЕРДЕЧНЫЙ РЕФЛЕКС ГЕРИНГА

При задержке дыхания на высоте глубокого вдоха повышается тонус ядер блуждающего нерва, что проявляется в норме уменьшением частоты сердечных сокращений и замедлением пульса на 4–6 уд/мин.

Ход работы. У находящегося в положении сидя испытуемого подсчитывают частоту пульса, затем просят его сделать глубокий вдох и на высоте вдоха задержать дыхание. Повторно подсчитывают пульс во время задержки вдоха.

Результаты. Частота пульса (ЧП) составила: до задержки дыхания _____ уд/мин; в процессе задержки дыхания _____ уд/мин; разность ЧП _____ уд/мин.

Объясните механизм наблюдавшегося изменения ЧП у испытуемого _____

Сделайте заключение о состоянии тонуса парасимпатического отдела ВНС у испытуемого _____

Работа 18.5. ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ НА РАБОТУ ИЗОЛИРОВАННОГО СЕРДЦА ЛЯГУШКИ (демонстрация учебных видеофильмов)

Препарат изолированного сердца лягушки — один из классических объектов физиологических экспериментов, применяемых для изучения гуморальных механизмов регуляции сердечной деятельности.

Результаты. Отметьте на рисунке механокардиограммы изолированного сердца лягушки, перфузируемого раствором Рингера, сокращенными подписями (исх, K^+ , Ca^{++} , Адр, Ацх) участки, отражающие влияние на работу сердца: адреналина, ацетилхолина, избытка ионов калия, кальция.

Механокардиограмма.

РАБОТА 18.6. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛЬЦИЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ РАБОТЫ СЕРДЦА

Работа проводится с использованием компьютерных программ «Prat» и «Ratbr», позволяющих моделировать виртуальный эксперимент на животном.

1. Откройте компьютерную программу «Prat». Введите ваши инициалы и активируйте значок «ОК». Пронаблюдайте появившиеся на экране кривые графической регистрации показателей систолического, среднего, диастолического АД крови в мм рт. ст. (BPsys — 111 mm Hg, Bpmea — 81 mm Hg, Bpdia — 68 mm Hg), а на нижней кривой — ЧСС (HR) — 161 уд/мин.

2. Активируйте значок «Help», затем «Preparation» и изучите модель предстоящего эксперимента. Из нее видно, что у исследователя имеется возможность осуществить внутривенное введение животному разнообразных фармакологических веществ, свойства которых вы можете узнать, последовательно активировав значки «Continue», «Help», «Drugs».

3. После изучения свойств веществ активируйте значок «Continue» для выхода в окно графической регистрации кривых ЧСС и АД крови животного. Активируйте в верхнем левом углу окошка значок «Drugs», выберите вещество «Nifedipine», являющееся блокатором медленных кальциевых каналов, и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке уста-

новите дозу 0,1 мг/кг нифедипина для введения животному и, активацией значка «Inject Drug», введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения ЧСС и АД крови животного после введения нифедипина.

4. Активировав значок «New Rat», повторите опыты для исследования влияния нифедипина на работу сердца и АД крови в дозах 2 мг/кг, 10 мг/кг, 20 мг/кг. Пронаблюдайте динамику снижения ЧСС и АД крови и восстановления показателей систолического, диастолического, среднего и пульсового АД по мере восстановления работы сердца; запишите максимальные изменения ЧСС и АД крови животного и последствия введения нифедипина в высоких дозах.

5. Последовательно активировав значки «Exit» и «Yes», закройте программу «Prat».

Таблица 17

Влияние блокатора медленных Ca^{++} каналов нифедипина на работу сердца и артериальное давление крови

Воздействия на сердце	ЧСС	АД _{сист}	АД _{диаст}	АД _{ср}
Исходные показатели				
Введ. нифедипина 0,1 мг/кг				
Введ. нифедипина 2 мг/кг				
Введ. нифедипина 10 мг/кг				
Введ. нифедипина 20 мг/кг				

Ответьте на следующие вопросы:

1. Как и почему изменяется работа сердца под влиянием: умеренного повышения уровня кальция во внеклеточной среде _____; большого избытка ионов кальция _____; передозировки блокатора медленных кальциевых каналов нифедипина _____?

2. Как влияет блокатор медленных кальциевых каналов на проницаемость медленных кальциевых каналов клеток СА узла _____; автоматию СА узла _____; проводимость миокарда _____; длительность интервалов PQ _____, RR _____, ЧСС _____? Как влияет нифедипин на проницаемость медленных кальциевых каналов ГМК сосудов и кардиомиоцитов _____, МОК _____, величину периферического сопротивления кровотоку _____, АД крови _____, энергозатраты миокарда _____, потребность миокарда в кислороде _____?

3. Как изменяются при усилении симпатических влияний на сердце: активность аденилатциклазы кардиомиоцитов _____, проницаемость медленных кальциевых каналов _____, вход Ca^{++} в клетку _____, возбудимость кардиомиоцитов _____, ЧСС _____, длительность интервалов PQ _____, RR _____, величина КСО _____, сократимость миокарда _____, МОК, АД крови _____.

энергозатраты миокарда _____, потребность миокарда в кислороде _____?

Работа 18.7. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦЕПТОРНЫХ И ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА РАБОТУ СЕРДЦА И АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ КРОВИ (Проводится студентами самостоятельно под контролем преподавателя)

Работа проводится с использованием компьютерной программы «Physiol 2», позволяющей моделировать виртуальный эксперимент на животном.

Откройте компьютерную программу «Physiol 2». Введите ваши инициалы и активируйте значок «ОК». Пронаблюдайте появившиеся на экране кривые графической регистрации показателей систолического, среднего, диастолического АД крови в мм рт. ст. (BP_{sys} — 98 mm Hg, BP_{mea} — 66 mm Hg, BP_{dia} — 53 mm Hg), а на нижней кривой — ЧСС (HR) — 161 уд/мин.

Активируйте значок «Help», затем «Preparation» и изучите модель предстоящего эксперимента. Из нее видно, что у исследователя имеется возможность осуществить стимуляцию преганглионарных симпатических волокон сегментарного уровня T1, иннервирующих сердце, и преганглионарных парасимпатических волокон *n. vagus*, а также преганглионарных симпатических волокон сегментарного уровня T6-8, иннервирующих мозговое вещество надпочечников. Кроме того, модель эксперимента позволяет изучить влияние вводимых внутривенно нейромедиаторов вегетативной нервной системы (в виде агонистов их рецепторов), блокаторов холино- и адренорецепторов на работу сердца и артериальное давление крови. Активировав значок «Help», а затем «Drugs», можно уточнить функциональное значение применяемых в эксперименте веществ.

Компьютерная программа позволяет наблюдать динамику изменения АД и ЧСС после стимуляции нервных волокон, введения различных веществ, а также стимуляции нервных волокон после введения веществ.

Проведение эксперимента:

1. а) активируйте значок «Stimulate» и проведите стимуляцию преганглионарных симпатических волокон, активировав «Symp. Nerves to heart T1». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея и внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы;

б) активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно норадреналин в дозе 10 мкг/кг (Noradrenaline 10,0 µg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, сравните полученные графики предыдущего и настоящего эксперимента, внесите полученные данные в таблицу.

2. а) активируйте значок «Stimulate» и проведите стимуляцию преганглионарных симпатических волокон, активировав «Symp. Nerves to adrenals T6-8». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках

дисплея и внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы;

б) активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно адреналин в дозе 2 мкг/кг (Adrenaline 2,0 µg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, сравните полученные графики предыдущих и настоящего эксперимента, внесите полученные данные в таблицу.

3. а) активируйте значок «Stimulate» и проведите стимуляцию преганглионарных парасимпатических волокон, активировав «Vagus Nerve to heart». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея и внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы;

б) активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно ацетилхолин в дозе 2 мг/кг (Acetylcholine 2,0 mg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, сравните полученные графики предыдущих и настоящего эксперимента, внесите полученные данные в таблицу.

4. а) активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно пропранолол в дозе 100 мг/кг (Propranolol 100,0 mg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, а затем на новом животном (New rat) сразу же после введения пропранолола, активируйте значок Stimulate и проведите стимуляцию преганглионарных симпатических волокон, активировав «Symp. Nerves to heart T1». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея в опытах стимуляции симпатических волокон в настоящем опыте и опыте 1а. Внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы;

б) активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно фентоламин в дозе 100 мг/кг (Phentolamine 100,0 mg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, а затем на новом животном (New rat) сразу же после введения фентоламина, активируйте значок «Stimulate» и проведите стимуляцию преганглионарных симпатических волокон, активировав «Symp. Nerves to heart T1». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея в опытах стимуляции симпатических волокон в настоящем опыте и опыте 1а. Внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы.

6. Повторите эксперименты, описанные в пунктах 4а и 4б, проведя стимуляцию «Symp. Nerves to adrenals T6-8» после введения пропранолола или фентоламина. Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея в опытах стимуляции симпатических волокон в настоящем опыте и опыте 2а. Внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы.

7. Активируйте значок «Drugs» и введите животному внутривенно атропин в дозе 100 мг/кг (Atropine 100,0 mg/kg), наблюдайте динамику изменений ЧСС и АД, а затем на новом животном (New rat) сразу же после введения атропина активируйте значок «Stimulate» и проведите стимуляцию преганглионарных парасимпатических волокон, активировав «Vagus Nerve to heart». Проведите сравнение динамики изменений ЧСС и АД на графиках дисплея в опытах стимуляции парасимпатических волокон в настоящем

опыте и опыте 3а. Внесите показатели изменения ЧСС и АД в соответствующую строку таблицы 18.

Таблица 18

Влияние на работу сердца и АД медиаторов вегетативной нервной системы

Воздействия на сердце	ЧСС	АД _{сист}	АД _{диаст}	АД _{сер}
Исходные показатели				
Стимуляция прег. симп. волокон сердца T1				
Введение норадреналина, 10 мкг/кг				
Стимуляция прег. симп. волокон надпоч. T6-8				
Введение адреналина, 2 мкг/кг				
Стимуляция серд. прег. волокон n. vagus				
Введение ацетилхолина, 2 мг/кг				
Пропранолол (β-адреноблокатор), 100 мг/кг				
Пропранолол (β-адреноблокатор), 100 мг/кг + стимуляция прег. симп. волокон сердца T1				
Фентоламин (α-адреноблокатор), 100 мг/кг				
Фентоламин (α-адреноблокатор), 100 мг/кг + стимуляция прег. симп. волокон сердца T1				
Пропранолол (β-адреноблокатор), 100 мг/кг + стимуляция прег. симп. волокон надпоч. T6-8				
Фентоламин (α-адреноблокатор), 100 мг/кг + стимуляция прег. симп. волокон надпоч. T6-8				
Атропин (M-холиноблокатор), 100.0 мг/кг				
Атропин (M-холиноблокатор), 100.0 мг/кг + стимуляция серд. прег. волокон n. vagus				

Заполните пропуски в ответах на вопросы по особенностям иннервации и влияния парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы на работу сердца.

Парасимпатическая иннервация

1. Преганглионарный нейрон
локализация _____
2. Медиатор преганглионарных волокон _____
3. Тип рецепторов на мембране постганглионарного нейрона

4. Медиатор постганглионарных волокон _____
5. Преимущественно иннервируемые _____

Симпатическая иннервация

1. Преганглионарный нейрон
локализация _____
2. Медиатор преганглионарных волокон _____
3. Тип рецепторов на мембране постганглионарного нейрона

4. Медиатор постганглионарных волокон _____
5. Преимущественно иннервируемые _____

структуры миокарда _____

структуры миокарда _____

6. Тип клеточных рецепторов
в миокарде _____

6. Тип клеточных рецепторов
в миокарде _____

7. Вероятные посредники
передачи сигнала _____

7. Внутриклеточный посредник
передачи сигнала _____

8. Основные изменения в клетке
при стимуляции рецепторов _____

8. Основные изменения в клетке
при стимуляции рецепторов _____

9. Влияние на основные показатели
работы сердца: ЧСС _____;
УО _____; возбудимость _____;
сократимость _____;
проводимость _____;
МОК _____

9. Влияние на основные показатели
работы сердца: ЧСС _____;
УО _____; МОК _____;
сократимость _____;
возбудимость _____;
проводимость _____

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____
число месяц год

Занятие 19. Регуляция кровообращения 2

Цели:

- изучить механизмы регуляции кровообращения как системы обслуживания обменных процессов организма;
- усвоить регулируемые параметры системы кровообращения: показатели работы сердца, давление крови, периферическое сопротивление кровотоку, тонус сосудов, объем циркулирующей крови, ее состав и свойства;
- изучить местные и системные механизмы регуляции кровообращения;
- на основе полученных знаний научиться давать теоретические рекомендации по коррекции нарушений кровообращения и здоровому образу жизни для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Задачи:

– изучить местные механизмы регуляции кровообращения в различных тканях, особенности регуляции кровотока в головном мозге, сердце, легких, почках и других органах;

– сформировать представление о природе сосудистого тонуса, его роли в механизмах поддержания системного артериального давления и обеспечения местного кровотока;

– изучить основные принципы регуляции системного кровообращения, роль рефлекторных и гуморальных механизмов в регуляции системного артериального давления;

– сформировать представление о взаимодействии местных и системных механизмов регуляции кровообращения;

– ознакомиться с функциональными пробами оценки состояния сердечно-сосудистой системы.

Основные вопросы:

1. Местные механизмы регуляции кровообращения. Влияние нервных, метаболических, миогенных механизмов и факторов, секретируемых эндотелием, на тонус гладкомышечных клеток (ГМК) сосудистой стенки. Особенности реагирования ГМК на регуляторные воздействия в различных областях сосудистого русла.

2. Особенности кровообращения и его регуляции в коронарных, церебральных, легочных и почечных сосудах.

3. Рефлекторные механизмы регуляции местного и системного кровообращения. Важнейшие рефлексогенные зоны. Сосудодвигательный центр, его афферентные и эфферентные связи.

4. Гуморальная регуляция кровообращения. Рецепторные механизмы регуляции тонуса гладкомышечных клеток сосудов нейромедиаторами, гормонами и другими сосудодвигательными веществами.

5. Кратковременные, среднесрочные и долговременные нейрогуморальные механизмы регуляции АД крови. Регуляция системного АД посредством изменения: АД крови, работы сердца, периферического сопротивления кровотоку, объема циркулирующей крови, венозного возврата. Понятие о функциональной системе, обеспечивающей регуляцию АД крови.

6. Роль выделительных органов в регуляции объема циркулирующей крови и АД крови.

7. Теоретические основы способов коррекции сдвигов уровня АД крови.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Что такое базальный тонус, тонус покоя, максимальная дилатация и максимальная констрикция сосудов? Как изменится тонус сосудов скелетных мышц, кожи, органов пищеварения при физической нагрузке?

2. Перечислите ведущие факторы, определяющие при физической нагрузке средней тяжести тонус ГМК сосудистой стенки в перечисленных в вопросе 1 органах, а также мозге, миокарде, почке.

3. Какие физиологические особенности регуляции тонуса ГМК сосудов головного мозга и миокарда ограничивают их участие в вазоконстрикторных реакциях перераспределения кровотока при интенсивной физической нагрузке или кровопотере?

4. Какие типы молекулярных рецепторов ГМК сосудов обуславливают вовлечение сосудов кожи, органов брюшной полости в вазоконстрикторные реакции перераспределения кровотока при интенсивной физической нагрузке или кровопотере?

5. Как и почему изменится тонус ГМК сосудов при увеличении (уменьшении) кальциевой проницаемости плазматической мембраны и мембраны ЭПР? Перечислите источники кальция для сокращения ГМК и укажите основные механизмы регуляции уровня внутриклеточного кальция.

6. Как проявляется и в каких условиях реализуется миогенный механизм ауторегуляции органного кровотока в почке? В чем заключается физиологическое значение этого механизма?

7. Объясните механизм ауторегуляции кровотока в мозге.

8. Объясните, что такое «рабочая гиперемия», каков ее основной механизм и в чем состоит физиологический смысл этого явления.

9. Назовите основные типы рецепторов и их агонистов, опосредующих реакции вазоконстрикции и вазодилатации? Какие внутриклеточные пути передачи сигналов опосредуют влияния норадреналина, адреналина на альфа- и бета-адренорецепторы ГМК сосудов?

10. Перечислите образуемые эндотелием сосудов сосудорасширяющие и сосудосуживающие факторы и их источники.

11. Как влияет повышение уровня адреналина и норадреналина в крови на тонус сосудов миокарда, скелетных мышц и кишечника? Какие типы адренорецепторов и с помощью каких механизмов опосредуют реакцию сосудов этих органов?

12. Будут ли наблюдаться различия в изменении работы сердца, величин систолического и диастолического давлений крови в условиях эмоционального напряжения и условиях физической нагрузки средней тяжести? Дайте пояснение вашим выводам.

13. Опишите последовательность событий при осуществлении барорецепторного рефлекса, возникающего в ответ на быстрое повышение (понижение) АД крови: изменение частоты афферентной сигнализации от рецепторов, проведение импульсов по афферентным нервам (каким), изменение (\uparrow или \downarrow) тонуса соответствующих отделов СДЦ (каких?), эффекты и механизмы реализации эфферентных сигналов в СА узле, миокарде желудочков, артериолах и венах.

14. Изобразите схематически афферентные и эфферентные связи отделов СДЦ.

15. Изобразите схематически афферентные связи ядра *n. vagus* с рефлексогенными зонами сосудов и его эфферентные связи со структурами сердца.

16. Как изменится тонус прессорного и депрессорного отделов СДЦ в ответ на быстрое повышение и понижение системного АД крови; уменьшение pO_2 , увеличение pCO_2 , уменьшение pCO_2 в крови?

17. Представьте на схеме этапы превращений полипептидов, приводящих к образованию ангиотензина-II. Перечислите основные эффекты активации РААС.

18. Перечислите основные причины увеличения секреции предсердного натрийуретического фактора, его физиологические эффекты на тонус сосудов, функцию почек. Объясните физиологическое значение данных реакций.

19. Опишите реакции сердечно-сосудистой системы (изменения АД, ЧСС, тонуса сосудов) в ответ на быстрое увеличение давления в легочной артерии. Объясните причину и физиологический смысл этих изменений.

20. Каким образом на уровне ГМК сосудов реализуется взаимодействие локальных, нервных, эндокринных и других механизмов регуляции тканевого кровотока? Приведите примеры и механизмы доминирующего значения в регуляции местного кровотока этих факторов.

21. Каким образом регулирующие механизмы могут обеспечить увеличение объемного кровотока и его линейной скорости в микроциркуляторном русле? Объясните это, учитывая зависимость объемного кровотока от градиента давления крови и величины сопротивления кровотоку, приведите конкретный пример.

22. Исходя из прямой зависимости величины АД крови от показателей работы сердца, состояния тонуса сосудов, объема циркулирующей крови, венозного возврата, какими способами воздействия может воспользоваться врач для быстрой коррекции давления крови при его снижении или повышении до опасных уровней?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Лекционный материал* кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.

2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 308–327.

3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 285–339.

4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротко. М.: Медицина, 1998. 448 с. С. 378–396.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с. С. 525–560.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 19.1. ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОБА

У обследуемого, лежащего на спине в расслабленном состоянии в термонейтральных условиях, в течение 6 мин 3 раза измерьте АД, подсчитайте ЧСС и возьмите средние значения этих показателей. Затем у обследуемого, уже в положении стоя, каждые 2 мин измеряйте АД и подсчитывайте ЧСС. Полученные данные занесите в таблицу 19.

Таблица 19

Время	ЧСС уд./мин	% откл.	АД _{сисг} мм рт. ст.	% откл.	АД _{диаст} мм рт. ст.	ΔАД _{диаст} мм рт. ст.
В положении лежа (средн. значение)						
В вертикальном положении:						
1-я мин						
3-я мин						
5-я мин						
7-я мин						
9-я мин						

Для оценки результатов ортостатической пробы наибольшее значение имеет характер изменения диастолического давления.

Гемодинамические реакции считаются нормальными, если в течение 10 мин после перехода в вертикальное положение диастолическое давление снижается не более, чем на 5 мм рт. ст., систолическое — изменяется в пределах $\pm 5\%$, ЧСС увеличивается в среднем на 20 %.

Вывод: (сравните полученные результаты с нормой) _____

Работа 19.2. АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

Работа проводится на компьютерной модели виртуального эксперимента.

Откройте программу «Vpratt» и на появившейся страничке «Rat Blood Pressure» активируйте окошко «Click here to continue». На экране появится страница главного меню «Introduction», «Preparation», «Apparatus», «Measurements», «Experiments», «Quit», «Help». Активируя перечисленные значки, можно познакомиться с описанием предстоящих экспериментов по исследованию влияния различных воздействий на артериальное давление крови и работу сердца крысы.

Поскольку студенты уже были ранее ознакомлены с моделями подобных экспериментов, то для экономии времени можно активировать значки «Measurements», «→Measurements», и перейти к изучению способов количественной оценки показателей гемодинамики. Последовательно активируя на появившейся страничке значок «Continue», можно видеть как будут представляться графические данные о ЧСС (HR — heart rate), которая в обычных

условиях составляет у крысы около 380 уд/мин; нормальных значениях артериального давления крови (ВР): систолического — 130 мм рт. ст., диастолического — 90 мм рт. ст., пульсового — 40 мм рт. ст., среднего — 103 мм рт. ст.; пересчете единиц давления в Паскали с учетом, что 1 мм рт. ст. = 0,133 кПа. В конце странички предлагается воспользоваться курсором, управляемым «мышкой», для цифровой оценки величин АД крови и ЧСС. Прочитайте, как это можно сделать на появившемся слева экрана окошке и закройте его, активировав «ОК». При этом автоматически включается курсор «Crosshair cursor» — «on». Подведите точку пересечения крестика курсора к кривой ЧСС (красного цвета вверху) и в окошке снизу появится цифра, отражающая значение ЧСС (rate-bpm) — в пределах 360–400 уд/мин. Подводя курсор к различным точкам графика АД крови или сфигмограммы, можно оценить по цифрам окошка (pressure — mm Hg) снизу величины систолического, диастолического, среднего давлений и рассчитать значение пульсового давления. После окончания знакомства с методами расчетов, для перехода в главное меню, активируйте внизу слева значок «Menu». В главном меню активируйте значки «Experiments», «→ Experiments». На экране появится 16 пунктов меню, используя которые можно изучить широкий спектр влияний на показатели кровообращения и провести анализ основных физиологических механизмов регуляции артериального давления крови.

Экспериментальная часть

1. Контроль.

Поскольку все фармакологические вещества, которые будут вводиться крысе, используются в виде водно-солевых растворов, то эксперимент необходимо начать с исследования влияния различных объемов водных солевых растворов. Для этого активируйте значок «Saline effects» и примите во внимание замечания из появившегося текста, что само введение водно-солевого раствора в объеме 10 % и более от массы тела животного вызывает небольшие, быстропреходящие изменения как ЧСС, так и АД крови. Эти изменения — следствие рефлекторных реакций сердечно-сосудистой системы на увеличение объема циркулирующей крови и должны учитываться при последующем анализе изменений, вызываемых действием различных фармакологических веществ.

Активируйте значок «Continue» и, последовательно активируя справа вверху треугольный значок «◀▶», пронаблюдайте как влияет на изучаемые показатели внутривенное введение животным 0,2 мл/кг, 0,4 мл/кг, 0,6 мл/кг водно-солевого раствора. Включите курсор «Crosshair cursor» — «on» и измерьте через какой промежуток времени после введения и на какую величину увеличились АД крови, ЧСС; проанализируйте как долго длился этот эффект. Вернитесь в главное меню.

2. Влияние катехоламинов:

а) изучите влияние различных доз адреналина и норадреналина, пере-

численных в меню, активировав значок «1 — Effects of catecholamines» → «No» → «Ok» → «Continue». Оцените для каждой дозы этих веществ численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. Вернитесь в главное меню;

б) активировав значок «12 — Effect of ganglion blockade» → «No» → «Ok» → «Continue», исследуйте влияние на ЧСС и АД крови ганглиоблокаторов (например, гексаметония в дозе 20000 нмоль/кг), а затем влияние норадреналина в дозе 10 нмоль/кг до введения гексаметония и на фоне его действия, когда передача сигналов через вегетативные ганглии заблокирована. Оцените для действия каждого из этих веществ, а затем для их сочетанного действия, численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. Вернитесь в главное меню;

в) активировав значок «13 — Quantative effects of alpha-blockade» → «No» → «Ok» → «Continue», исследуйте влияние на ЧСС и АД крови блокаторов α -адренорецепторов (например, празозина в дозе 200 нмоль/кг) и влияние на эти показатели различных доз адреналина до и после введения празозина. Оцените для действия каждого из этих веществ, а затем для их сочетанного действия, численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. Вернитесь в главное меню;

г) активировав значок «14 — Quantative effects of beta-blockade» → «No» → «Ok» → «Continue», исследуйте влияние на ЧСС и АД крови блокаторов β -адренорецепторов (например, пропранолола в дозе 2000 нмоль/кг) и влияние на эти показатели различных доз адреналина до и после введения пропранолола. Оцените для действия каждого из этих веществ, а затем для их сочетанного действия, численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. Вернитесь в главное меню;

д) активировав значок «15 — Effect reserpine» → «No» → «Ok» → «Continue», исследуйте влияние на ЧСС и АД крови норадреналина и электрической стимуляции постганглионарных симпатических волокон, иннервирующих сердце у животных, которым за 48 и 24 ч вводился резерпин в дозе 1 мг/кг, предотвращающий депонирование в нервных терминалях норадреналина. Оцените эффекты каждого из этих веществ, эффекты стимуляции, а затем для их сочетанного действия, численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. Вернитесь в главное меню.

3. Влияние депрессорных веществ:

Активировав значок «3 — Effects of acetylcholine» → «No» → «Ok» → «Continue», изучите влияние на ЧСС и АД крови блокаторов м-ХР (напри-

мер, атропина в дозе 1000 нмоль/кг) и ацетилхолина в дозе 5 нмоль/кг до и после введения атропина. Оцените для действия каждого из этих веществ, а затем для их сочетанного действия, численные значения величин максимальных изменений ЧСС, систолического и диастолического давлений; направленность и временную динамику этих изменений. При анализе результатов влияния ацетилхолина вспомните об особенностях иннервации сердца и сосудов, рецепторах ацетилхолина. Вернитесь в главное меню.

Выйдите из программы, активировав значки «Click here to continue», «Quit», «→Quit».

Внесите полученные данные в протокол (табл. 20).

Таблица 20

Влияние на работу сердца и состояние сосудов медиаторов вегетативной нервной системы и других воздействий

Вид воздействия	ЧСС		АД _{сисг}		АД _{диаст}	
	до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия
Водно-солевой р-р, 0,6 мл/кг						
Адреналин, 10 нмоль/кг						
Ганглиоблокатор гексаметоний, 20000 нмоль/кг						
Норадреналин, 10 нмоль/кг						
Ганглиоблокатор гексаметоний, 20000 нмоль/кг + норадреналин 10 нмоль/кг						
Блокатор α-адренорецепторов празозин, 200 нмоль/кг						
Блокатор α-адренорецепторов празозин, 200 нмоль/кг + адреналин 10 нмоль/кг						

Окончание табл. 20

Вид воздействия	ЧСС		АД _{сисг}		АД _{диаст}	
	до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия
Блокатор β-адренорецепторов пропранолол, 2000 нмоль/кг						
Блокатор β-адренорецепторов пропранолол, 2000 нмоль/кг + адреналин 10 нмоль/кг						
Эл. стимуляция постгангл. симпат. волокон сердца						
Норадреналин, 5 нмоль/кг						
Резерпин, 1 мг/кг + эл. стимуляция постгангл. симпат. волокон сердца						

Резерпин, 1 мг/кг + норадреналин, 5 нмоль/кг						
Ацетилхолин, 5 нмоль/кг						
Атропин, 1000 нмоль/кг						
Атропин, 1000 нмоль/кг + Ацетилхолин, 5 нмоль/кг						

**Работа 19.3. АНАЛИЗ РЕЦЕПТОРНЫХ И ИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ
АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ И РАБОТЫ СЕРДЦА
(Проводится студентами самостоятельно
под контролем преподавателя)**

Работа проводится с использованием компьютерной программы «Prat», позволяющей моделировать виртуальный эксперимент на животном.

Откройте компьютерную программу «Prat». Введите ваши инициалы и активируйте значок «ОК». Пронаблюдайте появившиеся на экране кривые графической регистрации показателей систолического, среднего, диастолического АД крови в мм рт. ст (BP_{sys} — 111 mm Hg, BP_{mea} — 81 mm Hg, BP_{dia} — 68 mm Hg), а на нижней кривой — ЧСС (HR) — 161 уд/мин.

Активируйте значок «Help», затем «Preparation» и изучите модель предстоящего эксперимента. Из нее видно, что у исследователя имеется возможность осуществить внутривенное введение животному разнообразных фармакологических веществ, свойства которых вы можете узнать, активировав последовательно значки «Continue», «Help», «Drugs».

После изучения свойств веществ активируйте значок «Continue» для выхода в окно графической регистрации кривых ЧСС и АД крови животного. Активируйте в верхнем левом углу окошка значок «Drugs», выберите блокатор медленных кальциевых каналов — вещество «Nifedipine» и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке установите дозу 0,1 мг/кг нифедипина для введения животному и активацией значка «Inject Drug», введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения нифедипина.

Активировав значок «New Rat», повторите опыты для исследования влияния нифедипина на работу сердца и АД крови в дозах 2 мг/кг, 10 мг/кг, 20 мг/кг. Пронаблюдайте динамику снижения ЧСС и АД крови и восстановления показателей систолического, диастолического, среднего и пульсового АД по мере восстановления работы сердца; запишите максимальные изменения ЧСС и АД крови животного и последствия введения нифедипина в высоких дозах.

Активировав значок «New Rat», активируйте значок «Drugs», выберите для стимуляции β_2 -адренорецепторов вещество «Salbutamol» и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке установите дозу 2 мкг/кг сальбутамола для введения животному и активацией значка «Inject Drug»,

введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения сальбутамола.

Повторите опыт с введением сальбутамола в дозе 5 мкг/кг, наблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения сальбутамола.

Активировав значок «New Rat», активируйте значок «Drugs», выберите для селективной блокады α_1 -адренорецепторов вещество «Cromakalim» и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке установите дозу 100 мг/кг кромакалима для введения животному и активацией значка «Inject Drug», введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения кромакалима.

Активировав значок «New Rat», активируйте значок «Drugs», выберите для стимуляции аденозиновых рецепторов вещество «Adenosine» и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке установите дозу 2 мг/кг аденозина для введения животному и активацией значка «Inject Drug», введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения аденозина.

Активировав значок «New Rat», активируйте значок «Drugs», выберите для введения в организм вещество, из которого синтезируется оксид азота, например, «Isosorbide Dinitrate» и активируйте соответствующий значок. В появившемся окошке установите дозу 100 мг/кг динитрата изосорбида для введения животному и активацией значка «Inject Drug», введите внутривенно вещество. Пронаблюдайте динамику и запишите максимальные изменения АД крови и ЧСС животного после введения динитрата.

Последовательно активировав значки «Exit», «Yes», закройте программу «Prat».

Оформление протокола. Внесите полученные данные в протокол (табл. 21).

Таблица 21

Влияние некоторых сосудодетивных веществ на артериальное давление крови и работу сердца

Воздействия на сердце	ЧСС	АД _{сист}	АД _{диаст}	АД _{средн}
Исходные показатели				
Введение нифедипина (блокатор Ca ⁺⁺ каналов) 0,1 мг/кг				
Введение нифедипина (блокатор Ca ⁺⁺ каналов) 2 мг/кг				
Введение нифедипина (блокатор Ca ⁺⁺ каналов) 10 мг/кг				
Введение нифедипина (блокатор Ca ⁺⁺ каналов) 20 мг/кг				
Введение сальбутамола (агонист β_2 адренорецепторов) 2 мкг/кг				
Введение сальбутамола (агонист β_2 адренорецепторов) 5 мкг/кг				
Введение кромакалима (селективный блокатор α_1 -				

адренорецепторов) 100 мг/кг				
Введение аденозина (агонист аденозиновых рецепторов) 2 мг/кг				
Введение изосорбида динитрата (источник образования оксида азота) 100 мг/кг				

1. Заполните пропуски в ответах на вопросы по особенностям иннервации и влияния парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы на тонус сосудов.

Парасимпатическая иннервация

Симпатическая иннервация

- | | |
|---|--|
| 1. Медиатор преганглионарных волокон _____. | 1. Медиатор преганглионарных волокон _____. |
| 2. Тип рецепторов на мембране постганглионарного нейрона _____. | 2. Тип рецепторов на мембране постганглионарного нейрона _____. |
| 3. Медиатор постганглионарных волокон _____. | 3. Медиатор постганглионарных волокон _____. |
| 4. Иннервируемые сосуды _____. | 4. Иннервируемые сосуды _____. |
| 5. Тип клеточных рецепторов в ГМК сосудов _____. | 5. Тип клеточных рецепторов в ГМК сосудов _____. |
| 6. Внутриклеточный посредник передачи сигнала _____. | 6. Внутриклеточный посредник передачи сигнала _____. |
| 7. Изменения состояния ГМК при стимуляции М-холинорецепторов _____. | 7. Изменения состояния ГМК при стимуляции α -адренорецепторов _____, β -адренорецепторов _____. |

2. Заполните пропуски в последующем тексте и ответьте на вопросы:

Как изменится тонус ГМК сосудов при увеличении _____, уменьшении _____ проницаемости плазматической мембраны мышечных клеток для кальция, повышении _____, уменьшении _____ проницаемости для кальция мембран эндоплазматического ретикулума? Перечислите источники кальция, необходимые для сокращения ГМК _____; основные рецепторы _____; внутриклеточные посредники _____, участвующие в регуляции уровня внутриклеточного кальция.

Перечислите сосудосуживающие вещества _____.

Перечислите сосудорасширяющие вещества _____

Какие внутриклеточные пути передачи сигналов опосредуют влияния норадреналина, адреналина на альфа- и бета-адренорецепторы гладких мышц сосудов? _____

Перечислите образуемые эндотелием сосудов сосудорасширяющие и сосудосуживающие факторы и их источники.

СОСУДОРАСШИРЯЮЩИЕ

СОСУДОСУЖИВАЮЩИЕ

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Укажите реакцию сосудов (констрикция, дилатация) под влиянием адреналина и норадреналина при умеренном эмоциональном напряжении и физической нагрузке средней тяжести: миокард _____, скелетные мышцы _____, кишечник _____.
Какие типы адренорецепторов опосредуют реакцию сосудов этих органов в перечисленных условиях: миокард _____, скелетные мышцы _____, кишечник _____?

Будут ли наблюдаться различия в изменении работы сердца, величин систолического и диастолического давлений крови в условиях выраженного эмоционального напряжения (сердце _____, АДсист _____, АДдиаст _____) и условиях физической нагрузки средней тяжести (сердце _____, АДсист _____, АДдиаст _____)? Дайте пояснение вашим выводам.

Исходя из прямой зависимости величины АД крови от показателей работы сердца, состояния тонуса сосудов, объема циркулирующей крови, венозного возврата, какими способами может воспользоваться врач для быстрой коррекции давления крови при его снижении _____ или повышении _____

до опасных уровней?

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ

(подпись преподавателя)

ДОПОЛНЕНИЯ К РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

СТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ВОЗ К ПРОЦЕДУРЕ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

Для получения корректных данных о величинах артериального давления крови и возможности сравнивать их с данными, полученными при других измерениях, необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Просить обследуемого перед предстоящим измерением у него артериального давления крови избегать, по крайней мере за 1 ч до измерения давления, следующих видов активности: чрезмерной физической нагрузки, приема пищи, питья (кроме воды в небольших количествах); курения, приема сосудоактивных лекарств.

2. Измерение должно проводиться в достаточно тихой комнате при комфортной температуре окружающей среды.

3. Предпочтительно использование ртутных или anerодных сфигмоманометров с манжеткой 12–12,5 см ширины и длины достаточной, чтобы охватить по крайней мере 2/3 предплечья.

4. Обследуемому во время измерения давления должны быть созданы максимально комфортные условия: положение сидя напротив врача; удобная поверхность для расположения предплечья руки с расчетом, чтобы локтевой сгиб находился на уровне сердца; начало измерения можно проводить не ранее чем через 5 мин нахождения обследуемого в положении сидя и достижения им расслабленного состояния.

5. Помнить, что на показатели измерения давления может оказать влияние наличие одежды, плотно охватывающей предплечье или другие части тела.

6. Трубки манжетки не должны находиться снизу локтевого сустава (создают неудобство для пациента) или сверху над локтевой ямкой (мешают выслушиванию тонов); нижний край не туго наложенной манжетки должен находиться на 2–3 см выше локтевой ямки.

7. Шкала ртутного сфигмоманометра должна занимать строго вертикальное положение; располагаться на уровне глаз врача, быть недоступной глазам пациента.

8. За 5 мин до начала измерения давления, врач должен объяснить пациенту какие ощущения возникнут у него во время измерения давления, каким должно быть поведение пациента.

9. Подготовительное, ориентировочное измерение давления осуществляется следующим образом:

- врач пальпаторно находит пульсации радиальной артерии и продолжает пальпировать пульс;
- повышает давление в манжетке до уровня, при котором пульс исчезает и замечает этот уровень на шкале сфигмоманометра;
- быстро снижает давление в манжетке сфигмоманометра;
- рассчитывает величину верхнего уровня давления в манжетке, которое должно быть достигнуто при измерении артериального давления крови. Оно равно давлению в мм рт. ст., при котором исчезли пульсации радиальной артерии +30.

10. Между ориентировочным и 1-м измерением давления крови должен быть перерыв не менее 30 сек. или необходимо попросить пациента поднять руку вверх на 5–6 сек. для восстановления нормального венозного оттока.

Процедура измерения. Находят пульсацию плечевой артерии в локтевой ямке и помещают головку фонендоскопа ниже края манжетки на место наилучшей пульсации сосуда. Головка фонендоскопа во время измерения давления не должна ни с чем соприкасаться. Подкачивают воздух в манжетку до расчетного уровня и затем приоткрывают кран так, чтобы создать условия для снижения давления в манжетке со скоростью 2 мм рт. ст. за 1 сек. Во время понижения давления отмечают его значения, при которых появляются и полностью исчезают сосудистые тоны. Плавное снижение давления в манжетке прекращают в момент, когда оно понизилось на 4–6 мм ниже значения, при котором исчезли сосудистые тоны.

11. Вновь снижают давление в манжетке и просят пациента поднять руку вверх на 5–6 сек. или выжидают 30 сек. и повторяют измерение с соблюдением условий, изложенных в предыдущем пункте. Во всех случаях, когда имеются трудности с выслушиванием тонов, разъединяют трубки манжетки и выжидают не менее 30 сек. перед следующим измерением.

12. Записывают величины давления крови, полученные при обоих измерениях.

13. Во всех случаях для измерения давления крови должны использоваться исправные сфигмоманометры, прошедшие специальную проверку на правильность показаний.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ОСНОВАМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Эхокардиография — неинвазивный метод исследования динамики изменения линейных размеров морфологических структур сердца и сосудов,

позволяющий рассчитать скорость этих изменений, а также изменений объемов полостей сердца и крови в процессе осуществления сердечного цикла.

В основе метода лежит физическое свойство звуков высокой частоты в диапазоне 2–15 МГц (ультразвука) проходить через жидкие среды, ткани тела и сердца, в некоторой степени через газовые пространства, отражаясь при этом от любых изменений их плотности или от границ раздела.

Современный ультразвуковой (УЗ) эхокардиограф включает такие блоки как генератор ультразвука, УЗ-излучатель, приемник отраженных УЗ-волн, визуализации и компьютерного анализа. Излучатель и приемник УЗ конструктивно объединены в едином устройстве, называемом УЗ-датчиком.

Эхокардиографическое исследование осуществляется посредством посылки с датчика внутрь тела по определенным направлениям, генерируемых прибором коротких серий УЗ-волн. Часть УЗ-волн, проходя через ткани тела, поглощается ими, а отраженные волны (например, от поверхностей раздела миокарда и крови; клапанов и крови; стенки сосудов и крови) распространяются в обратном направлении к поверхности тела, улавливаются приемником датчика и преобразуются в электрические сигналы. После компьютерного анализа этих сигналов на экране дисплея формируется УЗ-изображение динамики процессов, протекающих в сердце во время сердечного цикла. По результатам расчета расстояний между рабочей поверхностью датчика и поверхностями разделов различных тканей или изменениями их плотности, можно получить множество визуальных и цифровых эхокардиографических показателей работы сердца.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ»

Электрокардиография — метод графической регистрации разности электрических потенциалов между электродами на поверхности тела, отражающих изменения электрических процессов в миокарде. Она позволяет оценить динамику процессов возникновения и распространения биоэлектрических потенциалов в сердечной мышце.

Для понимания того, что такое электрокардиограмма и как ее можно использовать для оценки состояния электрических процессов в сердце, необходимо учитывать ряд важных базисных положений:

1. Какие процессы являются источником возникновения и как распространяются биопотенциалы в тканях сердца.
2. Как распространяются биопотенциалы сердца по другим тканям тела к его поверхности.
3. Каким способом можно зарегистрировать на поверхности тела распространяющиеся от сердца биопотенциалы для того, чтобы по ним можно было идентифицировать характер изменений электрических процессов, и место этих изменений в конкретных отделах сердца.

1. Источники возникновения и распространение биопотенциалов в тканях сердца.

Мышца сердца, подобно нервной или другим типам мышечных тканей, принадлежит к возбудимым тканям. В ней можно выделить два типа клеток, обладающих возбудимостью: атипичные кардиомиоциты и типичные сократительные кардиомиоциты.

Атипичные кардиомиоциты формируют узлы и пучки (волокна) проводящей системы. Среди атипичных кардиомиоцитов выделяют клетки небольших размеров округлой формы, мембрана которых поляризована, но она обладает способностью спонтанно деполяризоваться и генерировать потенциалы действия. Эти клетки формируют узлы проводящей системы и являются водителями ритма сердца. Их потенциалы действия распространяются к сократительному миокарду предсердий и желудочков по мембранам 2-й разновидности атипичных кардиомиоцитов, имеющих вытянутую форму и формирующих пучки проводящей системы. Они формируют также конечные разветвления проводящей системы, в виде волокон Пуркинье, с помощью которых возбуждение, возникшее в водителе ритма, достигает сократительных кардиомиоцитов и инициирует в последних новый процесс возбуждения и сокращения. Необходимо сразу же отметить, что электрические потенциалы, возникающие в водителе ритма и распространяющиеся по проводящей системе, в силу их незначительной величины, не видны на ЭКГ. Поэтому мы не будем уделять им здесь большого внимания и для получения дополнительной информации о процессах, происходящих в проводящей системе сердца, отсылаем читателя к соответствующим лекциям и другим учебным материалам.

Мембрана покоящихся сократительных кардиомиоцитов поляризована и между ее внешней и внутренней поверхностями существует разность электрических потенциалов или потенциал покоя. Такие (типичные) кардиомиоциты образуют сократительный миокард предсердий и желудочков. Эти миоциты способны деполяризоваться (возбуждаться) и генерировать их собственный потенциал действия в ответ на поступление к ним потенциала действия из проводящей системы сердца, образованной атипичными кардиомиоцитами. Однако конечные разветвления проводящей системы в виде волокон Пуркинье подходят только к части кардиомиоцитов миокарда, инициируя возбуждение только в этих клетках. Их возбуждение передается на соседние кардиомиоциты, не имеющие контактов с волокнами проводящей системы, через особые ионные каналы щелевых контактов, являющиеся структурными элементами вставочных дисков — нексусов. Таким образом, через почти одновременную инициацию волокнами Пуркинье возбуждения множества отдельных кардиомиоцитов и через распространение возбуждения с этих кардиомиоцитов на другие соседние клетки, достигается быстрое распространение или охват возбуждением всего миокарда и последующее, почти синхронное сокращение кардиомиоцитов. Сократительный миокард

ведет себя как функциональный синцитий: возбуждение, возникающее в миоцитах какого-либо из его отделов, способно быстро распространиться на другие, невозбужденные клетки данного отдела.

Важнейшая форма внешнего проявления процесса возбуждения клетки или ткани — генерация на клеточной мембране потенциала действия. Вспомним, что каждый потенциал действия обусловлен возникновением деполяризации части или целой мембраны клетки, которая на некоторое время перезаряжается и приобретает на ее внутренней поверхности избыток положительных зарядов или знак (+), а на внешней поверхности избыток отрицательных зарядов или знак (-). Вслед за деполяризацией мембраны следует процесс реполяризации или восстановления исходного распределения зарядов на поверхности мембраны. Его следствие — возврат на внешней поверхности мембраны избытка положительных зарядов или знака (+), а на внутренней поверхности знака (-) (рис. 1).

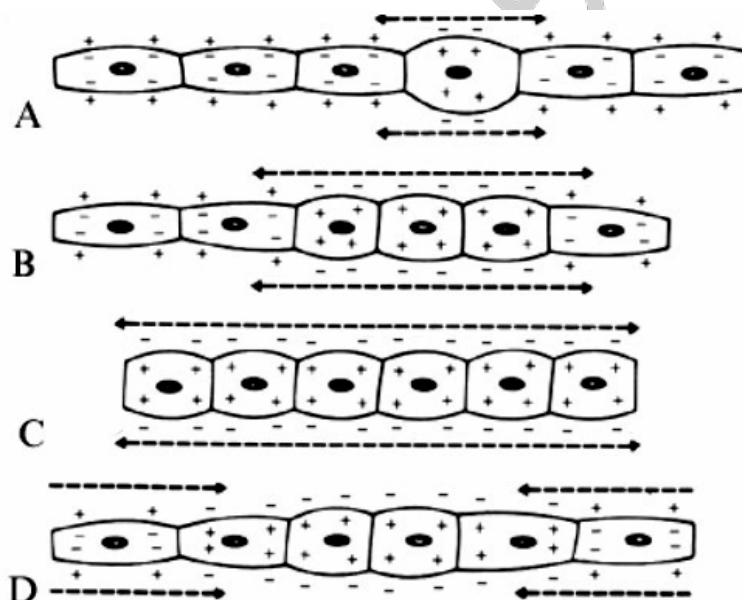


Рис. 1. Деполяризация и реполяризация в одиночном мышечном волокне

А — клетка миокарда (одиночное мышечное волокно) деполяризована. Волна деполяризации распространяется от клетки к клетке (В) и в некоторый момент все клетки становятся деполяризованными (С). Последующая реполяризация (D) приводит к восстановлению нормального распределения зарядов на мембранах клеток.

Таким образом, в течение некоторого времени (около 3–5 мсек), в процессе развития деполяризации мембран ряда клеток сосуществуют граничащие друг с другом, как уже деполяризованные, так и еще недеполяризованные участки миокарда с (-) и (+) зарядами, которые называют «диполями» (что значит имеющие два полюса зарядов). Подобные диполи возникают также между соседними — полностью деполяризованным и еще недеполяризованным кардиомиоцитами. Известно, что если в токопроводящих сре-

дах, каковыми являются живые ткани и биологические жидкости, появляются два или более участков с разноименными зарядами (потенциалами), то между ними возникает разность потенциалов или электродвижущая сила, которая побуждает перемещаться в среде заряженные ионы и становится причиной возникновения и распространения электрических токов на другие клетки и ткани.

Напомним, что мембранные и межклеточные диполи возникают в миокарде сразу во многих точках, что обусловлено деполяризацией (возбуждением) множества сократительных кардиомиоцитов, инициированной потенциалами действия множества волокон Пуркинье.

Естественно, что распространение от этих точечных диполей электрических токов в виде волны деполяризации по миокарду будет происходить по множеству направлений или векторов. Вероятно, эти направления можно образно сравнить с наблюдаемыми иногда причудливыми зигзагами стрел расщепившегося разряда молнии во время грозы, или многообразными зигзагами передачи мяча и перемещения игроков нападающей команды во время игры в футбол (или другие игры) (рис. 2).

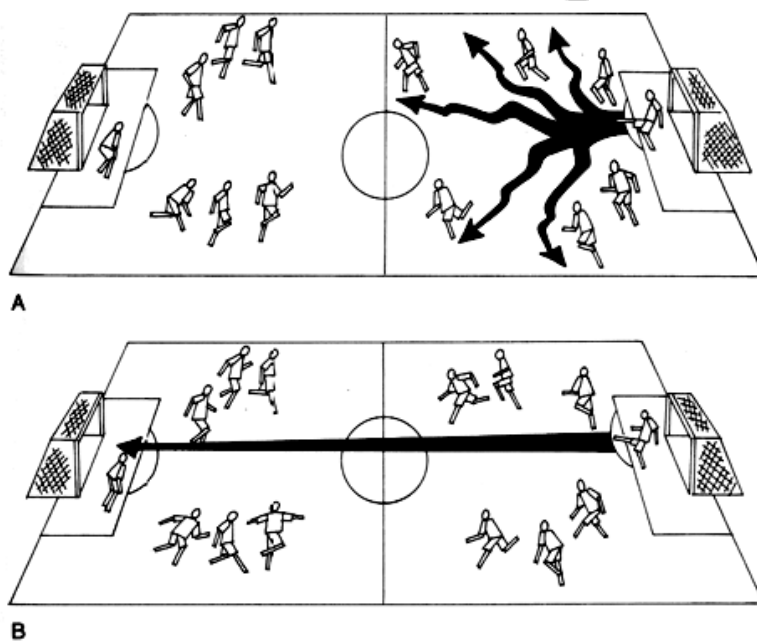


Рис. 2. Разнообразие направлений перемещения мяча во время игры (А) и направление результирующего вектора этих перемещений (В)

Однако в этом кажущемся хаосе направлений векторов распространения волны деполяризации по миокарду, равно как и распространения разряда молнии или перемещения игроков, всегда можно выделить главное, доминирующее направление распространения токов или результирующий вектор, являющийся усредненной суммой отдельных векторов, подобно тому, как игроки нападающей команды, хотя и по разным направлениям, но перемещаются в направлении ворот противника.

Действительно, направление результирующих векторов при распространении возбуждения по миокарду предсердий и желудочков в каждый момент времени изменяется, но в области предсердий усредненный результирующий вектор распространения деполяризации направлен справа налево и слегка книзу, в области межжелудочковой перегородки — слева направо, а в области желудочков одним из таких доминирующих направлений распространения волны деполяризации будет направление от его субэндокардиальной поверхности к субэпикардиальной, а усредненного результирующего вектора — книзу и слегка влево (рис. 3В). Результирующий вектор реполяризации миокарда желудочков направлен наоборот — слева направо вверх (рис. 3А).

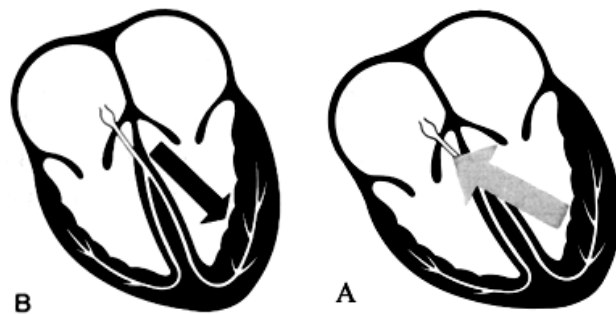


Рис. 3. Направление результирующего вектора во время деполяризации (В) и реполяризации (А) миокарда желудочков

2. Распространение биопотенциалов сердца по другим тканям к поверхности тела.

Хотя в миокарде одновременно возникает большое число точечных элементарных диполей, являющихся источниками распространения токов разных по величине и направлению, но при определенных допущениях, миокард в целом можно рассматривать как одиночный локальный источник тока в нашем теле. Его токи возникают на границах раздела деполяризованных и недеполяризованных участков миокарда, на которых и формируются

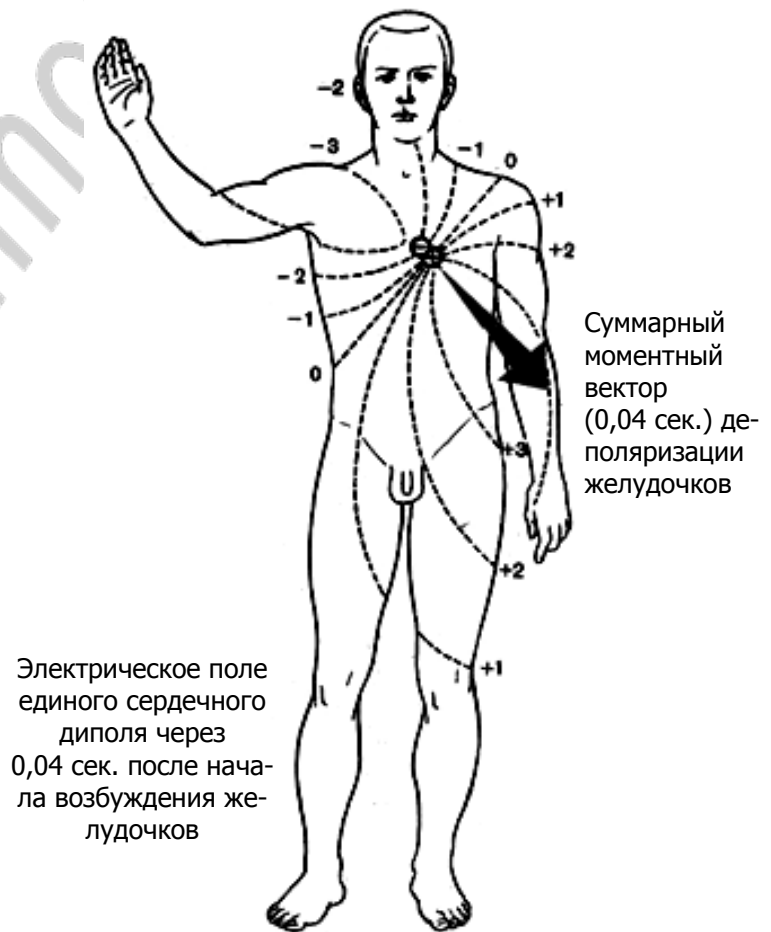


Рис. 4. Направление распространения результирующего вектора деполяризации в миокарде желудочков через 0,04 сек. от начала их возбуждения и схематичное представление распространения биотоков по глубоким и поверхностным тканям тела (кожи) в виде силовых линий распределения (-) и (+) зарядов

мируется единый сердечный диполь. Изменения разности потенциалов, возникающие на этих границах раздела в виде волн деполяризации, распространяются как по миокарду, так и далее — в виде перемещения ионов или волн биотоков, по токопроводящим тканям нашего тела.

Таким образом, в тканях тела, являющихся объемным проводником, возникают распространяющиеся электрические поля движущихся ионов или биотоков. Эти, изменяющиеся по величине и направлению биотоки и биопотенциалы, достигают поверхностей внутренних органов (например, пищевода), каждой точки поверхности кожных покровов тела, где их можно обнаружить и записать с помощью чувствительных электронных приборов (рис. 4).

3. Способы регистрации биопотенциалов сердца на поверхности тела и идентификации характера изменений электрических процессов в миокарде.

В основе существующих способов регистрации биопотенциалов сердца (ЭКГ) лежат элементарные представления о взаимодействии электрических зарядов, распространяющихся по поверхности кожи токов сердца с зарядами регистрирующих (отводящих) электродов. Величина (–) или (+) заряда, направление распространения токов сердца по поверхности кожи зависят от состояния миокарда: покой, возбуждение (деполяризация), возврат к покою (реполяризация) и динамики этих процессов в миокарде. Знак заряда отводящему электроду придается самой электронной схемой прибора и определяется видом отведения ЭКГ (см. далее). Таким образом, направление и амплитуда отклонения датчика регистрирующего устройства, например, пера электрокардиографа, будут отражать динамику процессов деполяризации и реполяризации различных отделов миокарда, но по-разному в разных отведениях.

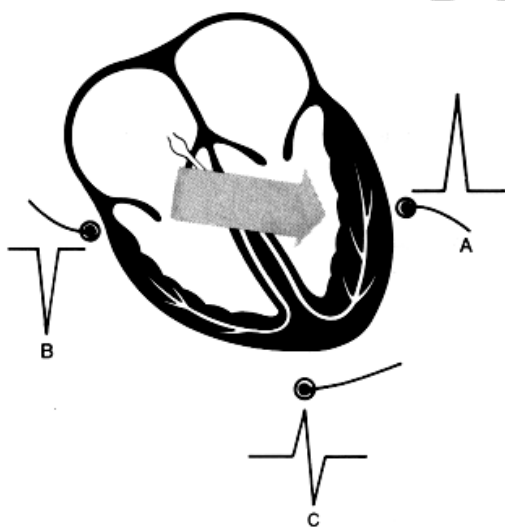


Рис. 5. Распространение результирующего вектора волны деполяризации по миокарду и направления смещения величины потенциалов под электродами

Рассмотрим общий случай (без учета знака заряда на электроде) как будут изменяться величина и направление смещения потенциалов ЭКГ под регистрирующими электродами на поверхности тела при распространении к ним (электродам) результирующего вектора волны деполяризации и уходе от них этой волны, т. е. смены деполяризации в сердце реполяризацией (рис. 5).

Из рисунка 5 видно, что когда волна деполяризации, распространившись по миокарду и тканям тела, будет двигаться по направлению к отводящему электроду (А), то элек-

трод будет регистрировать смещение потенциала в положительном направлении. Когда волна деполяризации уходит от электрода, то электрод регистрирует смещение потенциала в отрицательном направлении (В). Если волна деполяризации перемещается перпендикулярно электроду, то он регистрирует двухфазные смещения потенциала (С). Обратный ход волны деполяризации, что равноценно влиянию волны реполяризации на направление смещения потенциалов под электродами, вызывает симметрично противоположные влияния, наблюдавшиеся при первоначальном распространении деполяризации. Таким образом, по направлению отклонения потенциалов под электродами можно было бы оценить общее состояние электрической активности миокарда — состояние покоя или возбуждения (деполяризации), а также его угасания (реполяризации). Но этого для практического использования ЭКГ недостаточно. На практике важно знать не только динамику этих процессов в миокарде, но и их топографию — в каких областях миокарда они имеют место.

4. Способы определения локализации изменений электрических процессов в миокарде.

Сердце — трехмерный объемный орган, и было бы идеальным иметь надежные способы описания его электрической активности тоже в трехмерных координатах. К сожалению, несмотря на то, что ЭКГ уже регистрируется и используется в клинике более чем столетие, эта задача решена не полностью. Однако существенная часть задач по установлению локализации изменений электрических процессов в миокарде, по данным анализа ЭКГ, успешно решена. Их решение стало возможным после применения 12 видов унифицированных ЭКГ-отведений, создаваемых посредством комбинирования особых схем соединения отводящих электродов и придания этим электродам различных зарядов.

Применение 12 стандартизированных ЭКГ-отведений предусматривает регистрацию биопотенциалов сердца от конкретных точек поверхности тела. Для каждого из отведений установлены нормативы показателей ЭКГ. Таким образом, общепринятое ЭКГ-исследование в настоящее время обязательно включает следующие 12 отведений:

1. **Три стандартные биполярные отведения**, при которых регистрируется разность потенциалов между электродами, размещенными на определенных участках конечностей:

I отведение: левая рука (+) и правая рука (–);

II отведение: левая нога (+) и правая рука (–);

III отведение: левая нога (+) и левая рука (–).

2. **Три униполярные усиленные отведения**. При этих отведениях регистрируется разность потенциалов между активным положительным электродом, расположенном на одной из конечностей и объединенным индифферентным электродом, который получают, соединяя два оставшиеся электро-

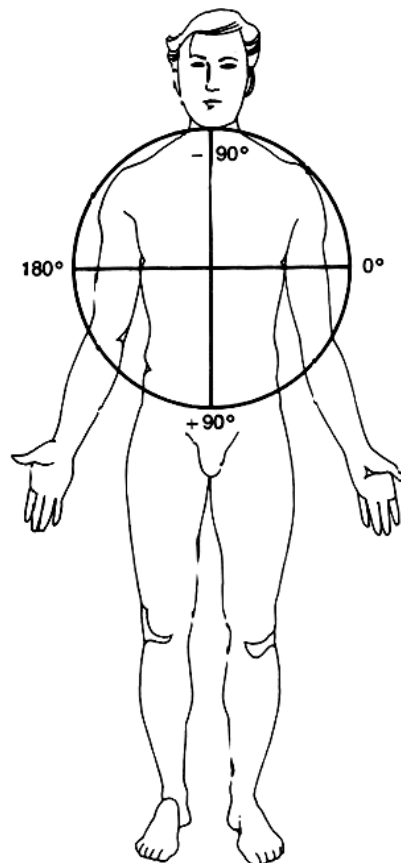
да на других конечностях, создающийся при этом потенциал объединенного электрода близок к нулю. Для обозначения этих отведений используют латинские буквы: aVR, aVL, aVF, где a — первая буква английского слова *augmented* (усиленный); вторая латинская буква — V — обозначает *voltage* (потенциал); третья латинская буква в каждом отведении обозначает соответственно: R — *right* (правый), L — *left* (левый), F — *foot* (нога).

3. **Шесть униполярных грудных (предсердных) отведений**, при которых регистрируется разность потенциалов между активными положительными электродами, расположенными в определенных точках кожи передней поверхности грудной клетки, и индифферентным электродом, который получают, соединяя (через сопротивление) электроды на трех конечностях — правой, левой руках и левой ноге. Грудные отведения обозначают буквой V и цифрой, указывающей на отведение по месту размещения активного электрода: V1 — в четвертом межреберье у правого края грудины; V2 — в четвертом межреберье у левого края грудины; V3 — посередине между V2 и V4; V4 — в пятом межреберье по левой среднеключичной линии; V5 — в пятом межреберье по передней подмышечной линии на уровне горизонтали расположения электрода V4; V6 — в пятом межреберье по средней подмышечной линии на уровне той же горизонтали, что для электродов V4 и V5.

5. Определение локализации изменений электрической активности сердца во фронтальной плоскости.

ЭКГ-отведения от электродов, расположенных на конечностях позволяют устанавливать топографию изменений электрической активности в миокарде во фронтальной плоскости. Эту плоскость можно изобразить в виде большого круга, разделенного системой прямоугольных координат с обозначением градусов и наложенного на изображение тела человека (рис. 6).

Представим себе, что электроды, наложенные на конечности, регистрируют («видят») электрические силовые линии в виде волн деполяризации и реполяризации, движущиеся вверх и вниз, влево и вправо через этот круг. В этом случае, если придать электродам в каждом отведении определенный заряд (см. предыдущий раздел), то в каждом отведении сердце будет обзреваться или просматриваться под определенным углом ориентации во фронтальной плос-



кости. Угол обзора сердца для каждого отведения может быть определен по направлению стрелки, соединяющей отрицательный электрод с положительным. Если, полученные таким образом углы наложить на изображение круга во фронтальной плоскости, а начало стрелки разместить в центре круга, то мы увидим, что первые три стандартных отведения и усиленные отведения от электродов, наложенных на конечности, будут обозревать сердце под следующими углами (см. рис. 7, 8):

1. Отведение I создается положительным электродом левой руки и отрицательным электродом правой, поэтому его угол ориентации или обзора сердца составляет 0° .

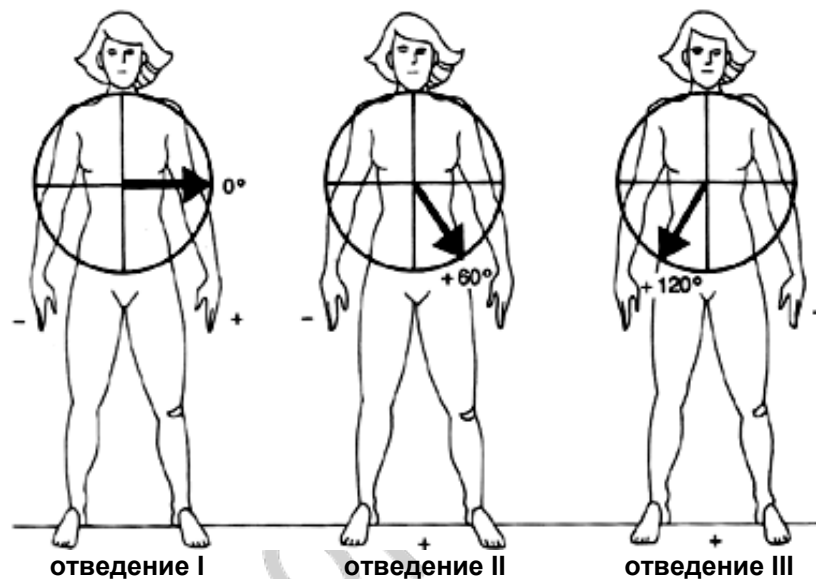


Рис. 7. Схема углов обзора электрических изменений в сердце в I, II, III отведениях ЭКГ

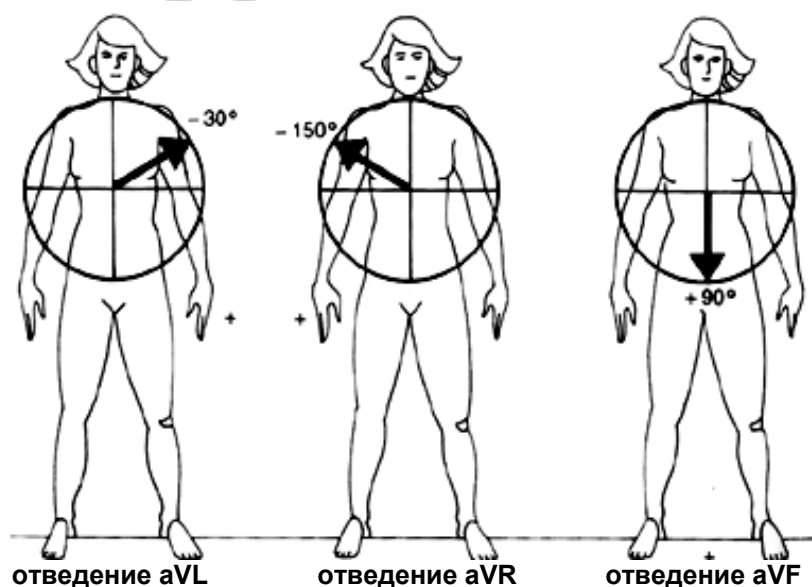


Рис. 8. Схема углов обзора электрических изменений в сердце в aVL, aVR и aVF отведениях ЭКГ

2. Отведение II создается положительным электродом нижних конечностей (левой ноги) и отрицательным электродом правой руки — его угол ориентации составляет $+60^\circ$.

3. Отведение III создается положительным электродом нижних конечностей и отрицательным электродом левой руки — его угол ориентации составляет $+120^\circ$.

4. Отведение aVL создается положительным электродом левой руки и отрицательным всех других конечностей и его угол ориентации составляет -30° .

5. Отведение aVR создается положительным электродом правой руки и отрицательным всех других конечностей и его угол ориентации составляет -150° .

6. Отведение aVF создается положительным электродом нижних конечностей и отрицательным верхних конечностей и его угол ориентации составляет $+90^\circ$.

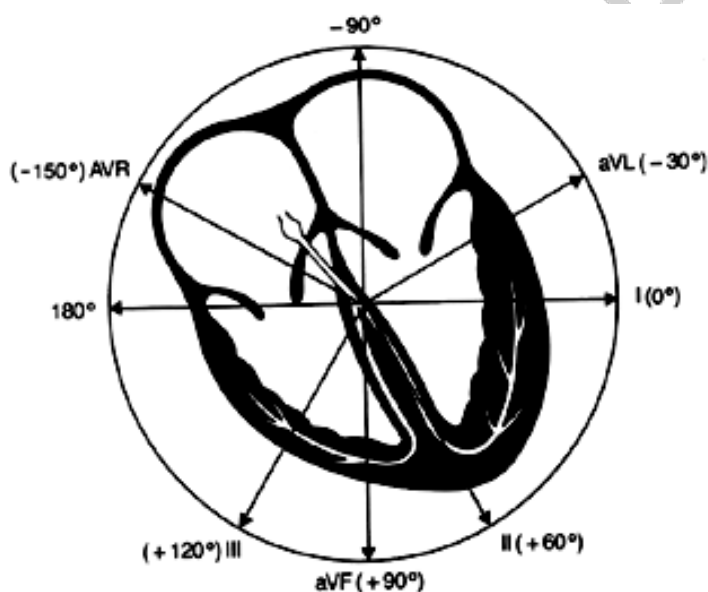


Рис. 9. Общая схема углов обзора электрических изменений в сердце для классических ЭКГ-отведений

На рисунке 9 приведена общая схема углов обзора сердца во фронтальной плоскости в каждом из отведений ЭКГ от конечностей. Из рисунка 9 и таблицы 1 видно, что отведения II, III, и aVF позволяют наилучшим образом оценивать изменения электрической активности нижней поверхности сердца, поэтому их еще называют *нижними отведениями*. Отведения I и aVL позволяют наиболее полно оценивать изменения электрической активности левой боковой стенки сердца и их называют *левыми боковыми отведениями*.



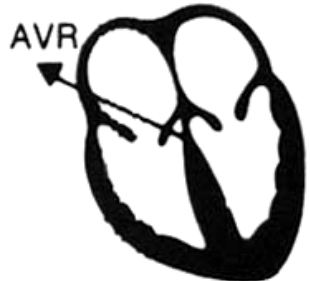
Отведение aVR дает возможность обзора изменений электрической активности боковой верхнеправой стенки сердца, но не является столь инфор-

мативным, как вышеперечисленные, и не получило другого специфического названия.

Более детальное представление об углах обзора сердца в классических ЭКГ-отведениях представлено в таблице 22.

Таблица 22

Углы обзора сердца в классических ЭКГ-отведениях

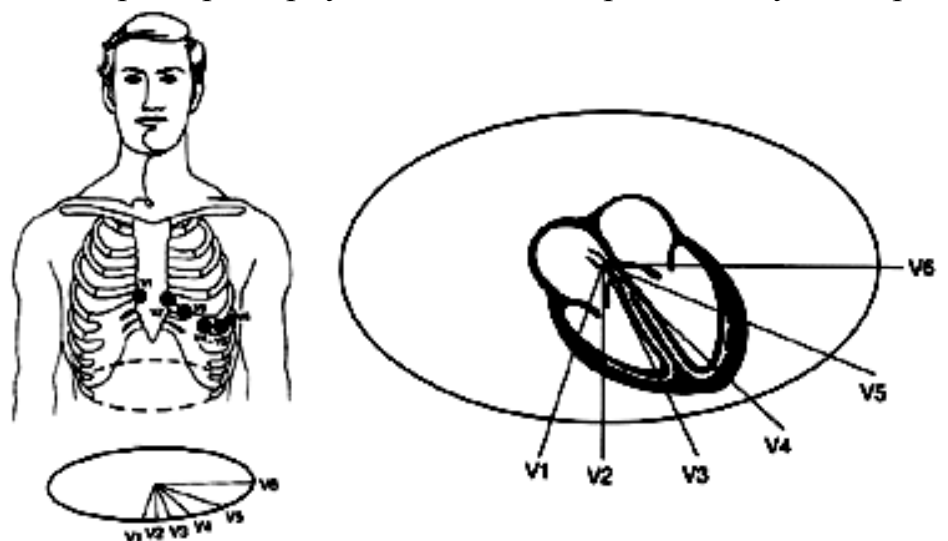
Отведение	Угол	
Нижние отведения отведение II отведение III отведение aVF	+60° +120° +90°	
Левые боковые отведения отведение I отведение aVL	+0° -30°	
отведение aVR	-150°	

6. Определение локализации изменений электрической активности сердца в горизонтальной плоскости.

Схема соединения и локализации электродов в грудных ЭКГ-отведениях сформированы таким образом, чтобы с их помощью можно было регистрировать изменения электрических потенциалов, распространяющихся кпереди и кзади от сердца, т. е. для оценки распространения деполяризации и реполяризации в горизонтальной плоскости. Для этого каждый из 6 электродов, размещаемых на передней поверхности грудной клетки в заданных координатах, является положительным, а общий заземленный электрод представляет все тело (рис. 10).

В зависимости от локализации электрода, каждое грудное отведение имеет характерный для него угол обзора и область сердца, которая просмат-

ривается при этом отведении наилучшим образом (рис. 10). Вспомним, что если рассмотреть пространственное положение, занимаемое сердцем в грудной полости, то сердце развернуто так, что его правый желудочек располага-



ется кпереди и медиально, а левый — кзади и латерально. Таким образом, электроды V1 и V2 оказываются расположенными над правым желудочком, V3 и V4 — над межжелудочковой перегородкой, а V5 и V6 — над левым желудочком.

передние

Рис. 10. Схематическое представление топографии расположения электродов в грудных ЭКГ-отведениях и углов обзора электрических изменений в сердце в горизонтальной плоскости

Учитывая расположение электродов и направление обзора сердца, отведения с V1 по V4 называют также *передними отведениями*, а V5 и V6 вместе с I и aVL — *левыми боковыми отведениями*. Поэтому 12 ЭКГ-отведений могут быть сгруппированы следующим образом:

- V1, V2, V3, V4 — *передние*;
- I, aVL, V5, V6 — *левые боковые*;
- II, III, aVF — *нижние*;
- aVR.

7. Формирование основных элементов ЭКГ в различных отведениях и использование их для оценки характера и топографии изменений электрической активности сердца.

Для понимания механизмов формирования основных элементов ЭКГ в различных отведениях необходимо вспомнить, где размещается в нормальных условиях водитель ритма сердца 1-го порядка, и как отражается на изменении потенциала под электродом приближение к нему или удаление от него усредненного вектора распространяющейся волны деполяризации и реполяризации (см. разделы 2 и 3).

Зубец P

При локализации водителя ритма сердца в синоатриальном узле его потенциал действия первоначально распространится и вызовет деполяризацию миокарда правого предсердия и затем миокарда левого предсердия. Усредненный результирующий вектор распространения деполяризации по миокарду предсердий при нормальном расположении сердца оказывается направленным справа налево и слегка книзу. Таким образом, при распространении этого вектора волны деполяризации к положительному электроду на левой руке на нем будут наблюдаться изменения потенциала, регистрируемые электрокардиографом в виде положительного смещения записи на ЭКГ в 1-м отведении, или зубца Р, который отражает динамику процессов деполяризации (возбуждения). Принято считать, что восходящая часть Р отражает преимущественно возбуждение миокарда правого предсердия, а нисходящая часть Р — левого. Очевидно, что и в других отведениях — левом латеральном aVL и нижних — II, aVF , описывающих изменения электрической активности миокарда во фронтальной плоскости, будет регистрироваться той же формы и направления зубец Р, как и в 1-м отведении. Процессы реполяризации миокарда предсердий не видны на ЭКГ, так как они накладываются на более высокоамплитудные зубцы QRS-комплекса.

Отведение III также относится к нижним отведениям, но если мы вспомним, что в этом отведении сердце видно под углом $+120^\circ$, то становится ясным, что усредненный результирующий вектор распространения волны деполяризации предсердий будет перпендикулярным к отведению III. Поэтому в норме зубец Р часто регистрируется на ЭКГ в III отведении двухфазным.

В отведении aVR сердце просматривается под углом -150° . Из рисунка 11 видно, что при деполяризации предсердий результирующий вектор волны деполяризации будет удаляться от электрода, расположенного на правой руке и, следовательно, зубец Р на ЭКГ в этом отведении будет регистрироваться отрицательным.

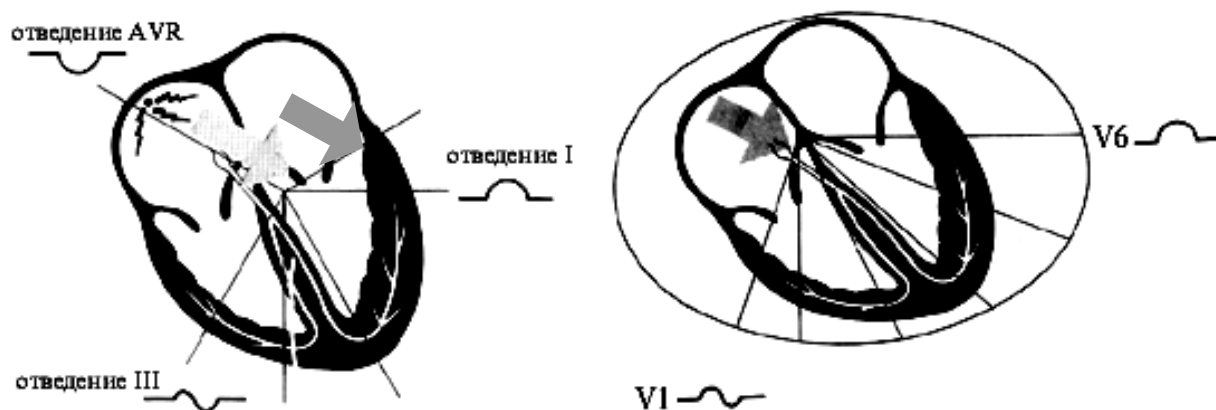


Рис. 11. Схематическое пояснение причин формирования вариаций зубца Р в различных ЭКГ-отведениях

По аналогии проведенных нами сопоставлений можно убедиться, что в грудных отведениях, по которым можно оценивать изменения электрической активности сердца в горизонтальной плоскости, также будут регистрироваться вполне определенные смещения потенциалов. Так, в левых боковых отведениях V5 и V6, как и в отведениях I и aVL, будет регистрироваться положительный зубец P. В отведении V1, активный электрод которого расположен над правым сердцем, усредненный вектор волны деполяризации располагается перпендикулярно, что и обуславливает запись в этом отведении, по аналогии с отведением III, двухфазного зубца P. В отведениях с V2 по V4 могут наблюдаться зубцы P изменчивой формы.

Поскольку миокард предсердий имеет малую массу, то суммарные изменения величины потенциалов, во время его деполяризации невелики и амплитуда зубца P в норме не превышает 0,25 мВ или 2,5 мм. Амплитуда P зубца обычно максимальна (наиболее положительна) в отведении II и отрицательность его наибольшая в отведении aVR.

Интервал PQ

Интервал PQ отражает время, от начала возбуждения миокарда предсердий до начала возбуждения миокарда желудочков. Это время проведения возбуждения по проводящей системе, включая задержку проведения потенциала действия по проводящей системе в области атриовентрикулярного узла. В нормальных условиях продолжительность интервала составляет от 0,12 до 0,20 сек. В течение промежутка времени от окончания зубца P до начала зубца Q возбуждение распространяется по клеткам и пучкам проводящей системы и не видно на ЭКГ, на которой регистрируется изоэлектрическая линия.

QRS-комплекс

Поскольку миокард предсердий отделен от миокарда желудочков фиброзным соединительно-тканым кольцом, ткани которого не являются возбудимыми, то процесс возбуждения не может распространиться с миокарда предсердий непосредственно на миокард желудочков.

Таким образом, в нормальных условиях для инициации возбуждения в миокарде желудочков, к нему необходимо через атриовентрикулярное соединение, общую ножку пучка Гиса и ветви его левой ножки, провести потенциал действия от водителя ритма, который достигает ранее всего миокарда межжелудочковой перегородки (см. рис. 12, 13). Возникающее в ней возбуждение (деполяризация) распространяется по перегородке таким образом, что результирующий вектор волн деполяризации имеет направление слева направо. Деполяризация перегородки не всегда отражается на ЭКГ, но когда это происходит, то она проявляется отрицательным смещением на ЭКГ, получившим название зубца Q. Отрицательный зубец Q может регистрироваться в левых боковых I, aVL, V5, V6 отведениях. У некоторых людей небольшой зубец Q может регистрироваться в нижних отведениях. Появление зубца Q в aVR и в правых грудных отведениях V1–V3 — признак патологии.

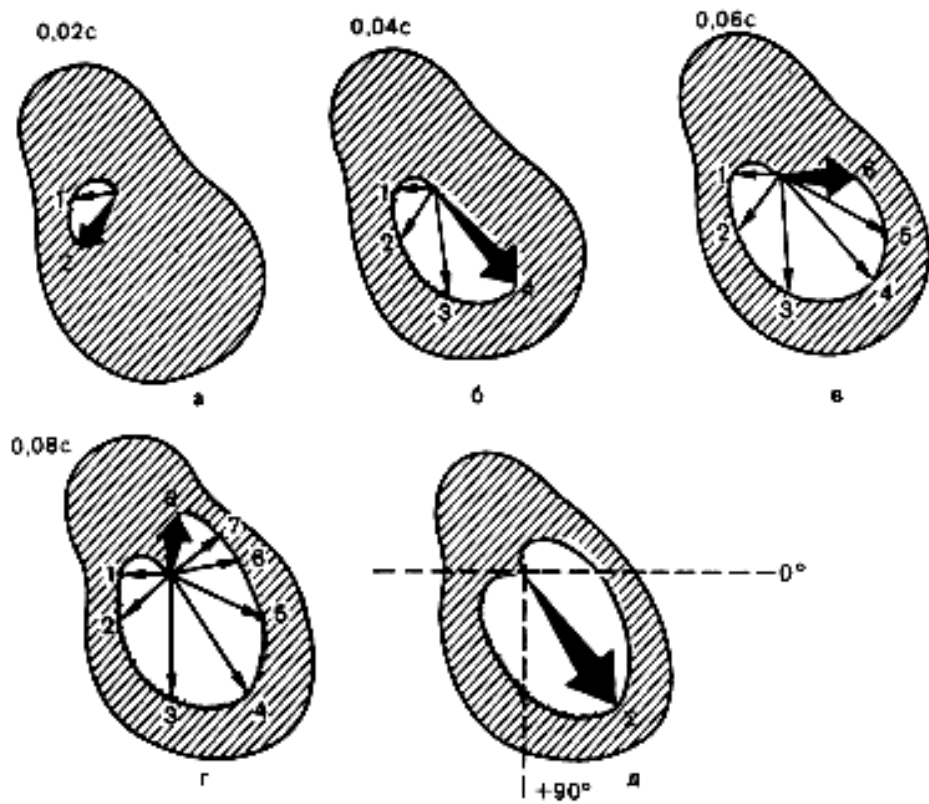


Рис. 12. Изменения направления усредненных векторов распространения волны деполяризации по миокарду желудочков в различные промежутки времени от начала их деполяризации

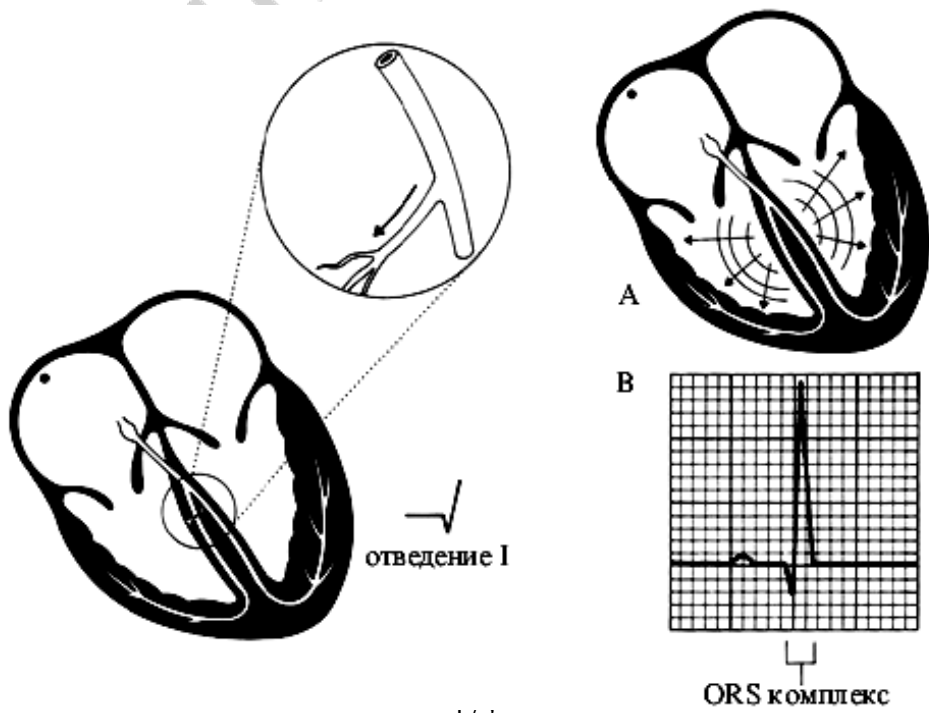


Рис. 13. Схематическое пояснение причин формирования элементов QRS-комплекса в различных ЭКГ-отведениях

Вслед за межжелудочковой перегородкой в процесс возбуждения вовлекается остальная миокард обоих желудочков. Однако поскольку масса миокарда левого желудочка существенно больше массы правого, то изменения электрической активности, именно в левом желудочке, доминируют в желудочковом комплексе зубцов ЭКГ. Так, усредненный результирующий вектор волн деполяризации миокарда желудочков направлен вниз влево, и в нормальных условиях его направление может варьировать между значениями углов от 0° до $+90^\circ$. Поэтому в отведениях, с помощью которых можно оценить изменения электрической активности миокарда во фронтальной плоскости, деполяризация миокарда регистрируется в виде высокоамплитудного положительного отклонения потенциала, что и формирует на ЭКГ высокоамплитудный зубец R. Он регистрируется в нормальных условиях в левых боковых и нижних отведениях от конечностей; и в грудных V3 и V6 отведениях, активные электроды которых располагаются над левым желудочком.

Зубец R имеет остrokонечную форму, а его ширина составляет 0,03–0,04 сек. В отведениях V1, V2, электроды которых располагаются над правым желудочком и отведении aVR, от активного электрода которого (как и от электродов V1, V2) удаляется результирующий вектор волны деполяризации, регистрируется глубокий отрицательный зубец S, имеющий продолжительность до 0,03 сек. и отражающий распространение процесса возбуждения на основании левого желудочка.

В грудных отведениях V3 и V4, угол обзора которых находится в промежуточной зоне, обычно регистрируется двухфазное отклонение потенциала в виде зубцов R и S приблизительно одинаковой амплитуды. Если проанализировать изменение амплитуды и направления зубцов комплекса QRS в грудных отведениях с V1 по V6, то можно отметить определенную закономерность (рис. 14): амплитуда зубца R прогрессивно увеличивается по мере смещения грудных отведений справа налево — с наименьшей в V1 до наибольшей в V5. В отведении V6 амплитуда зубца R обычно несколько ниже чем в V5.

Таким образом, охват возбуждением миокарда желудочков, начиная с межжелудочковой перегородки и заканчивая их основанием, отражается на ЭКГ комплексом зубцов QRS, называемым также желудочковым комплексом. В нормальных условиях продолжительность комплекса QRS составляет от 0,06 до 0,1 сек. Поскольку этот комплекс — отражение процесса деполяризации мощной массы миокарда желудочков, то амплитуда зубцов QRS выше, чем амплитуда зубца P, отражающего процесс деполяризации относительно небольшой массы миокарда предсердий. Амплитуда зубца R колеб-

лется в разных отведениях и может достигать до 2 мВ в I, II, III и в aVF отведениях; 1,1 мВ в aVL и до 2,6 мВ в левых грудных отведениях.

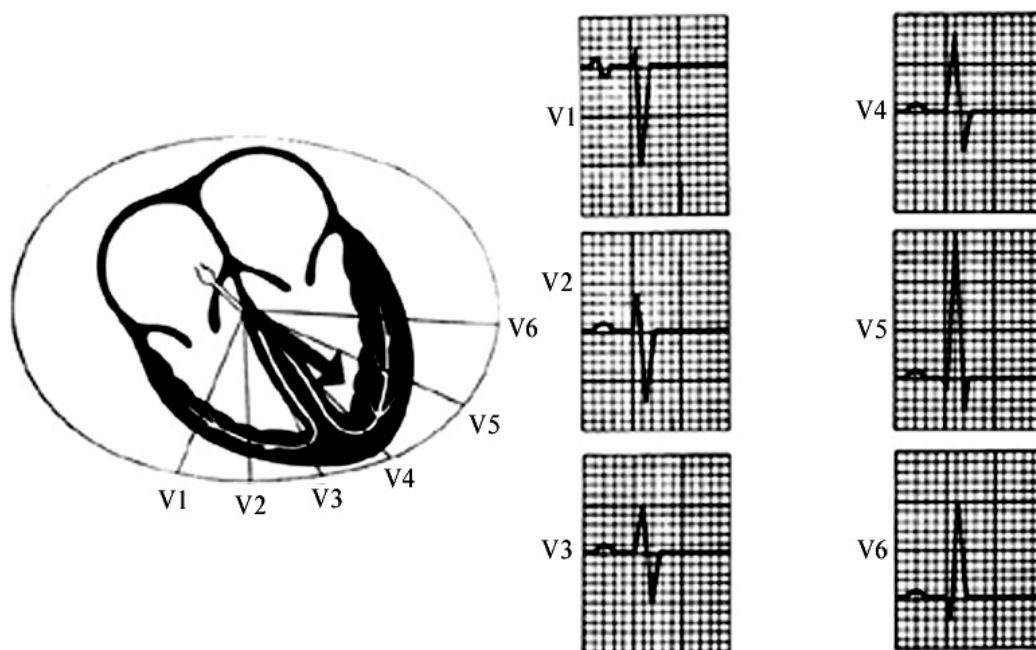


Рис. 14. Формирование элементов комплекса QRS в грудных ЭКГ-отведениях
Сегмент ST

Сегмент ST в нормальных условиях обычно регистрируется на ЭКГ в виде слегка наклонной или горизонтальной линии (рис. 15). Он отражает процесс полного охвата возбуждением миокарда желудочков и отсчитывается от момента окончания зубца S в точке пересечения его восходящей части с изоэлектрической линией (точка J) до начала зубца T.



Рис. 15. Сегмент ST горизонтальной формы

Продолжительность ST на практике не оценивается, так как она существенно зависит от частоты сокращений сердца. ST-сегмент очень чувствителен к состоянию пониженного метаболизма в миокарде, которое возникает

при малейшей ишемии, вызванной недостаточностью коронарного кровотока. Поскольку коронарные артериолы субэндокардиального отдела миокарда левого желудочка подвергаются наиболее сильному внешнему сдавливанию во время систолы, то в этом участке миокарда чаще всего наблюдается ишемия при гипертрофии миокарда, мощной физической нагрузке или коронарной недостаточности. Во всех этих случаях увеличивается вероятность нарушения процессов деполяризации и нередко реполяризации миокарда, что может сопровождаться смещением на ЭКГ положения сегмента ST относительно изолинии за пределы допустимого (± 1 мм). Дополнительную информацию по этому вопросу можно прочесть далее в разделе «Тестирование физической работоспособности».

Т-зубец

В нормальных условиях реполяризация миокарда начинается с тех его областей, которые были деполяризованы последними. Волна реполяризации миокарда следует в направлении, противоположном направлению распространения волны деполяризации и, таким образом, ее усредненный результирующий вектор имеет обратное направление — снизу вверх направо. Это ведет к таким изменениям потенциала под активными электродами, что направление смещения записи на ЭКГ в виде зубца Т во время реполяризации миокарда являются положительными в тех отведениях, в которых записывается положительный, значительной амплитуды зубец R (рис. 16). В отведениях, в которых зубец R незначителен или не выявляется, может регистрироваться отрицательный зубец Т (отведения AVR и V1). Скорость реполяризации всегда ниже, чем скорость деполяризации, поэтому длительность зубца Т (0,12–0,16 сек.) превышает длительность QRS (0,06–0,1 сек.), а амплитуда Т переменна и может быть очень малой или составлять до (но не более) $1/3$ – $1/2$ амплитуды R.

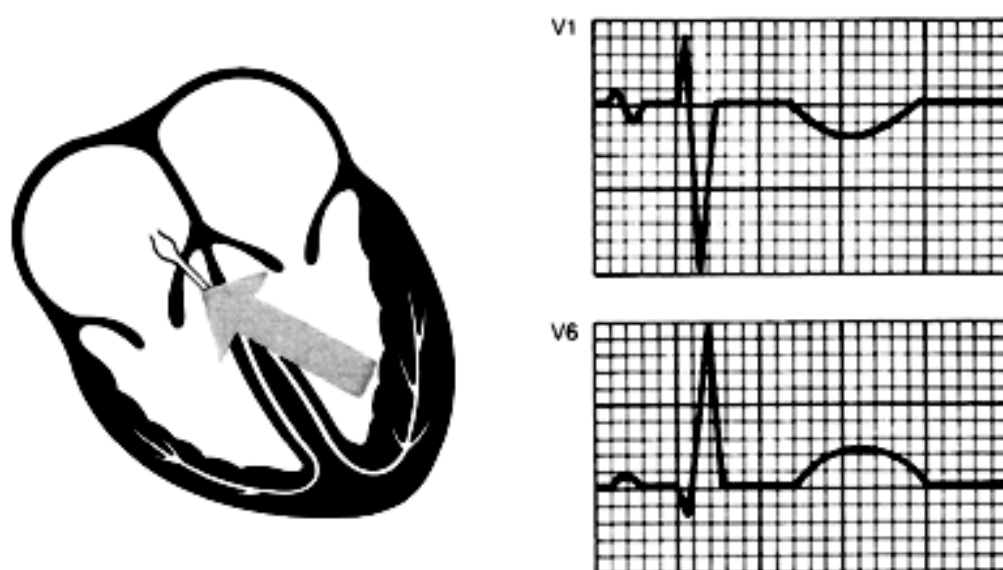


Рис. 16. Схематическое пояснение причин формирования зубца Т

Из механизмов генерации потенциала действия при возбуждении известно, что его фаза деполяризации обусловлена пассивным входом в кардиомиоцит ионов натрия под действием сил электрохимического градиента этого иона. Фазы реполяризации кардиомиоцита обусловлены уже не столько входом в клетку ионов (вход Ca^{++} в фазу плато потенциала действия) сколько выходом ионов калия и последующим восстановлением исходного распределения ионов с помощью ионных насосов (Na^+/K^+ насоса, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ обменника), на работу которых затрачивается метаболическая энергия. Это — одно из объяснений того, что зубец Т, подобно сегменту ST — высокочувствительный элемент ЭКГ к возникновению в миокарде ишемии, гормональным, нервным и другим воздействиям на работу сердца.

Интервал QT

Для оценки соотношения времени на процессы деполяризации и реполяризации миокарда в одиночном сердечном цикле, а также между продолжительностью цикла деполяризация — реполяризация и общим временем одиночного сердечного цикла используются различные ЭКГ-интервалы. Среди них, часто используемые: интервал RR, отражающий общую продолжительность одиночного сердечного цикла, и интервал QT, отражающий продолжительность цикла деполяризация-реполяризация миокарда желудочков. При частоте сокращений сердца 60–80 в мин длительность интервала QT у мужчин составляет 0,32–0,37 сек., а у женщин — 0,35–0,40 сек.

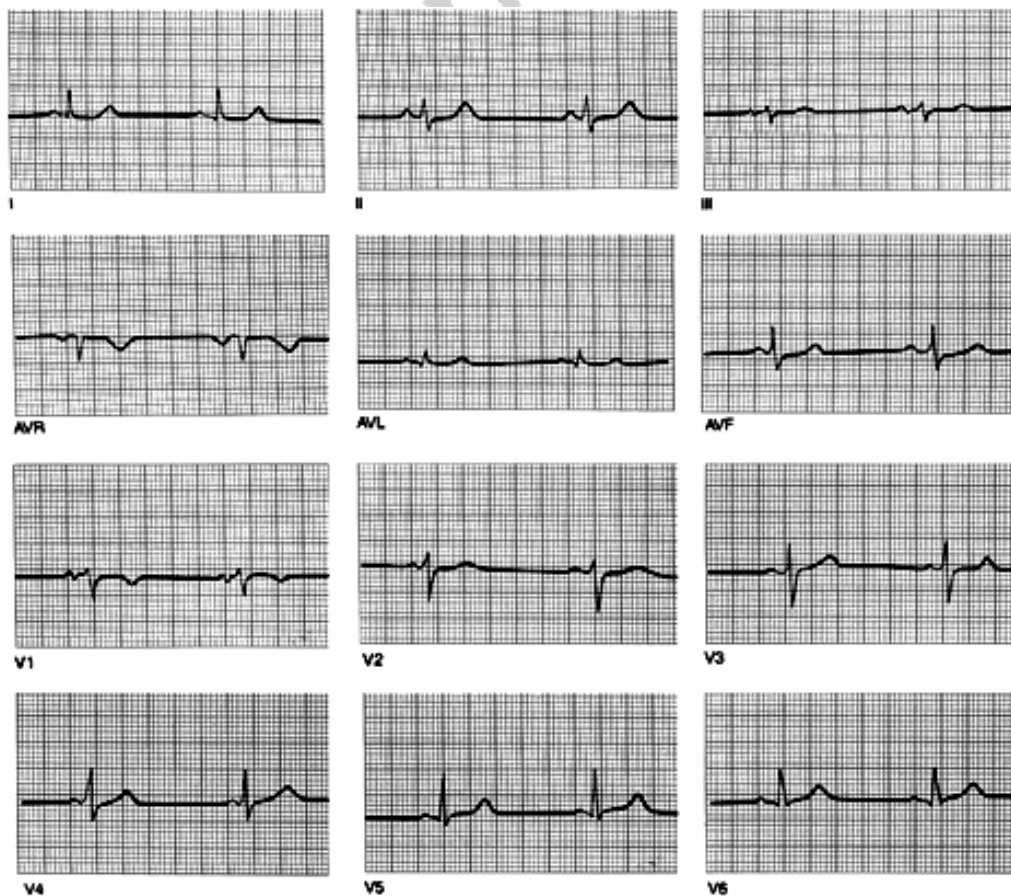


Рис. 17. Вид нормальной ЭКГ в общепринятых 12 отведениях

Из сопоставления времени, затрачиваемого на деполяризацию миокарда желудочков (QRS), и времени — на их реполяризацию (T), видно, что продолжительность QT в большей степени отражает скорость процессов реполяризации. Продолжительность QT пропорциональна частоте сокращений сердца. Сопоставляя продолжительность QT с общей продолжительностью сердечного цикла по продолжительности RR-интервала можно вычислить, какое время приходится на время систолы желудочков из общей продолжительности сердечного цикла — систолический показатель (СП). СП в условиях покоя составляет в норме около 40 %.

На рисунках 17–18 приводятся записи нормальных ЭКГ во всех 12 отведениях. При внимательном рассмотрении и сопоставлении этих записей, можно еще раз проверить свое понимание, что такое ЭКГ и причины ее происхождения.

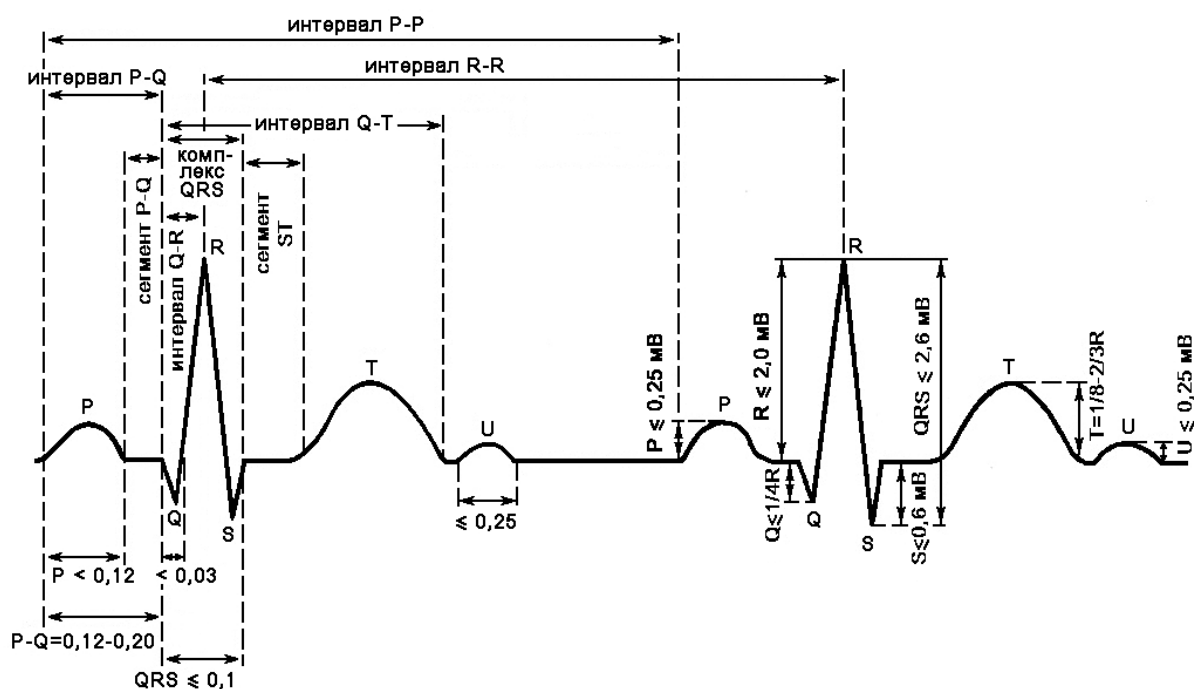


Рис. 18. Нормальные значения элементов ЭКГ во II отведении

8. Определение направления электрической оси сердца.

Как уже отмечалось, распространение электрических токов в миокарде при его возбуждении происходит по многим направлениями (вспомним перемещение игроков нападающей команды), и для каждого из этих направлений может быть построен свой локальный, секторальный результирующий вектор распространения токов, а из локальных векторов в каждый момент времени может быть построен усредненный результирующий вектор распространения электрических токов в миокарде и в тканях тела, который и определяет специфическую форму ЭКГ в различных отведениях. Сказанное можно продемонстрировать схематически. Из рисунка 19А и 19В видно, что усредненное направление распространения токов при возбуждении (деполя-

ризации) межжелудочковой перегородки может быть представлено векторами 3 и 4, векторы 5–8 отражают направление распространения токов при деполяризации мощной массы миокарда левого желудочка, а векторы 1 и 2 — направление распространения токов при деполяризации миокарда правого желудочка. Если теперь произвести векторное сложение направлений векторов 1–8, то мы и получим уже известное нам направление усредненного результирующего вектора, отражающего доминирующее направление (сверху вниз и слегка влево) распространения электрических токов, прежде всего деполяризующегося миокарда левого желудочка. Направление этого усредненного результирующего вектора и было названо *электрической осью сердца (ЭОС)*.

Если наложить контуры сердца во фронтальной плоскости и направление усредненного результирующего вектора на знакомую нам схему прямоугольных осей координат, то нетрудно заметить, что в нормальных условиях направление вектора и, следовательно ЭОС, лежит между $+90^\circ$ и 0° (рис. 19B, C). На практике кардиологи считают нормальным расположение ЭОС в интервале $+90^\circ - -30^\circ$.

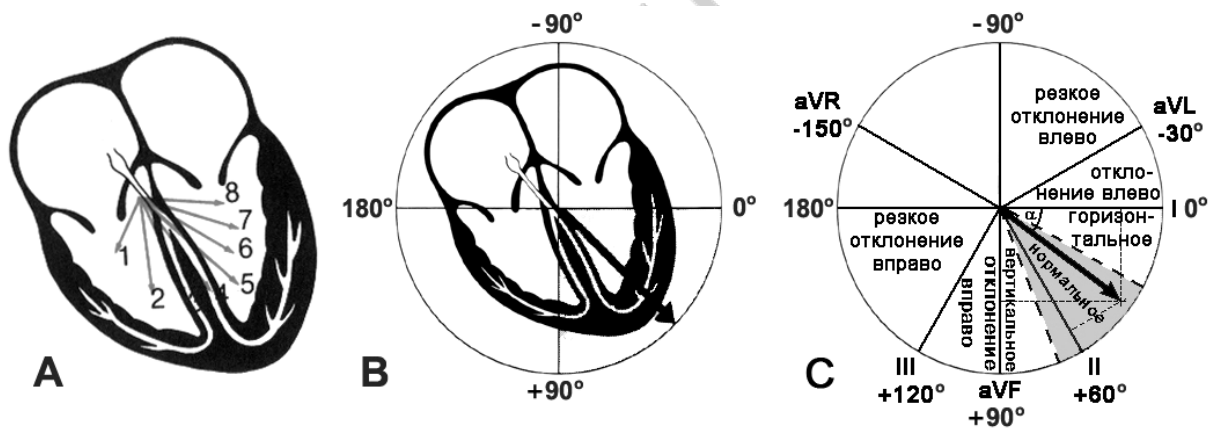


Рис. 19. Схематическое пояснение формирования и положения электрической оси сердца (ЭОС)

Вспомнив анатомическую локализацию сердца в грудной клетке, можно отметить, что ЭОС примерно соответствует ориентации его анатомической оси. Таким образом, по положению электрической оси можно косвенно судить об изменениях анатомического положения сердца. Различают следующие варианты положения ЭОС: вертикальное положение — направление вектора между $+70^\circ - +90^\circ$; нормальное — между $+30^\circ - +70^\circ$; горизонтальное — между $0^\circ - +30^\circ$; отклонение вправо — между $+90^\circ - +180^\circ$; отклонение влево — между $0^\circ - -90^\circ$. Нормальное положение ЭОС характерно для здоровых людей, горизонтальное и вертикальное положения ЭОС могут встречаться как у здоровых людей, так и при увеличении массы желудочков (гипертрофии) или нарушениях проводимости в миокарде. Горизонтальное положение ЭОС встречается у гиперстеников, конституция тела которых

создает условия для горизонтального или «лежачего» расположения сердца. Вертикальное положение ЭОС встречается у астеников, конституция тела которых создает условия для вертикального или «висячего» расположения сердца. Для подростков более характерно вертикальное и нормальное положение ЭОС, для взрослых — нормальное и отклонение электрической оси влево.

Зная, что такое ЭОС, мы теперь можем ориентировочно определить ее направление, анализируя некоторые элементы записанной ЭКГ. Вспомним, что вектор, определяющий направление оси, лежит во фронтальной плоскости и, таким образом, для оценки его положения достаточно проанализировать ЭКГ в отведениях от конечностей. В нормальных условиях вектор направлен вниз и влево и, следовательно, для оценки этого направления необходимо анализировать ЭКГ в отведениях, которые «видят» его в угловом секторе не менее чем $+90^\circ - -30^\circ$. Такими отведениями являются I, II, III и aVF.

Учитывая, что усредненный вектор деполяризации миокарда желудочков, отражается на ЭКГ зубцами комплекса QRS, рассмотрим как отразится на них в этих отведениях расположение вектора или ЭОС в нормальных условиях. Вспомним, что в этом случае волна деполяризации возбуждающегося миокарда, распространяясь в направлении активного электрода I, II, III или aVF отведений, будет вызывать отклонение их потенциала, регистрируемое на ЭКГ в виде зубца R, амплитуда которого максимальна во II отведении. В отведении aVL амплитуда R равна S и регистрируемый комплекс получил название двухфазного комплекса RS ($R \approx S$). В отведении aVR в нормальных условиях на ЭКГ регистрируется глубокий отрицательный зубец S (рис. 20а).

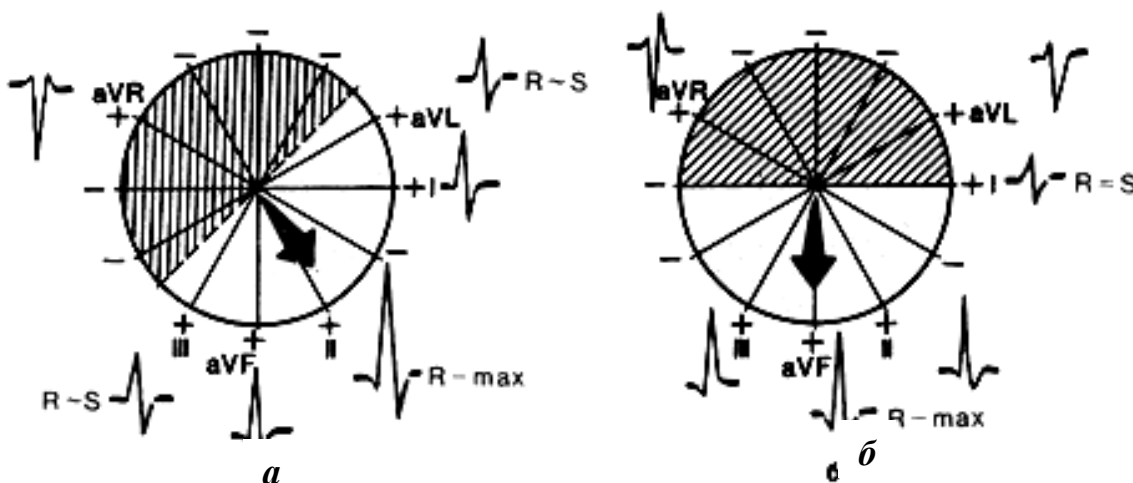


Рис. 20. Форма зубцов комплекса QRS в ЭКГ отведениях от конечностей при нормальном (а) и вертикальном (б) положениях электрической оси сердца

При анализе в этом примере отклонений R и других зубцов комплекса QRS можно сформулировать два простых принципа определения направления ЭОС:

- алгебраическая сумма зубцов комплекса QRS имеет максимальное положительное значение в том ЭКГ-отведении, угол обзора сердца в котором примерно совпадает или параллелен расположению ЭОС;

- комплекс QRS, в котором алгебраическая сумма зубцов близка или равна 0 ($R = Q + S$ или $R = S$), регистрируется в том отведении, угол обзора сердца в котором примерно перпендикулярен расположению ЭОС.

Учитывая эти принципы, рассмотрим вариант расположения ЭОС под углом $\approx 45^\circ$ (рис. 19C, 20a) — в пределах нормального расположения ЭОС.

В этом случае на ЭКГ регистрируется наиболее высокий положительный R во II отведении, несколько более низкий по амплитуде положительный R — в aVF и I отведениях и двухфазный комплекс RS ($R \approx S$) — в III и aVL-отведениях. Простое алгебраическое сложение амплитуд зубцов в комплексах QRS показывает, что их наибольшая положительная сумма имеется во II отведении, а амплитуда $R_{II} > R_I > R_{III}$. Алгебраическая сумма зубцов в комплексе QRS близка к 0 в III и aVL-отведениях. Глубокий отрицательный S регистрируется в отведении aVR. Наложив эти данные на схему угловых координат и расположения контура сердца, можно видеть, что направление ЭОС в этом случае находится между осями отведений II и aVR, т. е. близко к 45° .

На основании подобных рассуждений можно убедиться, что в случае, представленном на рисунке 20б, электрическая ось сердца направлена книзу или расположена под углом $+90^\circ$. Такое положение ЭОС характерно для вертикального расположения его анатомической оси.

Попытаемся определить направление ЭОС по данным следующих 6 отведений ЭКГ, которые приведены на рисунке 21.

При внимательном рассмотрении записанных комплексов QRS видно, что в них регистрируется глубокий отрицательный зубец S во всех нижних отведениях — II, III, aVF; R — в левых боковых I и aVL (R макс), и aVR ($R \approx Q+S$). Согласно принципам определения

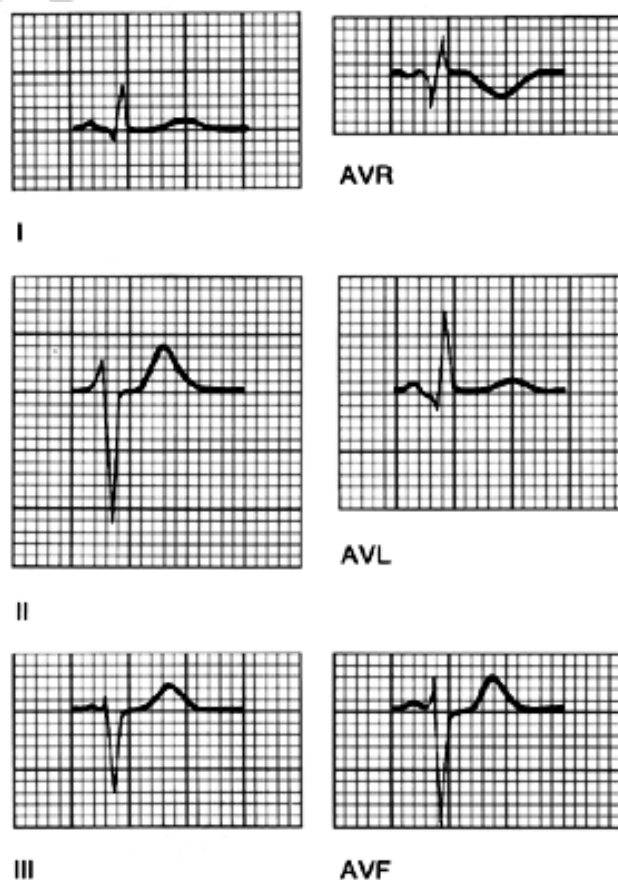


Рис. 21. ЭКГ-комплексы, записанные в 6 отведениях от конечностей

направления ЭОС, это возможно только при условии ее направления перпендикулярно к aVR или в область отрицательных углов, т. е. сдвиге ЭОС влево.

Для быстрой ориентировочной оценки направления ЭОС и выявления на ЭКГ признаков ее отклонения вправо или влево, можно использовать следующую схему (рис. 22), которая составлена с учетом двух упоминавшихся принципов определения направления ЭОС (см. также работу 18.2, п. 2.5.).









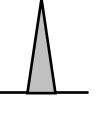
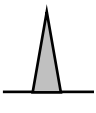








	Резкое отклонение ЭОС вправо	Отклонение ЭОС вправо	Вертикальное положение	Нормальное (промежуточное) положение	Отклонение ЭОС влево	Резкое отклонение ЭОС влево
I						
II						
III						

Рис. 22. Соотношения положительного и отрицательного направления отклонения комплекса QRS в I, II и III отведениях, характеризующие положение электрической оси сердца

Кроме описанного быстрого способа определения электрической оси сердца, существует более точный способ определения направления ЭОС (угол α), основанный на использовании векторов и умении рассчитывать углы в прямоугольных треугольниках (рис. 19 С):

$$\alpha = \arctg \left[\frac{(\Sigma_{QRS}) aVF}{(\Sigma_{QRS}) I} \right].$$

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ФОНОКАРДИОГРАФИИ

Фонокардиография — метод графической регистрации звуков (тонов и шумов), возникающих при работе сердца.

Основная задача фонокардиографии — регистрация всех 4 звуков, возникающих при работе сердца, получение более полных и точных объективных данных о звуках, обнаруженных при выслушивании. С помощью стетоскопа или фонендоскопа обычно выслушивается два тона. При помощи микрофона и усилителя — фонокардиографа — можно зарегистрировать и преобразовать в электрические звуковые колебания 1-го и 2-го тонов сердца. При этом в норме могут обнаруживаться также 3 и иногда 4 тона сердца.

Фонокардиограмму всегда записывают синхронно с ЭКГ, что помогает точности ее расшифровки (рис. 23). Микрофон устанавливается в общепринятых точках аускультации сердца.

Нормальный 1-й тон (*систолический*) в области верхушки сердца состоит из 3 основных групп осцилляций. Начальные низкочастотные небольшие по амплитуде колебания представляют собой мышечный компонент 1-го тона, связанный с сокращением мышц желудочков. Центральная часть 1-го тона, или главный сегмент (высокочастотные осцилляции большой амплитуды), обусловлена колебаниями, возникающими при закрытии атрио-вентрикулярных клапанов. Конечная часть 1-го тона (небольшие по амплитуде осцилляции) отражает открытие клапанов аорты и легочной артерии, а также колебания стенок аорты и легочной артерии. Начало центральной части 1-го тона отстоит от начала зубца Q ЭКГ на 0,04–0,06 сек. (интервал Q-1-й тон). Длительность 1-го тона — 0,07–0,13 сек. (зависит от частотной характеристики записи и от усиления).

2-й (*диастолический*) тон анализируют при регистрации его над основанием сердца (во втором межреберье справа и слева от грудины). 2-й тон состоит из 2 групп осцилляций: первая связана с закрытием аортального клапана, вторая — с закрытием клапана легочной артерии. Интервал между аортальным и легочным компонентами 2-го тона в норме может достигать 0,04–0,06 сек. Начало 2-го тона приблизительно совпадает с концом зубца T ЭКГ, обычно с запаздыванием на 0,02–0,04 сек. Длительность 2-го тона — 0,06–0,10 сек.

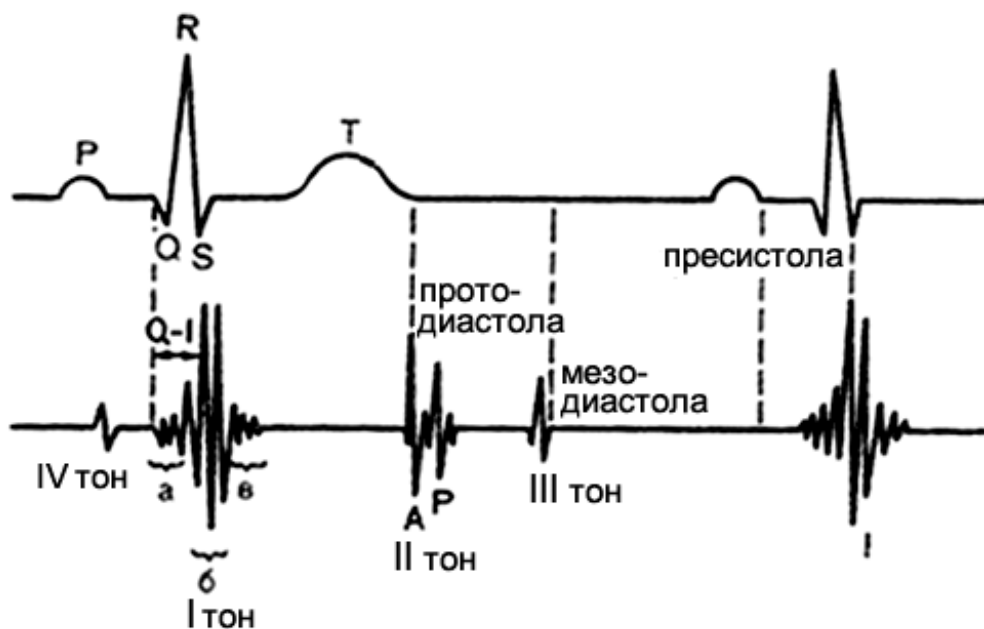


Рис. 23. Синхронная запись ЭКГ во 2-м отведении (сверху) и фонокардиограммы: Компоненты I тона: *a* — мышечный; *б* — главный сегмент; *в* — конечная часть; компоненты II тона: *A* — аортальный; *P* — пульмональный; *Q-I* — интервал между зубцами Q и I тоном (стрелкой показан способ его измерения)

3-й тон регистрируется в виде 1–2 низкоамплитудных осцилляций на верхушке сердца у 50–90 % здоровых людей (преимущественно у детей и у лиц с тонкой грудной стенкой), связан с колебанием стенки желудочков в фазу быстрого наполнения.

4-й тон представлен 1–2 низкоамплитудными колебаниями, локализуется на ФКГ на уровне окончания зубца Р ЭКГ, связан с сокращением предсердий и колебанием мышцы желудочков в пресистолический период. Определяется реже, чем *3-й тон* у того же контингента обследуемых.

Репозиторий БГМУ

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болезни сердца и сосудов* : рук. для врачей. В 4-х т. Т. 1 / под ред. Е. И. Чазова. М.: Медицина, 1992. 496 с.
2. *Мурашко, В. В.* Электрокардиография / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский М.: Медицина, 1987. 256 с.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с.
4. *Физиологические особенности организма детей различного возраста* / под ред. Ф. Н. Серкова и соавт. Киев, 1989. 131 с.
5. *Физиология плода и детей* / под ред. В. Д. Глебовского. М., 1988. 50 с.
6. *Физиология человека* / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. 560 с.
7. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с.
8. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 448 с.
9. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 2, 3 ; пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 313 с.
10. *Функциональная нагрузочная электрокардиография* : рук. / под ред. В. В. Мирончика, А. В. Фролова. Минск, 1998. 122 с.
11. *Malcolm, S. Thaler.* The only ECG book you'll ever need / S. Malcolm Thaler. Lippincott-Raven, 2-nd Ed., 1997. 294 p.
12. *Little, R. C.* Physiology of the heart and circulation. Year book medical publishers / R. C. Little, W. C. Little. Inc, 4-th Ed., 1989. 379 p.
13. *Berne, R. M.* Cardiovascular physiology / R. M. Berne, M. N. Levy. Mosby, 7-nd Ed., 1997. 324 p.
14. *Hurst, J. W.* The Heart / J. W. Hurst. Mc-Graw-Hill, Inc, 5-th Ed., 1982.
15. *Bercov, R.* The Merck Manual of Diagnosis and Therapy / R. Bercov, A. J. Fletcher. Merck and Co., Inc., 1992. 1597 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ»	4
Занятие 1. Вступительное занятие. Техника безопасности в практикумах и лабораториях кафедры. Предмет и задачи нормальной физиологии. Физико-химические свойства крови (В. А. Переверзев, А. И. Кубарко, М. Л. Колесникова)	4
Занятие 2. Основы информационного обмена клетки с окружающей средой: химическая сигнализация. Гемопоз (А. И. Кубарко, В. А. Переверзев)	13
Занятие 3. Эритроцитопоз, тромбоцитопоз. Физиологические функции эритроцитов, тромбоцитов. Гемостаз (Л. И. Белорыбкина, В. А. Переверзев, М. Л. Колесникова)	18
Занятие 4. Лейкоцитопоз. Физиологические функции лейкоцитов. Неспецифическая и специфическая (иммунологическая) резистентность организма. Физиологическая оценка результатов общего анализа крови (А. И. Кубарко, В. А. Переверзев).....	30
Занятие 5. Группы крови. Система АВО; резус (RH). Физиологическое обоснование подбора донорской крови. Подведение итогов по разделу «Физиология крови» (Л. И. Белорыбкина, А. Н. Харламова, В. А. Переверзев, М. Л. Колесникова).....	36
Основные количественные физиологические показатели жидких сред организма человека (В. А. Переверзев, А. И. Кубарко)	50
Раздел «ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»	52
Занятие 6. Электрическая сигнализация. Показатели возбудимости. Законы реагирования возбудимых тканей. Возникновение и поддержание потенциалов в живых клетках. Изменение возбудимости при возбуждении (Т. Г. Северина, А. И. Кубарко)	52
Занятие 7. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача (Т. Г. Северина, Л. И. Белорыбкина, А. И. Кубарко)	56
Занятие 8. Физиология мышц (Т. Г. Северина, А. И. Кубарко).....	59
Занятие 9. Роль и функции нервной системы и ее структурных элементов. Торможение в ЦНС. Общие принципы координационной деятельности ЦНС (Л. И. Белорыбкина, А. И. Кубарко, Г. А. Прудников)	66
Занятие 10. Роль и функции спинного мозга, продолговатого и среднего мозга, мозжечка, ретикулярной формации (Л. И. Белорыбкина, А. И. Кубарко)	73

Занятие 11. Роль и функции таламуса, гипоталамуса, базальных ганглиев, лимбической системы и коры больших полушарий головного мозга. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений (<i>Л. И. Белорыбкина, А. И. Кубарко</i>).....	80
Занятие 12. Физиология автономной (вегетативной) нервной системы (<i>В. А. Переверзев, А. И. Кубарко</i>).....	87
Занятие 13. Физиология эндокринной системы 1 (<i>В. А. Переверзев, А. И. Кубарко</i>).....	95
Занятие 14. Физиология эндокринной системы 2 (<i>В. А. Переверзев, А. И. Кубарко</i>).....	101
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ».....	105
Занятие 15. Гемодинамика. Функциональные показатели кровообращения (<i>А. И. Кубарко, Н. А. Башаркевич</i>).....	105
Занятие 16. Физиологические свойства и особенности миокарда (<i>А. И. Кубарко, Н. А. Башаркевич</i>).....	115
Занятие 17. Сердечный цикл. Методы исследования сердечной деятельности (<i>А. И. Кубарко, Н. А. Башаркевич, Д. А. Александров</i>).....	120
Занятие 18. Регуляция кровообращения 1 (<i>А. И. Кубарко</i>).....	134
Занятие 19. Регуляция кровообращения 2 (<i>А. И. Кубарко, Д. А. Александров</i>).....	145
Дополнения к разделу «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ».....	157
Стандартизованные требования ВОЗ к процедуре измерения артериального давления крови (<i>А. И. Кубарко</i>).....	157
Дополнительная информация по основам ЭХОКАРДИОГРАФИИ (<i>А. И. Кубарко</i>).....	158
Дополнительная информация к теме «ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ» (<i>А. И. Кубарко, Д. А. Александров</i>).....	159
Дополнительная информация по ФОНОКАРДИОГРАФИИ (<i>Н. А. Башаркевич</i>).....	182
ЛИТЕРАТУРА.....	185

Учебное издание

Кубарко Алексей Иванович
Переверзев Владимир Алексеевич
Белорыбкина Людмила Ивановна и др.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум в двух частях

Издание четвертое

Часть 1

ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ. КРОВЬ. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Ответственный за выпуск А. И. Кубарко
Редактор Н. А. Лебедко
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 29.05.08. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».

Печать офсетная. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 10,93. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 960 экз. Заказ 324.

Издатель и полиграфическое исполнение –

Белорусский государственный медицинский университет.

ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004; ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.

220030, г. Минск, Ленинградская, 6.