

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум в двух частях

4-е издание

Часть 2 ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ



Минск БГМУ 2008

УДК 612.1/.8 (075.8)
ББК 28.707.3 я 73
Н 83

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

А в т о р ы: А. И. Кубарко (занятия 2–13); Д. А. Александров (занятия 5, 6); Л. И. Бело-
рыбкина (занятия 5, 6); Н. А. Башаркевич (занятие 4); В. И. Власенко (занятия 12, 13);
Р. И. Дорохина (занятие 7); М. Л. Колесникова (занятия 8, 9); А. А. Семенович (занятия 1–4);
В. А. Сюсюкин (занятия 12, 13); А. Н. Харламова (занятия 10, 11)

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

Нормальная физиология : практикум. В 2 ч. Ч. 2. Частная физиология / А. И. Ку-
Н 83 барко [и др.]. 4-е изд. – Минск : БГМУ, 2008. – 159 с.

Представлены вопросы к практическим занятиям по разделам: физиология дыхания, пищеварение, обмен веществ и энергии, терморегуляция, выделение, сенсорные системы, интегративная деятельность мозга. Приведены описания лабораторных работ и протоколы их оформления, списки рекомендуемой литературы. Первое издание вышло в 2006 г.

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

УДК 612.1/.8 (075.8)
ББК 28.707.3 я 73

© Оформление. Белорусский государственный
медицинский университет, 2008

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 1 (20). Внешнее дыхание

Цель: в процессе обсуждения теоретического материала и результатов, полученных при выполнении практических работ, добиться усвоения студентами знаний по физиологии внешнего дыхания в объеме учебной программы.

Задачи:

- обучить студентов методам определения показателей внешнего дыхания, методам расчета их нормативов и оценки отклонения от уровня нормы;
- рассмотреть роль дыхательных путей и легких в осуществлении газообмена, физиологические механизмы, обеспечивающие проходимость дыхательных путей для воздуха, механизм вдоха и выдоха, особенности легочного кровотока и соотношение между вентиляцией и кровотоком;
- познакомить студентов с физиологическими предпосылками правильного дыхания и дыхательных упражнений.

Основные вопросы:

1. Значение дыхания для организма. Основные этапы процесса дыхания.
2. Физиологическая роль дыхательных путей и легких.
3. Эластические свойства тканей легких и грудной клетки. Роль сурфактанта.
4. Давление в плевральной полости, его роль и изменения при дыхании.
5. Кровоток в легких.
6. Взаимосвязь между легочным кровотоком, вентиляцией и гравитацией.
7. Иннервация дыхательных мышц и легких.
8. Биомеханика вдоха и выдоха.
9. Объемные и потоковые показатели внешнего дыхания.
10. Показатели обструктивных и рестриктивных нарушений вентиляции легких.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Перечислите последовательность основных нейрофизиологических процессов, обеспечивающих вдох. Как изменяется положение ребер и купола диафрагмы при вдохе?
2. За счет каких сил осуществляется спокойный выдох, усиленный выдох?
3. Что такое растяжимость легких? Как она изменяется с возрастом?
4. Что такое анатомическое мертвое пространство? Его величина у здоровых людей?

5. Что такое физиологическое мертвое пространство? Какие факторы приводят к возрастанию его величины?

6. Каким образом положение тела человека может влиять на величину физиологического мертвого пространства?

7. Какова направленность действия эластической тяги легких и грудной клетки в разные фазы дыхательного цикла?

8. Какие вы знаете механизмы очищения слизистой оболочки дыхательных путей и поверхности альвеол?

9. Из каких объемов складывается общая емкость легких?

10. Поточные показатели внешнего дыхания и их характеристика.

11. Какое соотношение между альвеолярной вентиляцией и кровотоком в легких?

12. У человека $ДО = 650$ мл, частота дыхания — 10 в мин. Какова у него величина альвеолярной вентиляции?

13. У пациента величина общей емкости легких = 7 л, $РОВд = 3,5$ л, $ДО = 0,5$ л, $РОВыд = 1,5$ л. Рассчитайте какова у этого человека величина ФОЕ и остаточного объема легких?

14. Какие факторы способствуют переходу ламинарного потока воздуха в дыхательных путях в турбулентный?

15. При подключении аппарата искусственного дыхания вредное пространство увеличилось до 450 мл. Если сохранить обычный дыхательный объем, как изменится величина альвеолярной вентиляции? Что необходимо изменить для сохранения и повышения эффективности альвеолярной вентиляции?

НОРМАТИВЫ

1. Величина ДЖЕЛ (должная жизненная емкость легких — формулу для расчета см. в работе «Спирометрия») у мужчин в пределах 4–7 л. Величина ДЖЕЛ у женщин обычно в пределах 3–5 л.

2. Дыхательный объем в покое — 300–800 мл.

3. Частота дыхания в покое — 9–20 д.ц./мин.

4. Пиковая объемная скорость для мужчин — 5–10 л/с, для женщин 4–8 л/с. Должная величина рассчитывается по формуле $1,25 * ДЖЕЛ$.

5. Тест Тиффно — 70–85%.

6. Напряжение кислорода и углекислого газа в артериальной крови — $РО_2 = 85–100$ мм рт. ст., $РСО_2 = 35–45$ мм рт. ст.

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. 30–32 практикума).

2. Основы физиологии человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 340–380.

3. Физиология человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 401–442.

4. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 347–358, 378–385.
5. *Физиология человека* / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 598 с. С. 238–271.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. Т. 3 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М., 1986.
2. *Уэст, Дж.* Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст. М., 1988.
3. *Физиология человека* / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. С. 292–322.
4. *Гриппи, М. А.* Патофизиология легких / М. А. Гриппи. М.–СПб.: БИНОМ, 1999. 344 с. С. 13–80.
5. *Физиология плода и детей* / под ред. В.Д. Глебовского. М., 1988.
6. *Семенович, А. А.* Терминологический справочник по разделу «Физиология дыхания» / А.А. Семенович, А.И. Кубарко. Мн., 1999. 7 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 1.1. СПИРОМЕТРИЯ

Материалы и оборудование. Для работы необходим прибор — спирометр, разовые или повторно стерилизуемые мундштуки (загубники, маски), соединительные шланги.

В лабораторной практике используются разные типы спирометров: сухо-воздушные с турбиметрическими датчиками, водные с движущимся вертикально или вращающимся цилиндром, компьютерные с датчиками, работающими на основе эффекта Бернулли, и т. д.

В нашем практикуме имеются водные спирометры с вращающимся цилиндром. При проведении исследования используют разовые или подвергнутые специальной стерилизации мундштуки. Перед проведением измерений, указатель прибора устанавливают в нулевое положение путем вращения цилиндра спирометра против часовой стрелки. Поскольку некоторые люди (особенно дети) не могут произвольно полностью перекрыть выдох через нос, то перед измерением показателей легочных объемов и емкостей надо с помощью специального носового зажима перекрыть носовые ходы.

1. Определение жизненной емкости легких.

В положении сидя сделайте максимальный вдох с умеренной скоростью, затем, захватив губами мундштук, произведите медленный максимально глубокий выдох в трубку спирометра. Запишите показания прибора. Исследование повторяют трижды. После каждого исследования дают испытуемому отдохнуть не менее 30 с.

Чтобы сделать вывод о том, нормальная ли величина ЖЕЛ у испытуемого, сравните ее с ДЖЕЛ (должной ЖЕЛ). Формулы расчета: для мужчин (18–25 лет) $ДЖЕЛ = 5,8 \cdot P + 0,085 \cdot B - 6,908$; для женщин 18–25 лет $ДЖЕЛ = 3,8 \cdot P + 0,029 \cdot B - 3,190$, где P — рост в метрах, B — возраст в годах, ДЖЕЛ — в литрах. Среди многих способов расчета ДЖЕЛ весьма надежный и удобный — определение ее с использованием таблиц Гаррис–Бенедикта. По ним на основании данных роста, массы тела и возраста определяется величина должного основно-

го обмена и умножается на коэффициент 2,6 (для мужчин) или 2,2 (для женщин). Результат характеризует величину ДЖЕЛ. Рассчитанная величина ДЖЕЛ равна _____ мл.

Если расхождение между величиной измеренной ЖЕЛ и ДЖЕЛ не более 20 %, то ЖЕЛ — нормальна.

При оценке величины показателей внешнего дыхания следует учитывать, что измерение их проводится в условиях комнатной температуры, атмосферного давления и влажности, т. е. по Международной терминологии, в условиях ATPS. Для перевода этих показателей в системы BTPS (температура тела, 100 % насыщение воздуха водяными парами, давление воздуха, соответствующее альвеолярному) или STPD (стандартные температура, давление, сухой воздух) используются специальные таблицы и формулы (см. ниже — приложение к разделу «Физиология дыхания»).

2. Влияние положения тела на величину ЖЕЛ.

Определите величину ЖЕЛ при разных положениях тела испытуемого: стоя, сидя, лежа.

Полученные результаты: величина ЖЕЛ испытуемого в положении стоя _____, сидя _____, лежа _____ (изменение относительно положения стоя на _____ %).

Вывод: (как влияет положение тела на величину ЖЕЛ, какой механизм этих влияний?) _____

3. Влияние скорости выдоха на величину показателя ЖЕЛ (проба Вотчала).

В норме разность между величинами ЖЕЛ и ФЖЕЛ (форсированная ЖЕЛ), не превышает 300 мл. Увеличение этой разности свидетельствует о сужении (обструкции) бронхов.

Полученные результаты:

ЖЕЛ = _____, ФЖЕЛ = _____, ЖЕЛ-ФЖЕЛ = _____

Вывод: (выявлены ли признаки обструктивных изменений бронхов?) _____

4. Определение легочных объемов.

Для определения дыхательного объема (ДО) делаем 5 спокойных выдохов в спирометр. Общий объем выдохнутого воздуха делим на 5. Для определения резервного объема выдоха (РОВыд) делаем спокойный выдох в атмосферу, затем выдыхаем оставшийся воздух в спирометр. Чтобы узнать резервный объем вдоха (РОВвд), от ЖЕЛ отнимаем ДО и РОВыд.

Полученные результаты:

ДО = _____ (норма 300–800 мл, 15–20 % от ЖЕЛ).

Рвд = (норма 55–66 % от ЖЕЛ).

Рвыд = (норма 20–33 % от ЖЕЛ).

Вывод: (сравните полученные данные с нормой) _____

Работа 1.2. СПИРОГРАФИЯ (демонстрация учебного видеofilmа)

Спирография — метод графической регистрации объемов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Для выполнения работы необходим спирограф. В медицинской практике удобен переносной спирограф открытого типа, т. е. позволяющий испытуемому дышать атмосферным воздухом. Однако более точные результаты получаются при применении спирографа закрытого типа, имеющего изолированную от атмосферы емкость с запасом кислорода; к этой емкости и подсоединяется испытуемый. Такой спирограф облегчает дыхание испытуемого благодаря насосу-воздуходувке, который захватывает выдыхаемый воздух и прогоняет его через поглотитель CO_2 (слой натронной извести). После этого воздух попадает под колокол спирографа и оттуда опять в легкие испытуемого. Перемещения колокола спирографа регистрируются пишущим устройством на бумажной ленте. Смещение пера на 1 см соответствует поступлению 200 мл воздуха в легкие.

В последнее время все большее распространение получают компьютерные спирографы, позволяющие регистрировать спирограмму при дыхании человека атмосферным воздухом через маску или загубник без подключения его к замкнутому пространству, изолированному от атмосферы.

Испытуемого подсоедините к системе спирографа через загубник или маску. Запишите спокойное дыхание в течение 40–60 с, затем предложите испытуемому сделать максимально глубокий вдох, 2–3 спокойных дыхательных цикла, максимально глубокий выдох, опять несколько спокойных дыхательных циклов, максимально глубокий вдох и сразу же максимальный выдох (для определения ЖЕЛ). Затем максимальную гипервентиляцию в течение 12 с или 15 с.

Полученные результаты:

Спирограмма (рисунок)

Анализ спирограммы

№	Название показателя	Результат измерения	Норма показателя (в покое)
1.	Частота дыхания	12 /мин	9–20 в мин
2.	Ритмичность дыхания	ритмичное	ритмичное
3.	Глубина (дыхательный объем)	500 мл	300–800 мл
4.	Резервный объем вдоха	1200 мл	55–66 % от ЖЕЛ
5.	Резервный объем выдоха	800 мл	20–33 % от ЖЕЛ
6.	Жизненная емкость легких	2300 мл	рассч. по табл.
8.	Минутный объем дыхания	4–9 л
9.	Минутный объем альвеолярной вентиляции	AV =80–65 % от МОД

Вывод: (сравните полученные данные с нормой) _____

Работа 1.3. ПНЕВМОТАХОМЕТРИЯ

Пневмотахометрией называют методику измерения объемных скоростей потоков воздуха, вызываемых вдохом и выдохом. Большинство пневмотахометров (т. н. пикфлоуметры) приспособлено только для измерения максимальных (пиковых ПОС) объемных скоростей вдоха или выдоха.

Пневмотахометр состоит из дифференциального манометра и датчика. Датчик представляет собой трубку, внутри которой имеется сужение. При прохождении потока воздуха по трубке по обеим сторонам сужения создается разность давления тем большая, чем больше скорость потока. Дифференциальный манометр улавливает эту разницу давлений и преобразует ее в показания объемной скорости в л/сек. Если пользуются трубкой с диаметром сужения 20 мм, то читают отсчет по внутренней шкале манометра; если трубка с диаметром сужения 10 мм, то читают по внешней. Используемые в работе мундштуки, загубники и трубки проходят стерилизационную обработку согласно установленным правилам.

Ход работы. Перед выполнением измерения ставят кран прибора в положение «выдох», затем испытуемому перекрывают носовые ходы специальным зажимом и он, плотно обхватив мундштук пневмотахометрической трубки губами, делает максимально форсированный и глубокий выдох через рот. При этом необходимо заметить, до какого максимального деления сместилась стрелка манометра.

Для определения объемной скорости вдоха переключают кран на приборе в положение «вдох» и делают максимально форсированный вдох через трубку.

Пиковая (наибольшая) объемная скорость выдоха у взрослых — 4–10 л/сек. Для нахождения должной пиковой объемной скорости выдоха (ДПОС) фактическую жизненную емкость легких (ЖЕЛ) умножают на 1,25. Например, если у испытуемого ЖЕЛ 4 л, то ДПОС = $4 \times 1,25 = 5$ л/сек. Допускается отклонение от расчетной величины до $\pm 20\%$.

Величина объемной скорости вдоха обычно несколько меньше, чем выдоха, но должна быть не менее 3 л/сек.

Пневмотахометрия имеет большое значение для выявления нарушения прохождения воздуха через бронхи. При выраженном уменьшении бронхиальной проходимости мощность выдоха резко снижается.

Пневмотахометрия до и после введения бронхорасширяющих средств позволяет подобрать эффективные для данного больного препараты, а также дифференцировать функциональные и органические факторы, вызывающие сужения бронхов.

Полученные результаты:

Пиковая объемная скорость выдоха у испытуемого =

Пиковая объемная скорость вдоха =

Должная величина пиковой объемной скорости выдоха =

Заключение: (выявлены ли признаки обструктивных изменений в бронхах?) _____

Работа 1.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМОЙ КАРДИОВИТ ЦС-100 (см. также дополнение к работе 1.4. в приложении к разделу «Физиология дыхания»)

В последнее время широкое распространение получают специальные микропроцессорные системы (Пулма 01, Пневмоскрин, Автоматизированный спирометр МАС-1, Спироанализатор ST-300, Кардиовит ЦС-100 и др.), которые наряду с регистрацией пневмотахограмм выполняют их математическую обработку, оценивают отклонение получаемых показателей от уровня нормы и вычисляют дополнительные весьма информативные показатели внешнего дыхания. Работа с такими системами достаточно проста, не доставляет неудобств больному и позволяет за короткое время получить большое количество информации о состоянии дыхательных путей и легких. При этом выполняются различные тесты.

Таблица 2

Символы, применяемые для обозначения наиболее часто используемых показателей внешнего дыхания при пневмотахографических исследованиях

Символы		Ед. изм.	Полное название показателя
англоязычные	русскоязычные		
VC	ЖЕЛ	л	Жизненная емкость легких
FVC	ФЖЕЛ	л	Форсированная жизненная емкость легких
TV	ДО	л	Дыхательный объем
FEV ₁	ОФВ ₁	л	Объем форсированного выдоха за 1 с
FEV ₁ /VC*	ОФВ ₁ /ЖЕЛ	%	Тест Тиффно = индекс Тиффно
PEF	ПОС	л/с	Пиковая объемная скорость выдоха
MEF ₂₅	МОС ₂₅	л/с	Максимальная (мгновенная) объемная скорость в момент выдоха 25 % ФЖЕЛ
MEF ₅₀	МОС ₅₀	л/с	----- в момент выдоха 50 % ФЖЕЛ

Символы		Ед. изм.	Полное название показателя
англоязычные	русскоязычные		
MEF ₇₅	МОС ₇₅	л/с	----- в момент выдоха 75 % ФЖЕЛ
MEF ₂₅₋₇₅	МОС ₂₅₋₇₅	л/с	средняя объемная скорость выдоха от 25 % до 75 % ФЖЕЛ
MEF ₇₅₋₈₅	МОС ₇₅₋₈₅	л/с	----- от 75 % до 85 % ФЖЕЛ
MV	МОД	л/мин	Минутный объем дыхания
MVV	МВЛ	л/мин	Максимальная вентиляция легких

* В некоторых системах ОФВ₁ сопоставляют не с ЖЕЛ, а с ФЖЕЛ.

Система Кардиовит ЦС-100 (фирмы Шиллер) предназначена для исследования состояния и функциональных резервов кардиореспираторной системы человека. В текущем занятии для определения объемных и потоковых показателей внешнего дыхания используем имеющуюся в компьютерном меню прибора программу «FVC — Форсированная жизненная емкость легких».

Выполнение теста: После появления на экране компьютера сигнала готовности испытуемый делает максимально глубокий вдох, затем производит форсированный максимально глубокий выдох в трубку или маску, подсоединенные к прибору, затем сразу же — форсированный максимально глубокий вдох. При этом, прибор отслеживает величину объемной скорости воздушного потока в каждое мгновение дыхательного цикла и выдает распечатку графического изображения, отражающего: 1) величину объемной скорости в зависимости от количества выдохнутого и вдохнутого воздуха; 2) величину объемной скорости в течение времени выдоха; 3) цифровые показатели теста; 4) заключение о состоянии внешнего дыхания.

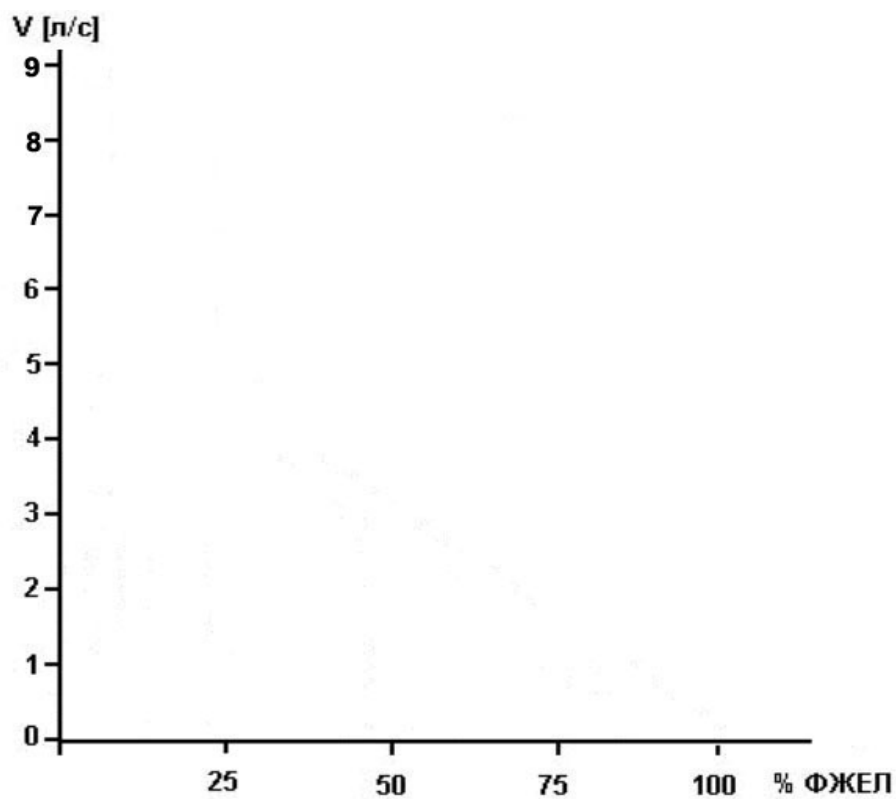
Ниже приводятся результаты теста FVC у одного из обследованных.

Таблица 3

Показатель	Величина показателя		
	Измеренная	Должная	% от нормы
ФЖЕЛ	4,63 л	5,25 л	88
ОФВ ₁	3,94 л	4,16 л	71
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	63,5%	81,4%	78
ПОС	7,21 л/с	9,47 л/с	76
МОС ₂₅	4,74 л/с	8,21 л/с	58
МОС ₅₀	1,96 л/с	5,27 л/с	37
МОС ₇₅	0,53 л/с	2,03 л/с	26
МОС ₂₅₋₇₅	1,52 л/с	4,26 л/с	36
МОС ₇₅₋₈₅	0,36 л/с	1,00 л/с	36

Проанализируйте полученные результаты и на основе их постройте кривые «поток–объем». По горизонтали нанесите точки 0, 25, 50, 75, 100 % ФЖЕЛ. По вертикали — соответствующие этим точкам величины потока выдыхаемого воздуха (л/с). Сплошной линией обозначьте кривую для реально измеренного потока, пунктиром — для должного (нормального) потока.

Кривая «поток–объем»



На основе полученных данных сделайте заключение о наличии или отсутствии признаков обструктивных и рестриктивных нарушений внешнего дыхания у обследуемого.

Выводы: _____

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 2 (21). Газообмен в легких и тканях. Транспорт газов кровью

Цель: в процессе обсуждения теоретического материала и результатов, полученных при выполнении практических работ, добиться усвоения студентами знаний по физиологии внешнего дыхания, транспорта газов кровью, а также газообмена в легких и тканях.

Задачи занятия:

- обучить студентов методам определения показателей газообмена;
- познакомить их с физиологическими предпосылками обеспечения достаточного уровня оксигенации крови, транспорта кровью кислорода и углекислого газа, а также доставки кислорода к клеточным элементам тканей.

Основные вопросы:

1. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
2. Парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе и напряжение их в крови.
3. Факторы, влияющие на процесс диффузии кислорода и углекислого газа между альвеолярным воздухом и кровью. Диффузионная способность легких по кислороду.
4. Соединения гемоглобина с газами. Кислородная емкость крови. Связанный и растворенный O_2 и CO_2 в плазме, крови и тканях.
5. Транспорт кровью кислорода.
6. Транспорт кровью углекислого газа. Взаимосвязь между газообменом кислорода и углекислого газа.
7. Газообмен между кровью и тканями.
8. Коэффициент утилизации кислорода тканями в покое и при физической нагрузке.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какие функции кровообращения в малом круге вы можете назвать?
2. В загазованном в результате аварии цеху 1-й рабочий следит за работой станка с программным управлением, 2-й выполняет физическую работу по ликвидации аварии. Одинакова ли для них опасность накопления токсического газа в крови до предельно допустимой дозы? Какие показатели наиболее важные для оценки адекватности вентиляции легких в условиях естественного и искусственного дыхания?
3. У испытуемого потребление кислорода составляет 250 мл в минуту, объем крови у него 5 л, содержание Нв 150 г/л. Рассчитайте количество O_2 , которое содержится в крови этого человека. На какое время ему хватило бы этого количества кислорода при названном уровне его потребления?

4. В каком случае у человека раньше, и в каком позже наступит потеря сознания: 1) при внезапной полной блокаде оксигенации крови в легких; 2) при остановке сердца; 3) при внезапной закупорке трахеи комком пищи произошедшей в самом начале вдоха? Аргументируйте ваш ответ.

5. У здорового молодого человека глубина дыхания 650 мл. Какова должна быть у него альвеолярная вентиляция, чтобы при $K_{IO_2} = 30$ мл/л обеспечить в обычных условиях потребление организмом 240 мл кислорода в минуту?

6. При исследовании выявлено, что потребление кислорода у человека составляет 750 мл/мин. Он дышит обычным атмосферным воздухом. Содержание гемоглобина в крови — 90 гр/л, содержание кислорода в 100 мл венозной крови — 5 мл. Рассчитайте, какими в этом случае должны быть МОД и МОК?

7. Человек, войдя в помещение, где имеется повышенное содержание CO в воздухе, через несколько минут почувствовал слабость, головокружение. Чем это вызвано, чем ему можно помочь в создавшихся условиях?

8. При каких показателях частоты и глубины дыхания достигается более эффективная вентиляция альвеол?

9. Достигнет ли врач цели уменьшить одышку и частоту сердечных сокращений, если больному при анемии (Hb 80 г/л) сделает внутреннее вливание плазмы или плазмозамещающих растворов? Аргументируйте ваш ответ.

НОРМАТИВЫ

1. Диффузионная емкость легких по кислороду в покое — 15–30 мл/мин/мм рт. ст.

2. Напряжение кислорода и углекислого газа в артериальной крови — $PO_2 = 85–100$ мм рт. ст., $PCO_2 = 35–45$ мм рт. ст.

3. Оксигенация гемоглобина в артериальной крови при дыхании атмосферным воздухом ($P_{атм.} = 740–760$ мм рт. ст.) составляет 95–98 %.

4. Коэффициент утилизации кислорода (КУК) для смешанной венозной крови в состоянии покоя 30–40%, при физической нагрузке — 50–60 %.

5. Объем кислорода связываемый одним граммом гемоглобина 1,34 мл.

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. 32–39 практикума).
2. Основы физиологии человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 340–380.
3. Физиология человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 401–442.
4. Физиология человека : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 358–366.
5. Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 598 с. С. 238–271.

Дополнительная

1. Физиология человека. Т. 3 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М., 1986.
2. Уэст, Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст. М., 1988.
3. Физиология человека / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. С. 292–322.

4. *Гриппи, М. А.* Патология физиология легких / М.А. Гриппи. М.–СПб.: БИНОМ, 1999. 344 с. С. 13–80.
5. *Физиология плода и детей* / под ред. В.Д. Глебовского. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА АЛЬВЕОЛЯРНОГО И ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА. РАСЧЕТ ОБЪЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЕРТВОГО ПРОСТРАНСТВА (демонстрация учебного видеофильма)

Для выполнения работы необходим высокоточный анализатор углекислого газа, спирометр, спирограф или микропроцессорный дебитометр, камера для сбора альвеолярного воздуха.

Ход работы. «Промойте» пространство спирометра выдыхаемым воздухом. Для этого обследуемый должен сделать несколько спокойных выдохов в спирометр. Затем установите цилиндр спирометра в нулевое положение. После чего обследуемый должен сделать 5 спокойных выдохов в спирометр. По секундомеру определите время выполнения этих 5 дыхательных циклов. Запишите показания спирометра и вычислите величину дыхательного объема (ДО). Без промедления определите содержание углекислого газа (% CO₂ выд) в выдохнутом воздухе.

Для определения содержания углекислого газа в альвеолярном воздухе (% CO₂ альв) обследуемый должен сделать выдох в атмосферу, а последнюю порцию (300–400 мл) резервного объема выдохнуть в специальную камеру (перед началом работы эту камеру рекомендуется «промыть» альвеолярным воздухом). Затем выдохнутый воздух пропустите через газоанализатор и найдите % CO₂ в альвеолярном воздухе.

Величину физиологического мертвого пространства (ФМП) рассчитайте по формуле Бора.

Если принять содержание CO₂ в атмосферном воздухе равным нулю, то предложенная Бором формула для расчета мертвого пространства принимает вид:

$$\text{ФМП} = \frac{\text{ДО} \cdot (\% \text{CO}_2 \text{ альв} - \% \text{CO}_2 \text{ выд})}{\% \text{CO}_2 \text{ альв}},$$

где ДО — дыхательный объем, % CO₂ альв и %CO₂ выд — процентное содержание углекислого газа, соответственно, в альвеолярном и выдыхаемом воздухе.

В норме величина ФМП составляет 20–35 % от величины ДО, а альвеолярная вентиляция 65–80 % от показателя минутного объема дыхания. Увеличение МП свидетельствует о снижении эффективности внешнего дыхания и нарушении нормального соотношения между вентиляцией и перфузией.

Полученные результаты:

ДО = _____ мл, % CO₂ выд = _____, % CO₂ альв = _____,
 ФМП = _____ мл. ЧД = _____, МОД = _____ мл.

Отношение ФМП к ДО = %, (в норме — 20–35 % от ДО).

Показатель ФМП используется для расчета эффективной альвеолярной вентиляции (АВ) обследуемого: $AB = MOD - (ЧД \cdot ФМП)$.

Заключение: (Что такое физиологическое мертвое пространство? О чем свидетельствует увеличение отношения ФМП/ДО? Оцените величину ФМП испытуемого.) _____

Работа 2.2. ОКСИГЕМОМЕТРИЯ, ОКСИГЕМОГРАФИЯ, ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ (демонстрация учебного видеофильма)

Общее для этих методов то, что они основаны на измерении поглощения света определенных длин волн гемоглобином крови при просвечивании тканей (уха, пальцев и т. д.). В самое последнее время разработаны датчики, анализирующие световой поток, отраженный тканями («отраженная пульсоксиметрия» в отличие от «трансмиссионной пульсоксиметрии»).

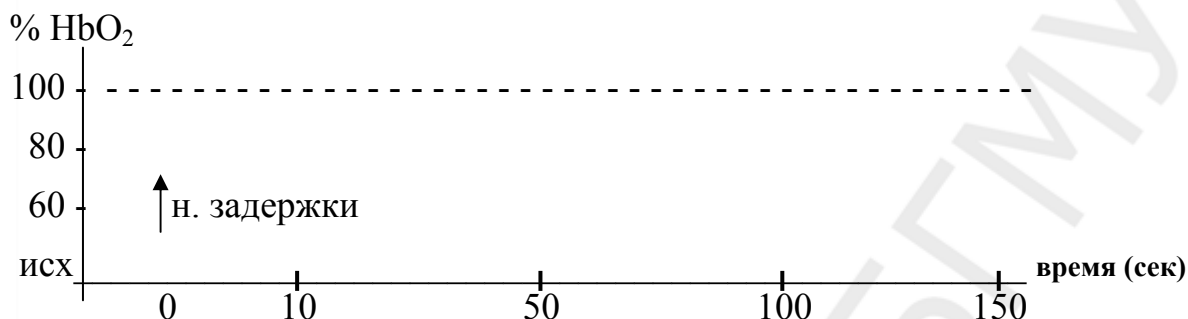
Эти методы позволяют непрерывно наблюдать за изменением насыщения крови кислородом. Они удобны для контроля за эффективностью внешнего дыхания и проведения функциональных проб. Метод оксигемографии отличается от оксигемометрии только тем, что позволяет регистрировать показатель оксигенации гемоглобина. При этом достаточно надежной дифференцировки поглощения света артериальной и венозной кровью не производится. Определяется лишь сдвиг оксигенации гемоглобина смешанной капиллярной крови относительно стандартного, устанавливаемого исследователем уровня (обычно 96 %). Метод же пульсоксиметрии позволяет выделять составляющую поглощения света гемоглобином артериальной крови и определять абсолютную величину оксигенации гемоглобина и частоту пульса. Для каждого из названных методов свойственны особенности их практического исполнения, возможностей и источников ошибок.

Влияние задержки дыхания на насыщение крови кислородом

Это исследование проводят на здоровых людях. При проведении пробы необходим тщательный контроль за состоянием обследуемого. При резком учащении или ослаблении пульса, появлении аритмии, побледнении или изменении цвета кожных покровов и губ пробу прекращают. Обследуемого обслуживает бригада студентов (4 человека). Первый студент должен следить за его состоянием, второй — за секундомером и через каждые 10 с подавать сигнал, по которому третий студент читает отсчет по шкале оксигеометра или пульсоксиметра, а четвертый — записывает цифры на доске в колонку. Показания приборов регистрируются как во время проведения пробы, так и на протяжении минуты после окончания задержки дыхания. Получены следующие данные:

в исходном состоянии (перед задержкой дыхания) % HbO₂ артериальной крови = 96; на 10-й с задержки дыхания = 96%; на 20-й — 95 %; 50-й — 92 %; 60-й — 88 %; 70-й — 75 %; 80-й — 70 %; 90-й — 60 %; через 10 с после начала дыхания % HbO₂ составил 85, через 20 с — 90 %, через 30 с — 92 %, 60 с — 94 %.

Полученные результаты представьте в виде графика:



Заключение: (Как изменяется насыщение крови кислородом по ходу задержки дыхания? Как быстро восстанавливается насыщение крови кислородом после начала дыхания? Перечислите факторы, вызывающие неудержимую потребность вдоха при задержке дыхания.) _____

1. Пульсоксиметрия (см. также приложение к разделу).

Пульсоксиметрией называют метод, позволяющий одновременно определять степень насыщения гемоглобина артериальной крови (в отличие от оксигеметрии, определяющей оксигенацию смешанной венозной крови) кислородом и показатели пульса. В современных моделях пульсоксиметров для обозначения уровня оксигенации гемоглобина наряду с символом % HbO₂ часто используется символ SpO₂, а для обозначения напряжения кислорода в артериальной крови символ PaO₂, в венозной — PvO₂ (подробную характеристику метода см. в приложении «Пульсоксиметрия»).

Пульсоксиметрия в диагностике гипоксемии

Появление метода пульсоксиметрии дало возможность достаточно надежно выявлять наличие артериальной гипоксемии и количественно оценивать степень снижения оксигенации гемоглобина. До появления этого метода важнейшее значение в выявлении снижения сатурации гемоглобина придавали обнаружению цианоза. Однако цианоз может быть и при отсутствии артериальной гипоксемии, в то же время при ее наличии не всегда «ад окулюс» можно наблюдать цианоз (например, при анемии и вазоконстрикции). Применение пульсоксиметрии позволяет избежать ряда таких ошибок. При этом, надо учитывать, что окраска кожи зависит от цвета крови в венозных сосудах сосочкового слоя дермы или в слизистых оболочках. Объем крови артериол и капилляров относительно мал и влияет лишь на оттенок цвета, создаваемого за счет веноз-

ной крови. В комфортных условиях венозная кровь кожи мало отличается от артериальной и почти не отличается от последней при усиленном притоке крови к коже (например, при нагревании, гиперкапнии, приеме вазодилататоров и др.). У здоровых людей розовый цвет кожных покровов обусловлен высокой концентрацией оксигемоглобина в венах кожи.

Имеются 2 главные причины цианоза: 1) артериальная гипоксемия и 2) уменьшение периферического кровотока.

Наиболее надежно гипоксемия выявляется пульсоксиметром при сохранении достаточного кровотока в периферических тканях (в области, на которую установлен датчик). Прибор улавливает снижение SpO_2 даже на 1–2 %, в то время как невооруженным глазом цианоз можно выявить лишь в 50 % случаев при снижении SpO_2 на 5–7 % (на уровне $PaO_2 = 57$ мм рт. ст.). Не всегда он выявляется даже при SpO_2 85 % ($PaO_2 = 50$ мм рт. ст.).

Однако при пользовании пульсоксиметром надо знать, что информация о изменениях оксигенации артериальной крови отражается на табло прибора не мгновенно, а с задержкой. Для обнаружения пульсоксиметром гипоксии, вызванной внезапным перекрытием дыхательных путей, прекращением работы прибора искусственной вентиляции легких и т. д. требуется время 1–2 мин. Это время уходит: 1) на то чтобы кровь, оттекающая от легких, достигла сосудов, над которыми находится датчик (5–10 с, а при нарушениях кровотока — до минуты); 2) на обновление цифр на мониторе (2–15 с); 3) на исчерпание запасов кислорода, находящегося в альвеолярном воздухе (длительность этого временного интервала вы рассчитаете при решении следующей задачи).

Решите задачу:

«Если вы, находясь в условиях физического и эмоционального покоя, сделаете произвольную задержку дыхания, то в течение какого времени объем воздуха, соответствующий вашей ЖЕЛ, может поддерживать нормальную оксигенацию гемоглобина в артериальной крови?»

Расчет проведите для условий: $P_{атм} = 747$ мм рт. ст., 95 % оксигенация гемоглобина достигается при $PO_2 = 85$ мм рт. ст., коэффициент для приведения объема ЖЕЛ к условиям STPD равен 0,850 (см. дополнение к работе 1 занятия 1 в рубрике «Приложения к разделу»). Величину потребления кислорода можете принять равной 250 мл/мин (или рассчитать на основе определения должного основного обмена, используя калорический эквивалент кислорода = 4,85), ЖЕЛ или ДЖЕЛ установите соответственно данным предыдущего занятия или по таблицам Гаррис–Бенедикта _____

Проверим правильность наших расчетов на практике.

Ход работы. Закрепите датчик пульсоксиметра на указательном пальце так, чтобы провод датчика находился с тыльной стороны пальца. Пронаблю-

дайте за тем, как быстро выйдут показания шкалы прибора на относительно устойчивый постоянный уровень. Запишите показатель оксигенации гемоглобина в условиях нормального дыхания в состоянии физического покоя. $SpO_2 =$ _____ . Затем задержите дыхание в момент достижения максимального выдоха (при этом перекройте нос зажимом) и проследите, через какое время пульсоксиметр даст показание снижения SpO_2 . Обратите внимание также на время необходимое для восстановления исходной оксигенации после прекращения апноэ. Задержка дыхания длилась _____ с, начало снижения SpO_2 обнаружено через _____ с от момента начала задержки, исходная оксигенация крови восстановилась через _____ с после прекращения апноэ.

Проделайте аналогичное исследование при условии задержки дыхания на высоте максимального вдоха. В таком случае задержка дыхания составила _____ с, снижение SpO_2 произошло через _____ с от момента начала задержки.

При оценке полученных данных учитывают, что запасы кислорода в организме взрослого человека, дышащего воздухом, составляют в среднем 1,5 л, а при дыхании чистым кислородом могут достигать 4,5 л. Этот прирост обеспечивается, главным образом, за счет кислорода поступившего в легкие. Возрастание же содержания кислорода в крови — малое (приблизительно с 850 мл до 950 мл).

Далее проследите за влиянием гипервентиляции на показатель оксигенации гемоглобина.

Опишите и прокомментируйте полученные данные.

Работа 2.3. КАПНОГРАФИЯ

(рассмотреть теоретически, см. приложение к разделу)

Капнография — методика непрерывной регистрации изменения содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Приборы, позволяющие выполнить такую регистрацию, называют капнографами (ГУМ-2, Capnodig и др.). Важнейшее требование, предъявляемое к этим приборам, — быстрое действие. В этом плане преимущественно обладают капнографы, определяющие содержание углекислого газа в воздухе по поглощению инфракрасного излучения. Капнография позволяет получить очень ценную информацию о состоянии системы кровообращения, дыхания и метаболизма. В клинической практике она используется для мониторинга состояния тяжелобольных людей, решения вопросов адекватности искусственной вентиляции легких и закрытого массажа сердца, необходимости некоторых оперативных вмешательств и т.д. (см. приложение).

Работа 2.4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ И КРОВОТОКА В ЛЕГКИХ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗООБМЕНА И ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Активируйте на экране компьютера пиктограмму с меткой **PhysioLogy**. Эта программа позволяет моделировать влияние различных факторов на функции гемо-кардиореспираторной системы и рассчитывать изменение показателей внешнего дыхания, кровотока, транспорта газов кровью и газообмена в организме в зависимости от условий внешней и внутренней среды.

В центре экрана представлена схема вентиляции и кровотока в легких. В ней выделены три зоны по Весту. Видно, что в верхних долях легких вентиляция (40 %) превышает кровоток (25 %), в нижних долях это соотношение обратное. По сторонам схемы распечатаны данные о величине параметров характеризующих дыхание, газообмен и кровоток. Обратите внимание на важнейшие из них (символика этих показателей приведена ниже с указанием нормального их уровня в обычных условиях дыхания и кровотока. Многие из показателей внесены в ниже приводимую таблицу 1, которую вы должны заполнить).

PAO_2 — парциальное давление кислорода в альвеолярном газе = 105–110 mmHg.

PaO_2 — напряжение кислорода в артериальной крови = 90–100 mmHg.

SaO_2 — оксигенация гемоглобина = 95–99 %.

$PACO_2$ — парциальное давление CO_2 в альвеолярном газе = 36–40 mmHg.

$PaCO_2$ — напряжение CO_2 в артериальной крови = 35–45 mmHg.

$PaCO_2 - PACO_2$ = до 4 mmHg.

Vd/VT — отношение физиологического мертвого пространства к дыхательному объему = до 35 %.

RR = частота дыхания = 9–20 /min.

TV = дыхательный объем = 0,3–0,9 л.

MV = Vent = в данной программе — альвеолярная вентиляция.

Flow = минутный объем кровотока (МОК) = 5–6 л/мин.

V:Q = отношение вентиляции к кровотоку.

Примечание: поскольку о составе альвеолярного воздуха судят по определению содержания газов в последней порции выдыхаемого воздуха, то символы PAO_2 и $PACO_2$ фактически аналогичны соответственно символам $P_{ET}O_2$ и $P_{ET}CO_2$, которыми обозначают парциальное давление кислорода и углекислого газа в последней порции выдыхаемого воздуха.

Вначале промоделируем ситуацию с гипервентиляцией легких. Как известно, у человека даже произвольная гипервентиляция может привести к опасным последствиям: головокружению, тошноте и т. д., вплоть до шока и развития инсульта (у больных с недостаточностью мозгового кровообращения). Поэтому гипервентиляционный тест при определении показателя максимальной вентиляции легких, не должен длиться более 15 с. Большую опасность представляет избыточная вентиляция также при проведении искусственного дыхания с применением аппаратов ИВЛ при реанимации. Рассмотрим какие

показатели гомеостаза будут нарушаться при избыточной вентиляции легких и по каким показателям можно судить об адекватности вентиляции легких.

Для моделирования гипервентиляции используйте рубрику **Respiratory** на правой стороне экрана, замените там слово **Variable** на **Fixed** (установите стрелку и щелкните мышью). Затем меняем нормальную величину альвеолярной вентиляции (MV), составляющую 4,5–5,0 L/min на большую = 12 L/min (левой клавишей мыши — увеличение, правой — уменьшение). Отсчитываем 30 с от момента установки гипервентиляции (12 л/мин), после этого переводим мышью стрелочный указатель в левый верхний угол и активируем метку **File** затем **Pause** и с помощью этих меток останавливаем процесс отражаемый на экране. Запишем в таблицу 4 показатели газового состава альвеолярного воздуха и крови при гипервентиляции. Обратите внимание на направленность изменений этих показателей по сравнению с исходным уровнем. При наличии достаточного времени, можно пронаблюдать за характером изменений исследуемых процессов в период восстановления после гипервентиляции. Для этого надо прекратить гипервентиляцию, щелкнув левой кнопкой мыши на метке **Fixed** в рубрике **Respiratory**. Для полного восстановления исходного состояния показателей кровообращения и дыхания потребуется около 5 мин.

Для быстрого перехода к новому исследованию выйдите из программы (знак «х» в правом верхнем углу экрана), а затем введите ее вновь меткой **PhysioLogy**. Промоделируем ситуацию с уменьшением величины легочного кровотока в верхних долях легких. Для этого, с помощью мыши измените цифру 25, характеризующую кровотоков в артерии верхней доли легких, на меньшую и постепенно остановите кровотоков (установив цифру 0). Таким образом моделируем ситуацию, которая возникает при резко выраженной гиповолемии, при кровопотере, тромбоэмболии легочной артерии и т. д. Через 2 мин после этого остановите процесс (используя метки **File**, затем **Pause**). Внесите в протокольную таблицу сведения о показателях вентиляции и газообмена, выделите среди них практически неизменные и наиболее изменчивые.

Таблица 4

Для внесения данных об изменениях величины вентиляции кровотока и газообмена

Показатель	В норме	При гипервентиляции через 30 с	При ост. кровотока в легочной арт. через 2 мин
PAO ₂	107,9 mmHg		123,6 mmHg
PaO ₂	100,7 mmHg		106,1 mmHg
SaO ₂	96,3 %		96,7 %
PACO ₂	36,5 mmHg		22,8 mmHg
PaCO ₂	37,0 mmHg		37,6 mmHg
PaCO ₂ – PACO ₂	0,5 mmHg		14,6 mmHg
Vd/VT	25,2 %		50,8 %
RR=Част. дых.	10 /min		12 /min
TV=ДО	0,62		0,80 L
MV=Альв. В.	4,7 L/min		7,66 L/min

Ответьте на вопросы:

1. Как влияет гипервентиляция на состав альвеолярного воздуха и содержание газов в крови? _____

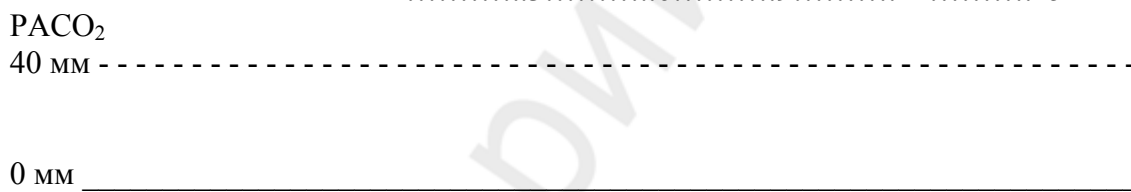
2. Какие неблагоприятные изменения могут происходить в организме в результате избыточной вентиляции легких? _____

3. Какие из вышеприведенных показателей наиболее информативны в плане выявления рассогласования легочного кровотока и вентиляции? _____

4. Зарисуйте, как изменится вид капнограммы, если на фоне нормального соотношения кровотока и вентиляции внезапно произойдет остановка кровотока в одной из крупных легочных артерий (образец — см. приложение к разделу, последняя страница).

КАПНОГРАММА

в норме ! на фоне резкого снижения кровотока в малом круге
! (время в мин. от начала снижения)
!.....3.....6.....9.....12.....15 мин



5. Решите, по каким признакам можно отличить, что падение $РАСО_2$ вызвано гипервентиляцией, а не уменьшением кровотока в легких? _____

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 3 (22). Регуляция дыхания

Цель: в процессе обсуждения теоретического материала и выполнения практических работ обеспечить усвоение студентами знаний о принципах и механизмах регуляции дыхания, как процесса управления вентиляцией легких, направленного на поддержание гомеостатических значений дыхательных констант организма.

Задачи:

- обучить студентов методам исследования важнейших рефлекторных реакций, регулирующих дыхание;
- показать на практике влияние изменения газового состава альвеолярного воздуха и напряжения газов в крови на интенсивность вентиляции легких;
- познакомить с функциональными пробами, выявляющими особенности механизмов регуляции дыхания.

Основные вопросы:

1. Дыхательный центр, его отделы. Механизмы, обеспечивающие дыхательную периодику.
2. Рецепторы дыхательных путей, легких и дыхательных мышц. Рефлекторные реакции на их раздражение.
3. Рефлексы Геринга–Брейера.
4. Рецепторы рН, CO_2 и O_2 в организме и их роль.
5. Взаимосвязь между газообменом и кислотно-щелочным равновесием.
6. Гуморальные и нервные механизмы регуляции просвета дыхательных путей.
7. Функциональная система поддержания относительного постоянства напряжения газов во внутренней среде организма.
8. Влияние напряжения газов в крови на кровоток в мозге, легких и сердце.
9. Внешнее дыхание при мышечной работе, повышенном и низком давлении воздуха.
10. Дыхание и фонация.
11. Первый вдох новорожденного.
12. Гипоксия и ее признаки.
13. Теоретические основы различных видов искусственного дыхания.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Исходя из представлений о физиологических регуляциях и анатомического строения системы дыхания, объяснить механизмы «поперхивания», чихания, кашля. Каково физиологическое значение этих процессов? Их предположительное диагностическое значение?

2. Почему при пении, громком эмоциональном разговоре, длительном кашле становятся видны подкожные вены, изменяется окраска кожных покровов или лица?

3. Какие физиологические механизмы обеспечивают развитие первого вдоха новорожденного?

4. Почему дыхательная система — эффекторная система в регуляции рН крови? Аргументируйте ваш ответ конкретными доказательствами.

5. В реанимации применяется не чистый кислород, а карбоген — смесь 93–95 % O_2 и 5–7 % CO_2 . Почему?

6. При резком повышении внутричерепного давления, например, после травматического кровоизлияния, существует опасность ущемления ствола мозга в *foramen occipitalis magnus*. Как это может сказаться на состоянии внешнего дыхания и других функций спинного мозга? Аргументируйте ваш ответ.

7. При встречном лобовом столкновении автомобилей у одного из пассажиров произошел перелом позвоночника и нарушение целостности эфферентных путей проведения спинного мозга на уровне 1–2 шейного позвонка. Какие последствия для дыхания и других двигательных функций будет иметь такая травма?

8. При автомобильной травме произошел перелом позвоночника и нарушение целостности эфферентных путей проведения спинного мозга на уровне между шейным и грудным отделами. Какие последствия для дыхания и других двигательных функций будет иметь такая травма?

9. Какие факторы вызывают увеличение вентиляции легких при физической нагрузке?

10. Рассчитайте объем крови, протекающей через малый круг кровообращения, если содержание кислорода в артериальной крови 20 об%, в смешанной венозной — 15 об%, а потребление $O_2 = 300$ мл/мин.

11. Во время сеанса гипербарической оксигенации PO_2 в артериальной крови достигло 2000 мм рт. ст., артериовенозная разница по O_2 — 5 об%. Можно ли допустить, что Hb смешанной венозной крови будет полностью насыщен O_2 ? Аргументируйте ваш ответ, используя расчеты и кривую диссоциации HbO_2 .

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы.
2. Основы физиологии человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1, 2 / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с.; Т. 1. С. 340–380; Т. 2. С. 298–316.
3. Физиология человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 401–442.
4. Физиология человека : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 366–378.
5. Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 598 с. С. 238–271.

Дополнительная

1. Физиология человека. Т. 3 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М., 1986.
2. Уэст, Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст. М., 1988.

3. *Физиология человека* / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. . 292–322.
4. *Гриппи, М. А.* Патофизиология легких / М.А. Гриппи. М.–СПб.: БИНОМ, 1999. 344 с. С. 13–80.
5. *Физиология плода и детей* / под ред. В. Д. Глебовского. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 3.1. ТЕСТИРОВАНИЕ СИЛЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ (демонстрация учебного видеофильма)

Определение силы дыхательных мышц — актуально для понимания патогенеза ряда нарушений внешнего дыхания и уменьшения резервов респираторной системы. Популярность этого простого по выполнению теста в последние годы быстро возрастает, так как выявлено множество факторов приводящих к развитию слабости дыхательных мышц. А последнее, зачастую имитирует или приводит к недостаточности внешнего дыхания.

Слабость дыхательных мышц развивается: 1) при повреждениях дыхательного центра; 2) нарушениях проведения возбуждения в нисходящих нервных путях и нервно-мышечной передаче; 3) заболеваниях самих мышц. Наследственные и приобретенные заболевания нервной системы, отравления наркотиками и токсинами дыхательного центра, судорожные состояния, дисбаланс уровня электролитов, особенно калия, кальция, магния; нарушения нервно-мышечной передачи возбуждения при ботулизме, отравлении ФОС, передозировка миорелаксантов; поражение мышц при коллагенозах, миопатии метаболической природы; утомление мышц, вызванное как их перенапряжением при уменьшении растяжимости легких, так и изменением оптимального положения диафрагмы и объема грудной клетки. По этому далеко не полному перечню факторов, снижающих силу дыхательных мышц, можно ориентироваться о частоте встречаемости такой патологии.

Выполнение теста:

О силе дыхательных мышц судят по максимальному давлению вдоха (МДВд) = (MIP – европ.) и максимальному давлению выдоха (МДВyd) = (MEP – европ.).

Для определения силы мышц выдоха (МДВyd) измеряют максимальное давление воздуха, создаваемое испытуемым при максимальном усилии выдоха в подсоединенной к нему маске, интубационной трубке или трахеостомической канюле, соединенных с манометром. По А.П. Зильберу (1989), для мужчин границы нормального значения усилия выдоха составляют 120–230 см вод. ст. (12–23 кПа, 85–170 мм рт. ст.), для женщин — 80–150 см вод. ст. (8–15 кПа, 55–110 мм рт. ст.). По А.Г. Дембо (1976), должная величина силы мышц выдоха определяется на основе расчета должного основного обмена (см. табл. Гаррис–Бенедикта) делением величины этого показателя на 10. Полученный результат отражает величину МДВyd в мм рт. ст.

Максимальное давление вдоха (МДВд) определяют по максимальному разрежению воздуха, создаваемому испытуемым при максимальном усилии

вдоха в подсоединенном манометрическом устройстве. У мужчин границы нормы падения давления воздуха при максимально интенсивном вдохе составляют 40–130 см вод. ст. (4–13 кПа, 30–95 мм рт. ст.), у женщин — 30–90 см вод. ст. (3–9 кПа, 20–65 мм рт. ст.).

При тестировании силы дыхательных мышц следует иметь в виду, что у них, как и у всех других скелетных мышц, имеется зависимость между исходной длиной и развиваемой силой.

Тестировать силу мышц вдоха (определять МДВд) следует при исходном положении грудной клетки — максимальный выдох. В этой ситуации, при развитии сокращения, мышцы вдоха покажут наибольшую силу, так как они максимально растянуты, к тому же, диафрагма имеет максимальную кривизну (вдаётся в грудную полость). О влиянии радиуса кривизны (r) на давление (P) развиваемое напряжением (T) мышцы можно судить по закону Лапласа $P=2T/r$. Таким образом, при увеличении кривизны (уменьшении радиуса) купола диафрагмы будет развита большая сила. При уплощении диафрагмы, развиваемое ее сокращением давление снижается. Это одна из причин уменьшения силы мышц вдоха у больных с увеличением остаточного объема легких (раздутая грудная клетка у больных эмфиземой легких и т. д.).

Тестировать силу мышц выдоха (определять МДВвыд) следует с исходного положения грудной клетки — максимальный вдох. В этом положении создается максимальное исходное растяжение мышц выдоха и благоприятные условия их сокращения.

Руководствуясь изложенным, с помощью специальных манометров выполните измерения: МДВд = _____, МДВвыд = _____.
Оцените полученные результаты. _____

Ответьте на вопросы: 1. У больного величина ЖЕЛ составила 70 % нормы, МДВд — 20 см вод. ст., МДВвыд — 40 см вод. ст., показатель теста Тиффно = 70 %. Можно ли на основании этих показателей сделать вывод о наличии у больного рестриктивных нарушений? Почему? _____

Какие еще показатели могут помочь в оценке сократительных возможностей дыхательных мышц? _____

Работа 3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДИАТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ С ДИАФРАГМАЛЬНОГО НЕРВА НА МЫШЦУ (компьютерная программа Twitch)

Откройте программу «**Twitch**» и выведите на экран дисплея модель «полудиафрагмы», т. е. изолированного препарата участка диафрагмальной мышцы и приходящей к нему ветви диафрагмального нерва. Рассмотрите схему

препарата и установки для его инкубации и стимуляции (вывод на экран через Help).

Через метку Continue вернитесь к началу записи сокращений диафрагмы и стимулируйте эти сокращения через нерв или мышцу (метки в верхней части экрана — **Stimulator**, затем **Nerve** или **Muscle**). Запишите силу, развиваемую полоской диафрагмы = грамм. Затем с помощью меток **Drugs** (препараты), поочередно введите интересующие вас препараты. Алгоритм введения препарата: **Drugs** – название препарата – **None** (здесь выбирается доза) – **Apply Drug** (введение препарата в перфузионный раствор). Проследите за влиянием введенного препарата на сокращение диафрагмы при ее не прямой (через нерв) и прямой стимуляции. Запишите и проанализируйте результат. Затем устраните действие препарата отмыванием (метки **Wash** и **Normal Krebs**). Через 30–60 с произойдет восстановление силы сокращений и на этом фоне можно вводить новый препарат. Типичные показатели силы сокращения полоски диафрагмы на фоне введения различных препаратов внесены в нижеприведенную таблицу. Впишите в нее и полученные вами данные.

Таблица 5

Рекомендации по исследованию действия некоторых препаратов

Препарат	Рекомендуемая доза	Характер действия
Тубокурарин	5.0E – 6 M	Антагонист никотиновых рецепторов
Суксаметоний	2.0E – 5 M	Деполаризующий блокатор (стойкая деполаризация концевой пластинки)
Тетродотоксин	5.0E – 6 M	Блокатор натриевых каналов
Дантролен	2.0E – 3 M	Прямой мышечный релаксант (блок сократительного механизма саркомера)
Неостигмин	5.0E – 6 M	Ингибитор холинэстеразы

Таблица 6

Характеристика сокращений диафрагмы после введения препаратов

Препарат	Сила сокращения диафрагмы (г)	
	при не прямой стимуляции мышцы	при прямой стимуляции мышцы
Тубокурарин	0,7	60
Суксаметоний	0,6	60
Тетродотоксин	0,0	0,02
Дантролен	13	13
Неостигмин	83	60
Р-р Кребса с Са	60	60
Р-р Кребса без Са	0,0	60

На основе анализа полученной информации о действии примененных вами препаратов на нервно-мышечную передачу и сокращения диафрагмы сделайте заключение.

Почему исчезает передача возбуждения с нерва на диафрагму при инкубации ее в растворе не содержащем кальция? _____

Какой медиатор осуществляет передачу возбуждения в н-м синапсах диафрагмы? _____ Какие рецепторы постсинаптической мембраны воспринимают действие этого медиатора? _____
 Какой механизм устранения действия ацетилхолина на постсинаптическую мембрану? _____ Что произойдет при стойкой деполяризации постсинаптической мембраны? _____

Какую опасность для больного влечет за собой передозировка миорелаксантов? _____

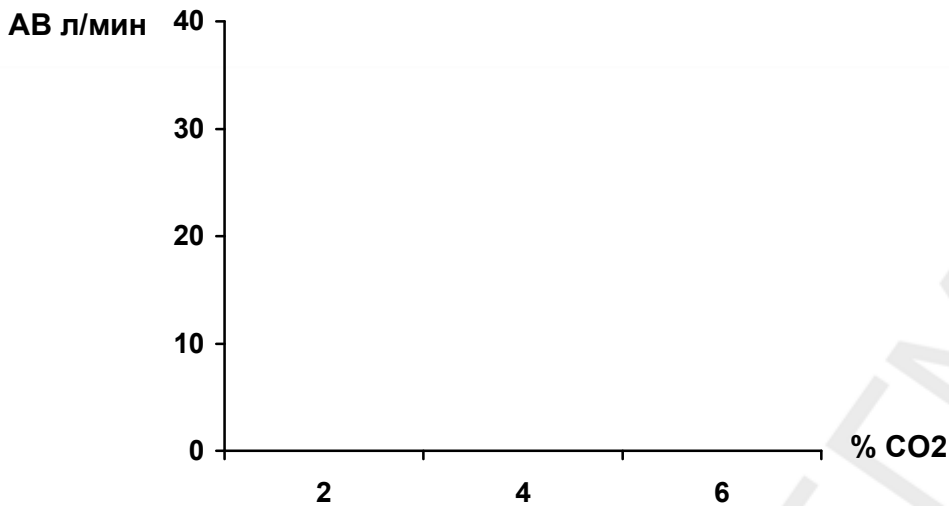
Работа 3.3. ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ CO₂ В АЛЬВЕОЛЯРНОМ ВОЗДУХЕ НА ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ (компьютерная программа PhysioLogi)

Выведите на экран дисплея исходные параметры вентиляции и газообмена, представленные в программе **PhysioLogi** (способ использования программы описан в работе 4 предыдущего занятия). Обратите внимание на величину FiCO₂-содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе, PACO₂-напряжения кислорода в альвеолярном воздухе, MV-альвеолярной вентиляции, RR-частоты дыхания, TV-дыхательного объема и pH артериальной крови. Эти данные внесены в нижеприведенную таблицу 7. Используя приемы, описанные в работах предыдущего занятия, установите стрелку в левом верхнем секторе «**Inspired gas**» на показателе FiCO₂ % и (изменяя кнопками величины параметров) моделируйте увеличение содержание CO₂ во вдыхаемом воздухе до 3-х, а затем 4-х и 5 %. Через 30–40 с после каждой новой ступени увеличения CO₂ зафиксируйте изображение на экране (**File** затем **Pause**), и анализируйте изменения показателей внешнего дыхания и гомеостаза. Цифровой материал, характеризующий эти изменения, внесен в следующую таблицу.

Таблица 7

Показатель	Содержание CO ₂ во вдыхаемом воздухе			
	0 %	3 %	4 %	5 %
PACO ₂	36,5 мм Hg	37,2	38,8	39,4
PaCO ₂	37 мм Hg	37,8	39,3	39,7
MV = AB	4,71 л/мин	13,1	18,5	51,1
RR- частота	10 /мин	15	18	29
TV = ДО	0,62 л	1,02	1,20	1,93
pH	7,41	7,40	7,39	7,38

Постройте график зависимости уровня альвеолярной вентиляции от содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе.



Сделайте заключение о влиянии повышения содержания CO_2 в альвеолярном воздухе на вентиляцию легких и рН крови _____

Работа 3.4. МОДЕЛЬ НЕРВНЫХ СВЯЗЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

На электрифицированной модели механизма регуляции дыхания или на компьютерной схеме рассмотрите и проанализируйте: 1) уровни представительства отделов дыхательного центра; 2) локализацию центральных и периферических рецепторов по pCO_2 , рН, pO_2 , а также рецепторов легких; 3) топографию афферентных путей от этих рецепторов. По ходу демонстрации разбираются характеристики рецепторов и нервных центров.

Затем изучите последовательность взаимодействий различных звеньев механизма регуляции дыхания в процессе развития одиночного дыхательного цикла. На схеме зеленым цветом показаны импульсации, ведущие к развитию вдоха, красным — тормозные влияния, ведущие к подавлению вдоха. Далее моделируются различные нарушения в центральных и периферических звеньях системы регуляции дыхания.

Ход работы. Активируйте пиктограмму «Дыхательный цикл покоя», затем «Показ слайдов», «Показ» и, переведя стрелочный указатель на область рисунка, щелкните левой кнопкой мыши.

Проследите за последовательностью возникновения и передачи возбуждения в ходе одиночного дыхательного цикла.

Для повторного просмотра динамики одиночного дыхательного цикла трижды щелкните левой кнопкой мыши.

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте схему нервных связей дыхательного центра с использованием символов синаптических передач.

2. Укажите стрелками направление передачи возбуждения в каждой структуре схемы.

Для выхода из программы: двигая мышью, вызовите появление в левом нижнем углу экрана значка треугольника. Активируйте его, затем «Завершить показ слайдов» и «х», «х».

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ

подпись преподавателя

**ПРИЛОЖЕНИЕ К РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»
(дополнительные материалы для самостоятельного изучения)**

Дополнение к работе 1.1.

При оценке величины показателей внешнего дыхания следует учитывать, что их измерение проводится в условиях комнатной температуры, атмосферного давления и влажности, т. е. по Международной терминологии, в условиях АТРС. В легких же температура воздуха составляет 37°C, и он практически на 100 % насыщен водяными парами. Такие условия имеют обозначение ВТРС. Так как комнатная температура ниже 37°C, то естественно, что выдыхаемый воздух уменьшается в объеме, и давление насыщающего водяного пара в нем становится ниже, чем в легких. Для определения величины легочного объема в условиях ВТРС надо измеренный в условиях АТРС объем умножить на поправку, рассчитанную по формуле: $(273+37) \cdot (P-E) / (273+T) \cdot (P-47)$, где 37 — температура тела (°C), Т — температура комнатного воздуха, Р — барометрическое давление (мм рт. ст.), Е — давление насыщающего водяного пара при комнатной температуре (мм рт. ст.), 47 — давление насыщающего водяного пара при 37°C (мм рт. ст.).

В настоящее время показатели легочных объемов и емкостей, как правило, приводят к ВТРС, как к системе, дающей представление об истинных величинах. При изучении же газообмена учитывают, что в этих условиях важен не столько объем газа, сколько количество молекул потребленного кислорода, поэтому следует приводить полученные показатели к системе STPD (т. е. стандартные температура, давление, сухой воздух). Стандартными условиями для газа считаются: температура 0°C, давление 760 мм рт. ст., давление водяного пара 0 мм рт. ст.

Перевод данных, полученных в системе АТРС, к системам ВТРС и STPD можно делать также по таблицам и номограммам (см. руководство «Физиология дыхания». Л.: Наука. С. 8).

Таблица 8

**Коэффициенты для приведения объемов газов
(измеренных в условиях АТРС) к стандартным условиям**

Температура	Приведение к ВТРС	Приведение к STPD	
		давление – 750 мм рт. ст.	– 760 мм рт. ст.
16	1,123	0,915	0,928
17	1,117	0,911	0,923
18	1,113	0,907	0,919
19	1,108	0,902	0,915
20	1,102	0,898	0,910
21	1,096	0,895	0,906
22	1,091	0,889	0,901
23	1,085	0,885	0,897
24	1,080	0,880	0,892
25	1,075	0,876	0,888

Примечания: 1. Для приведения измеренного с помощью спирометра объема газа к условиям ВТРС или STPD, этот объем умножают на соответствующий коэффициент. 2. Для перевода показателей в систему STPD при давлениях близких (в пределах 740–770 мм рт. ст.) к приведенным в таблице используют поправку $\pm 0,001$ на каждый мм рт. ст.

Дополнение к работе 1.4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ «CARDIOVIT CS-100»

В программах исследования внешнего дыхания, используемых как в вышеуказанной, так и в ряде других компьютерных систем, особенно информативен тест «Форсированная жизненная емкость легких». Перед его выполнением больному дается инструкция: выполнить максимально глубокий вдох с медленной (удобной) скоростью и затем сделать максимальный форсированный выдох в трубку пневмотахографического датчика. Исследование повторяется три раза. В зачет берется проба с лучшими показателями. Главный источник ошибок при таком исследовании — неправильное выполнение больным инструкции по проведению форсированного выдоха. Наиболее частые ошибки: недостаточное, по отношению к возможному, развитие усилия экспираторных мышц, раннее прекращение выдоха (неполный выдох ФЖЕЛ). При использовании маски больной иногда делает выдох через рот с полусомкнутыми губами или сквозь зубы, в этом случае оказываются заниженными величины ПОС, МОС₂₅ и т. д. Медперсонал должен следить за выполнением проб и при необходимости давать дополнительные инструкции по коррекции дыхательных движений.

На основе выполнения теста «Форсированная жизненная емкость» компьютерная система рассчитывает до 30 показателей внешнего дыхания. Кроме цифровых данных, многие из микропроцессорных систем графически отображают изменения объемной скорости потока воздуха в дыхательных путях при выполнении форсированного выдоха или вдоха и выполняют построение кривой «поток–объем». При этом по вертикали отображается объемная скорость (л/с), по горизонтали — % выдохнутой ФЖЕЛ, или объем выдохнутого воздуха (в литрах). На таком графике вершина кривой указывает величину ПОС, проекция момента выдоха 25 % ФЖЕЛ на кривую характеризует МОС₂₅, проекция 50 % и 75 % ФЖЕЛ соответствует величинам МОС₅₀ и МОС₇₅. Диагностическую значимость имеют не только отдельные точки, но и весь ход кривой. Ее часть, соответствующая 0–25 % выдохнутой ФЖЕЛ, отражает проходимость для воздуха крупных бронхов, трахеи и верхних дыхательных путей; участок от 50 до 85 % ФЖЕЛ — проходимость дистальных бронхов и бронхиол. У здоровых детей вершина кривой может быть растянута в зоне 25 % выдоха ФЖЕЛ и далее идет относительно равномерное снижение объемной скорости выдоха. У людей со сниженной проходимостью бронхов меняется не только амплитуда смещения, но и форма кривой. Например, может появляться прогиб на нисходящем участке кривой в области выдоха 75–85 % ФЖЕЛ. Такой признак указывает на снижение проходимости мелких бронхов и бронхиол. Область кривой «поток–объем» от 50 до 85 % считается наиболее информативной и надежной в диагностике обструктивных изменений в дыхательных путях малого диаметра. Это обусловлено тем, что объемная скорость последних порций выдыхаемого воздуха мало зависит от величины мышечного усилия, развиваемого больным при выдохе. Величины же ПОС и МОС₂₅ более зависимы от характера мышечного

усилия и правильности выполнения больным инструкции при выполнении функциональной пробы.

Аналогично тесту «ФЖЕЛ» выдоха может выполняться тест «ФЖЕЛ» вдоха. Выполняется также тест «Максимальная вентиляция легких» (МВЛ) и др.

Некоторые из рассматриваемых микропроцессорных систем по результатам определения параметров внешнего дыхания и сопоставления их с должными величинами этих параметров, рассчитанными по данным роста, массы тела, возраста, пола больного, могут выдавать заключение о наличии обструктивных или рестриктивных нарушений системы внешнего дыхания. Достоверность таких заключений невысокая и врач должен лично изучить полученные данные и сделать выводы об отсутствии или наличии нарушений функции внешнего дыхания и степени нарушения.

Для большинства потоковых и объемных показателей внешнего дыхания, выходящими за пределы нормы, считаются отклонения величины этих показателей от должного (расчетного) значения более чем на 20 %.

О наличии обструктивных изменений системы внешнего дыхания судят по снижению: ПОС, ФЖЕЛ₁, МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅, МОС₂₅₋₇₅, МОС₇₅₋₈₅, величины теста Тиффно и МВЛ, а также по увеличению ОЕЛ, ФОЕ, ООЛ и объема экспираторного закрытия дыхательных путей. По тому, какие из данных показателей снижены, определяют на каком уровне дыхательных путей имеются обструктивные нарушения. Преимущественное снижение ПОС, ФЖЕЛ₁, МОС₂₅ свидетельствует об обструкции проксимальных отделов дыхательных путей, если же имеется значительное снижение МОС₇₅ и МОС₇₅₋₈₅, то это свидетельствует о нарушении проходимости мелких бронхов и бронхиол.

Наличие рестриктивных изменений системы внешнего дыхания определяют по снижению ЖЕЛ (не менее чем на 20 % от должной величины), изменению соотношения между ФЖЕЛ₁ и ФЖЕЛ (если величина ФЖЕЛ₁ становится более 85 % от ФЖЕЛ), а также уменьшению МВЛ и ОЕЛ, ФОЕ, ООЛ.

Заключение о смешанных (обструктивных и рестриктивных) нарушениях системы внешнего дыхания делается при одновременном наличии снижения вышеперечисленных потоковых и объемных показателей.

Дополнения к материалам занятия 2 (21) ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ

Пульсоксиметрией называют метод, позволяющий одновременно определять степень насыщения гемоглобина крови кислородом и показатели пульса.

Метод основан на измерении изменений поглощения света гемоглобином крови при просвечивании тканей (уха, пальцев и т. д.). В самое последнее время разработаны датчики, анализирующие световой поток, отраженный тканями («отраженная пульсоксиметрия» в отличие от «трансмиссионной пульсоксиметрии»).

Метод пульсоксиметрии дает очень важную информацию для оценки состояния человека и принятия решения о действиях медперсонала в клинической практике, при тестировании резервов организма и проведении различных функциональных проб. Однако для правильной трактовки показаний прибора и

проведения пульсоксиметрии необходимы как знание физиологии, так и знание принципов работы прибора и источников помех.

Следует учитывать, что оксигемоглобин хорошо поглощает инфракрасный свет и рассеивает красный (потому и видится красным), а дезоксигемоглобин, имеющий темно-вишневый цвет, интенсивно поглощает красный свет и рассеивает инфракрасные лучи. Отсюда следует, что для оценки степени насыщения гемоглобина кислородом достаточно с помощью технических средств и микропроцессора определить соотношение световых потоков, прошедших от светодиодов через ткань к фотодатчикам. Но эта относительно простая задача осложняется тем, что на пути света имеются как артериальные, так и венозные сосуды. Нам же необходима информация об оксигенации артериальной крови.

Лишь в последние 15 лет найдено приемлемое, но не идеальное решение этой проблемы путем выделения и анализа с помощью микропроцессорной техники изменений светового потока, обусловленных пульсацией артериол.

Однако современные пульсоксиметры еще не могут отличать пульсацию артериол от пульсации сосудов венозного русла. Поэтому все факторы, приводящие к пульсации вен или исчезновению пульсации артериол, будут искажать показания прибора или полностью блокировать их. Среди таких факторов — избыточное или полное пережатие сосудов датчиком, пульсации венул, вызванные чрезмерной дилатацией артериол, кашлем, недостаточностью трикуспидального клапана, слишком низко опущенной или поднятой рукой с пальцевым датчиком (желательно располагать датчик ближе к уровню сердца). Нарушения в работе прибора могут быть вызваны спазмом сосудов рук или уха, движениями испытуемого, пульсацией внешнего освещения, внешними электромагнитными излучениями. Датчик следует устанавливать так, чтобы кабель находился на тыльной поверхности пальца.

Пульсоксиметр выводит на экран дисплея усредненные данные измеряемых параметров за время от 3 до 20 с. Скорость реакции пульсоксиметра на изменение насыщения крови кислородом в легочных капиллярах может составлять от 5 до 90 с. Она уменьшается при ослаблении кровотока и артериальной вазоконстрикции.

Надо также иметь в виду, что пульсоксиметр не отличает карбоксигемоглобин от оксигемоглобина и при отравлении угарным газом показания прибора не будут давать истинную картину оксигенации артериальной крови. Даже в норме содержание СОНв в крови составляет 1–3 %, а после выкуренной сигареты может достигать 8–10 %.

Метгемоглобин поглощает световые волны аналогично 85% НвО₂. Поэтому при выраженной метгемоглобинемии (например, при отравлении нитропруссидом натрия) прибор показывает величину близкую к 85 %, которая почти не зависит от колебаний содержания НвО₂.

В современных моделях пульсоксиметров, наряду с показателем частоты пульса, на дисплей выводится информация о пульсовых изменениях объема кровотока. Кривую, отражающую эти изменения, называют фотоплетизмограммой (ФПГ). Она весьма схожа с кривой сфигмограммы, получаемой путем

регистрации пульсовых смещений стенки крупных артерий. Амплитуда ФПГ зависит от тонуса сосудов и величины ударного объема сердца.

Степень выраженности инцизуры и дикротического подъема на дисплеях разных моделей пульсоксиметров различаются. Пульсоксиметры, которые дают весьма выраженный дикротический подъем, в ряде случаев, особенно при гипертензии, могут принимать его за отдельную пульсовую волну. В результате показание частоты пульса будет завышено в 2 раза. Поэтому, при наличии показателя неадекватно высокой частоты пульса, следует проводить контроль правильности функционирования прибора.

Пульсоксиметр имеет аларм-систему: включает звуковой сигнал при выходе регистрируемых показателей за рамки установленных границ. При применении пульсоксиметрии у новорожденных надо учитывать, что в первые часы напряжение кислорода в артериальной крови составляет лишь 40–50 мм рт. ст. ($\text{HbO}_2 = 75\text{--}90\%$) и достигает 80 мм рт. ст. к концу первой недели внеутробной жизни (HbO_2 до 95 %). Превышение этих уровней за счет оксигенотерапии считается вредным, так как грозит развитием бронхопульмональной дисплазии и поражением сетчатки (ретролентальной фиброплазии). Поэтому верхняя граница включения сигнала тревоги составляет в неонатологии 95 %.

Нижний допустимый предел SpO_2 (сатурация гемоглобина, определяемая пульсоксиметром) при включении пульсоксиметра, как правило, автоматически устанавливается на уровне 95 %, что соответствует $\text{PaO}_2 = 85$ мм рт. ст., т. е. границе нормы для здорового человека. При дыхательной недостаточности у больного нижний предел аларма устанавливают на 3–5 % меньше характерного для этого пациента, относительно устойчивого уровня SpO_2 .

КАПНОГРАФИЯ

Вещество (CO_2), которое в медицинской практике обычно называют углекислым газом, в химии называют диоксидом углерода (или двуокисью углерода — CO_2). Название углекислый газ правомерно в случаях, когда речь идет о CO_2 как компоненте газовой смеси, а растворенный в жидкости CO_2 называется двуокисью (диоксидом) углерода, но не распространенным в обиходе термином «углекислота», так как угольная кислота (H_2CO_3) — это иное соединение, вещество образующееся при химической реакции между CO_2 и водой.

Терминология и символы

В европейских изданиях по физиологии дыхания и в представлении результатов работы большинства газоанализаторов объемная концентрация газа обозначается знаком F, за которым следует индекс, обозначающий: I — вдыхаемый газ, E — выдыхаемый, A — альвеолярный, ET — конечная часть (end tidal) выдыхаемого газа. Так, символ FiCO_2 обозначает процентное содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе; FETCO_2 обозначает процентную концентрацию углекислого газа в конечной порции выдыхаемого газа.

Парциальное давление (P) газа измеряют в мм рт. ст. или килопаскалях (кПа). Символ PACO_2 обозначает парциальное давление CO_2 в альвеолярном газе.

Парциальное давление — показатель абсолютной концентрации, характеризующий количество молекул газа в единице объема газовой смеси. При колебаниях атмосферного давления парциальное давление газов изменяется, а процентные соотношения газов остаются неизменными.

Принципы капнометрии

Функционирование, выпускаемых медицинской промышленностью капнографов, основано на одном или сразу нескольких из нижеперечисленных принципов:

- инфракрасного оптического анализа (наиболее распространен);
- инфракрасного оптико-акустического анализа;
- масс-спектрометрии;
- рамановской спектрометрии.

Большинство капнографов основано на измерении поглощения углекислым газом ИК-излучения с длиной волны 4,25 мкм. Инфракрасные капнографы измеряют абсолютные концентрации CO_2 и выражают их в мм рт. ст. или кПа.

Некоторые вопросы газообмена и использования данных капнографии

Для правильного истолкования и использования данных капнографии необходимо знание ряда сведений по принципам и временным характеристикам работы капнографов, а также медицинских проблем, физиологии дыхания и кровообращения.

Быстродействие газоанализаторов складывается: 1) из времени, за которое выдыхаемая газовая смесь доставляется в измерительную камеру (около 1–2 с); 2) из скорости измерения — времени от момента поступления газа в измерительную камеру до момента подъема показателя концентрации измеряемого газа на приборе до 90 % истинной величины. У большинства капнографов скорость измерения (rise time) составляет 0,3–0,6 с.

Двуокись углерода образуется в организме в результате процессов аэробного дыхания. При медицинских манипуляциях источником образования углекислого газа в организме может стать также бикарбонат натрия (например, вводимый в вену для коррекции ацидоза) или CO_2 , доставляемый в организм при диагностических процедурах (лапороскопия и т. д.). Скорость образования CO_2 в организме за счет метаболических процессов в покое составляет 150–230 мл/мин. Она может сильно увеличиваться при повышении тонуса и сократительной активности мышц, лихорадке, сепсисе, ожогах, стрессах и т. д.

Растворимость CO_2 в плазме довольно велика (при $\text{PCO}_2 = 40$ мм рт. ст. в артериальной крови растворено около 2,5 мл CO_2), 4–5 об% CO_2 транспортируется кровью в виде карбгемоглобина (карбаминогемоглобина) и около 50 об% в виде бикарбонатов калия и натрия. Запасы CO_2 во всем объеме крови (т.н. центральные запасы) составляют около 2,5 л. Периферические запасы (т. е. содержащиеся в тканях) в пересчете на газ составляют около 2 л/кг массы. Большая часть запасов CO_2 содержится в костной и жировой тканях, имеющих низкую метаболическую активность и кровоток. У взрослого содержание CO_2 в ор-

ганизме — 100–120 л. Таким образом, в организме имеется своеобразное «буферное пространство», на вымывание или увеличение запасов которого требуются десятки минут. Это приводит к относительной стабилизации содержания CO_2 в жидкостях организма при изменении скорости образования CO_2 или нарушениях вентиляции легких.

Нормальное напряжение CO_2 в смешанной венозной (PvCO_2) крови составляет 44–48 мм рт. ст., парциальное давление углекислого газа в альвеолярном воздухе (PACO_2) — от 35 до 45 мм рт. ст. (концентрация 4,7–5,9 %; по нашим данным, верхняя граница нормы PACO_2 приближается к 7 %). Движущая сила выхода CO_2 из венозной крови в альвеолярный воздух — градиент между напряжением CO_2 в венозной крови и парциальным давлением этого газа в альвеолярном воздухе, составляет около 6 мм рт. ст. От альвеол же оттекает кровь, напряжение CO_2 в которой практически равно парциальному давлению CO_2 в альвеолярном газе. Поэтому, во многих случаях достаточно сложную и небезопасную процедуру определения PCO_2 в артериальной крови можно заменить измерением парциального давления CO_2 в альвеолярном газе. Это положение — очень важный момент при трактовке данных капнометрии. Надо иметь в виду, что за альвеолярный газ принимается последняя порция выдыхаемого воздуха и дыхательный объем должен быть достаточно велик, чтобы по конечной порции выдоха судить об альвеолярной концентрации CO_2 . При поверхностном дыхании или высокочастотной искусственной вентиляции это условие не выполняется. Величина PETCO_2 может неадекватно отражать PaCO_2 также при резком увеличении физиологического мертвого пространства и патологических нарушениях равномерности внутрилегочного смешивания.

Наиболее отработанный тест в капнографических исследованиях — регистрация нарастания содержания углекислого газа при медленном, плавном выдохе ЖЕЛ. Получаемые при этом кривые представлены на следующем рисунке.

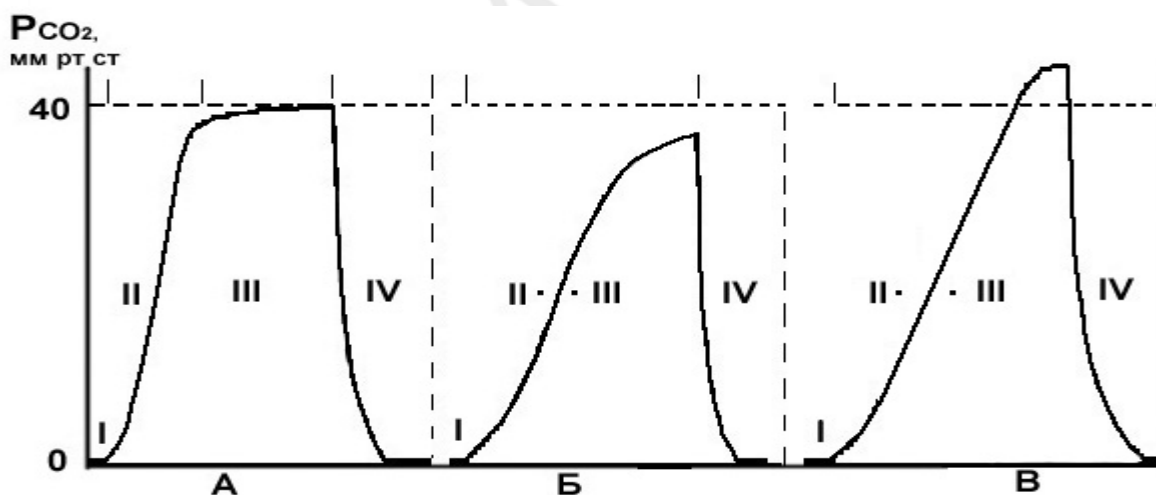


Рис. 1. Кривая регистрации нарастания содержания углекислого газа при медленном, плавном выдохе ЖЕЛ

В начале выдоха в датчик капнографа поступает воздух из мертвого пространства респираторной системы, в котором содержание CO_2 не отличается от атмосферного (I), затем идет фаза быстрого нарастания (II) и у здорового чело-

века устанавливается плато (III) в виде ровного почти горизонтального отрезка кривой, затем идет фаза вдоха (IV). Как показано на рисунке 1, у больного эмфиземой плато может не установиться до конца выдоха (II–III). Такой ход кривой и низкая величина содержания CO_2 в последней порции выдохнутого воздуха свидетельствуют о нарушении нормального соотношения между вентиляцией и кровотоком в легких и о большей, чем в норме, величине функционального мертвого пространства.

Признак далеко зашедших нарушений проходимости бронхов (при хроническом обструктивном бронхите и т. д.) — более пологий ход фазы (II) и увеличение, по сравнению с нормой, содержания CO_2 в последней порции выдохнутого воздуха (которое, однако, не превышает PvCO_2). Более пологий ход фазы II связан как со снижением объемной скорости выдоха, так и с увеличением функционального мертвого пространства. Стойкое повышение PETCO_2 у пациентов с хронической обструкцией связано с изменением чувствительности дыхательного центра к CO_2 и перестройкой на более выгодный (в создавшихся условиях) в энергетическом отношении режим дыхания.

Конечно-экспираторное парциальное давление (PETCO_2) или концентрация (FETCO_2) — один из основных показателей капнометрии. Различия между PETCO_2 и напряжением CO_2 в артериальной крови в норме не превышают 2–4 мм рт. ст. (за исключением переходных состояний — изменение положения тела и т. д.).

Для оценки хода капнографической кривой анализируют не только ее форму, но и определяют угол между горизонтальной осью и участком кривой в фазу II, а также степень подъема кривой на участке III (т. е. степень смещения «плато»).

Капнографом также оцениваются частота дыхания и появление апноэ. Критерий появления апноэ — исчезновение волн на капнограмме. При этом включение аларм сигнала капнографом обычно производится через 15–20 с после остановки дыхания.

На основе данных капнографии и показателей внешнего дыхания можно также рассчитать величину физиологического мертвого пространства и величину альвеолярной вентиляции (см. выше).

Капнография при гиповентиляции

К гиповентиляции чаще всего приводят: 1) тяжелые обструктивные нарушения внешнего дыхания; 2) угнетение дыхательного центра (отравления, наркоз и т. д.); 3) слабость дыхательной мускулатуры; 4) неадекватная ИВЛ; 5) увеличение функционального мертвого пространства при недостаточном минутном объеме вентиляции легких. Следствиями гиповентиляции становятся гиперканция и респираторный ацидоз.

В первых четырех из вышперечисленных случаев гиповентиляции при капнографии будет обнаруживаться увеличение PETCO_2 и возрастание высоты капнографических волн. Некоторые авторы (И.А. Шурыгин, 2000) считают, что признаком гиповентиляции служит повышение PETCO_2 сверх 43 мм рт. ст. (или FETCO_2 — сверх 5,7 % при нормальном атмосферном давлении). Однако при-

веденная граница нарастания $PEtCO_2$, видимо, не достаточно оправдана из-за наличия значительной вариабельности состава альвеолярного воздуха даже у практически здоровых людей.

В случае же нарастания объема функционального мертвого пространства, несмотря на повышенный уровень PCO_2 , в альвеолах тех участков легких, в которых имеется достаточный уровень кровотока, увеличения $PEtCO_2$ может не произойти из-за разбавления выдыхаемого газа воздухом мертвого пространства. Признаком этого — отсутствие отчетливого плато на капнограмме. Применение капнографии для обнаружения такого типа гиповентиляции не эффективно, так же как и для случая, когда гиповентиляция обусловлена очень низкой глубиной дыхания. В последнем случае $PEtCO_2$ не отражает состава альвеолярного газа.

При внезапно наступившей гиповентиляции нарастание PCO_2 в крови и альвеолярном воздухе происходит медленно (от 0,5 до 3 мм рт. ст. в мин). Поэтому такая гиповентиляция выявляется лишь через несколько минут от ее начала. Скорость нарастания гиповентиляции можно оценить по величине тренда $PEtCO_2$ (среди различных приборов внезапную гиповентиляцию раньше всего обнаруживает быстродействующий оксиметр).

При постепенном же развитии гиповентиляции капнография надежно отражает ее глубину. Скорость постепенного повышения $PEtCO_2$ в этом случае адекватно отражает развитие недостаточности минутного объема дыхания. Наиболее информативны показатели тех капнографов, которые позволяют проследить уровень $PEtCO_2$ за десятки минут.

Капнография при гипервентиляции

Гипервентиляция приводит к вымыванию запасов CO_2 в организме. При этом напряжение CO_2 в крови и $PEtCO_2$ уменьшаются. Капнография позволяет надежно определять как медленно, так и быстро развивающуюся гипервентиляцию по падению парциального давления CO_2 в альвеолярном газе и снижению амплитуды волн на капнограмме. Падение $PEtCO_2$ ниже 34 мм рт. ст. ($FEtCO_2$ меньше 4,5 %) считается признаком избыточной вентиляции. Особую клиническую значимость приобретает коррекция вентиляции при достижении гипокапнией уровня ниже 30 мм рт. ст.

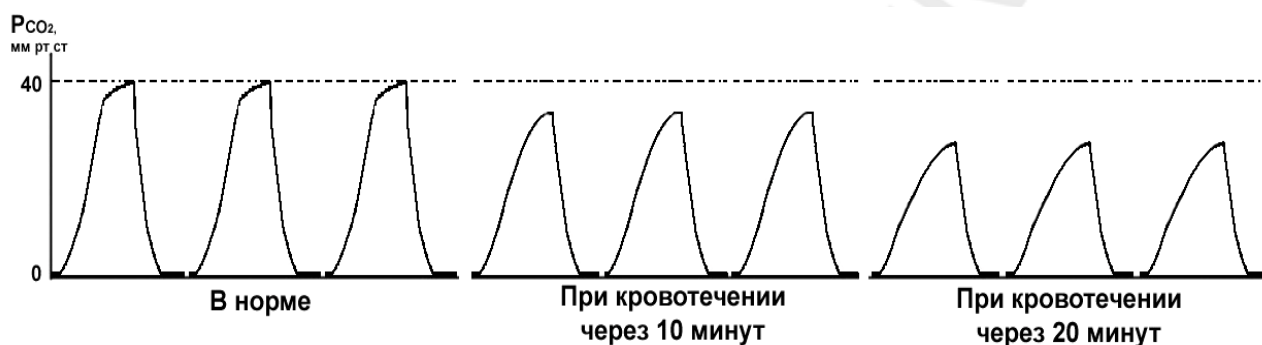
Мониторинг $PEtCO_2$ обеспечивает защиту больного от гипокапнии при ИВЛ и вместе с тем позволяет регулировать степень гипокапнии в ситуациях, когда она необходима (больные с внутрисердечной гипертензией и т. д.).

Капнография при гиповолемии

Среди факторов, приводящих к гиповолемии, особое место занимает скрытое (внутреннее) кровотечение, так как требует срочного диагностирования и врачебного вмешательства. При уменьшении объема циркулирующей крови и падении давления в легочной артерии происходит нарушение обычного соответствия между легочной вентиляцией и кровотоком. Раньше всего уменьшается (вплоть до прекращения) кровоток в верхних долях легких. Продолжающаяся вентиляция легочных зон с прекращенным или сниженным кровотоком

создает увеличение функционального мертвого пространства. При этом даже в конце выдоха происходит смешивание воздуха выходящего как из хорошо перфузируемых, так и из неперфузируемых альвеол. В последних состав воздуха мало отличается от атмосферного. Результатом этого становится уменьшение содержания CO_2 в последней порции выдыхаемого газа. Ниже представлена модель капнограммы при развитии внутреннего кровотечения.

Рис. 2. Капнограмма в норме и при дрящемся кровотечении



Поэтому снижение PETCO_2 может быть одним из признаков развития гиповолемии. Однако надо помнить о том, что аналогичное снижение может быть вызвано рядом других причин: гипервентиляцией, тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА) и т. д. Для дифференциальной диагностики этих состояний можно применить прямое определение PaCO_2 в крови. При гипервентиляции снижается как PETCO_2 , так и напряжение CO_2 в артериальной крови, в результате разность между ними не выходит за границы нормы (не превышает 2–6 мм рт. ст.). Если же PETCO_2 вызвано увеличением альвеолярного мертвого пространства (гиповолемия, тромбоэмболия), то разность между PaCO_2 и PETCO_2 становится больше нормы. Надо учитывать также снижение волн капнограммы, скорость этого снижения (тренда), а также результаты пульсооксиметрии и, конечно, клинические данные. Особенно быстрое снижение амплитуды волн и PETCO_2 наблюдается при тромбоэмболии легочной артерии. Поэтому в последнее время мониторинг капнограммы в ряде стран включен в перечень методов первичной диагностики ТЭЛА.

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 4 (23). Тестирование резервов кардиореспираторной системы

Цели:

- в процессе разбора теоретического материала и результатов выполнения функциональных проб изучить теоретические основы тестирования физиологических систем, обеспечивающих кровообращение и газообмен;
- показать взаимосвязь регуляций гомеостатических параметров организма в условиях интенсивных возмущающих воздействий и закономерности этих регуляций.

Задачи:

- познакомить студентов с методами и условиями выполнения функциональных проб, используемых для определения резервов гемокардиореспираторной системы;
- обучить методам вычисления нормативов величины показателей работы сердца, кровотока, вентиляции легких, газообмена и оценке результатов тестирования этих физиологических процессов;
- при проведении функциональных проб наблюдать за параметрами важнейших гомеостатических показателей гемокардиореспираторной системы;
- определить наиболее жесткие и пластичные гомеостатические показатели и выявить их иерархию.

Основные вопросы:

1. Расчет функциональных резервов системы внешнего дыхания в доставке кислорода в легкие у здорового человека.
2. Расчет максимально возможной величины диффузии кислорода из легких в кровь при дыхании здорового человека атмосферным воздухом в покое и при интенсивной физической нагрузке.
3. Кровоснабжение миокарда как лимитирующий фактор резервов оксигенации тканей у здорового человека.
4. Показатели функциональных резервов сердца.
5. Показатели, по которым можно судить о достаточности кровоснабжения сердца.
6. Показатели кислородтранспортных возможностей крови и расчет резерва транспорта кислорода кровью у здорового человека.
7. Показатели эффективности захвата кислорода тканями из крови и кровью из альвеолярного воздуха.
8. Максимальное потребление кислорода. Его определение, расчет и клинико-физиологическая оценка.
9. Порог анаэробного обмена. Его определение и оценка.
10. Кислородный долг. Его фракции, определение и оценка.

11. Использование показателей резервов газообмена в физиологии труда и спорта.

12. Диагностическое значение исследования показателей газообмена.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какое количество кислорода будет доставлено в легочные альвеолы при МВЛ равной 83 л/мин и частоте дыхания 20?

2. Какой максимальный объем кислорода может продиффундировать из альвеолярного воздуха в кровь за 1 мин при условии выполнения испытуемым интенсивной мышечной работы (ДЛ O₂ составила 70 мл мин/мм рт. ст.)?

3. Какова примерная величина резерва транспорта кровью кислорода у здорового человека (возраст 20 лет, содержание Hb 150 г/л, МОК в покое равен 5 л)?

4. Величина МОК у здорового молодого человека 30 л. В каком физиологическом состоянии находится этот человек? Примерно, какое количество кислорода будет поглощено его тканями в этих условиях?

5. Коронарный кровоток у здорового человека составил 1200 мл/мин, содержание гемоглобина 150 г/л. Примерно, какое количество кислорода потребит миокард в этих условиях?

6. При максимальной физической нагрузке величина альвеолярной вентиляции у испытуемого составила 100 л/мин. При том содержание кислорода в выдыхаемом воздухе равно 16,93 %. Какова у него величина МПК?

7. Кислородный долг у спортсмена, выполняющего тренировочную нагрузку в течение 10 мин составил 2 л. Высокой или низкой была интенсивность его нагрузки?

8. При тестировании резервов кардиореспираторной системы человека расчетная величина МПК составила 16 мл/кг/мин. К какому функциональному классу можно отнести его сердечно-сосудистую систему?

9. При тестировании физической работоспособности студента феномен «выравнивания» наступил при потреблении кислорода 3000 мл/мин. Какое МПК у этого человека? Как вы оцените функциональные резервы его кардиореспираторной системы, если возраст испытуемого 24 года, вес 70 кг?

НОРМАТИВЫ

1. Удельная величина МПК (максимальное потребление кислорода в мл/мин/кг) и его оценка у нетренированных людей:

Оценка МПК	Величина МПК
мужчины (до 25 лет)	женщины (до 25 лет)
Высокое 49–54	38–44
Среднее 39–48	31–37
Низкое 33–38	24–30

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. 51–68 практикума).
2. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1, 2 / под ред. Б. И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с.; Т. 1. С. 340–380; Т. 2. С. 340–362.
3. *Физиология человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. 448 с. С. 401–442.
4. *Физиология человека* / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 598 с. С. 238–271.
5. *Семенович, А. А.* Определение и расчет резервов организма в осуществлении газообмена : учеб.-метод. разработ. / А.А. Семенович. Мн., 1990. 12 с.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. Т. 3 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М., 1986.
2. *Уэст, Дж.* Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст. М., 1988.
3. *Физиология человека* / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. С. 292–322.
4. *Гриппи, М. А.* Патофизиология легких / М.А. Гриппи. М.–СП.: БИНОМ, 1999. 344 с. С. 13–80.
5. *Физиология плода и детей* / под ред. В.Д. Глебовского. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

При выполнении тестов, позволяющих определить функциональные резервы кардиореспираторной системы, используются те же методы исследования кровообращения и дыхания, которые вы изучили при выполнении практических работ занятий 16–23 настоящего издания (Ч. 1, Ч. 2). В методику проведения функциональных проб входит определение показателей кровообращения и дыхания в покое и регистрация динамики этих показателей при различных воздействиях на организм. При этом чаще всего применяются пробы с дозированной физической нагрузкой, которая вызывает увеличение работы (т. е. мобилизацию функциональных резервов), прежде всего сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Некоторые из показателей кровообращения и дыхания, определяемые в покое, могут использоваться для оценки резервов кардиореспираторной системы как непосредственно, так и опосредованно, т. е. для расчета должных величин достигаемых при нагрузочных тестах. Так, например, используются показатели жизненной емкости легких, пиковой объемной скорости вдоха и выдоха, а также $ОФВ_1$, которые в определенной мере характеризуют возможности увеличения вентиляции легких. Показатель $ОФВ_1$ используется для расчета величины должной МВЛ. Далее максимальную величину вентиляции легких, достигнутую при выполнении физической нагрузки, сопоставляют с ДМВЛ и находят таким образом показатель резерва дыхания.

Ниже приводятся несколько простых тестов с физической нагрузкой, позволяющих выполнить расчет ряда показателей резервов кардиореспираторной системы, а также методика выполнения тестирования этих резервов с комплексным исследованием кардиореспираторной системы, применяемым при прямом определении показателей МПК, ПАНО, кислородного долга и т. д.

Работа 4.1. ТЕСТ 6-ТИ МИНУТ ХОДЬБЫ

Испытуемому предлагается определить максимальное расстояние, которое им будет пройдено за 6 (шесть) мин интенсивной ходьбы. При этом ориентировочно функциональный класс кровообращения (ФК) оценивается по таблице 9.

Таблица 9

Функциональный класс кровообращения	Расстояние в метрах, пройденное за 6 мин
ФК 1	426–550
ФК 2	300–425
ФК 3	150–300
ФК 4	менее 150

Работа 4.2. ТЕСТ PWC₁₇₀

Тест PWC₁₇₀ был предложен Шестрандом (Швеция) для определения физической работоспособности спортсменов. Название теста происходит от первых букв английского термина Physical Working Capacity — физическая работоспособность. Физическая работоспособность обследуемого выражается в величине той мощности физической нагрузки, при которой частота сердечных сокращений (ЧСС) достигает 170 уд/мин. Выбор именно такой частоты основан на следующих двух положениях:

1. Зона оптимального функционирования кардиореспираторной системы у спортсменов ограничивается диапазоном пульса от 170 до 200 уд/мин. Таким образом, с помощью этого теста можно установить ту интенсивность физической нагрузки, которая выводит деятельность сердечно-сосудистой системы на предел оптимального функционирования.

2. Между мощностью выполняемой нагрузки и ЧСС существует линейная зависимость вплоть до пульса 170 уд/мин; при более высокой частоте эта зависимость утрачивается. Следовательно, чем больше мощность нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин, тем больше резервы сердечно-сосудистой системы, которые и определяют «потолок» физической работоспособности.

Тест проводится на велоэргометре.

У обследуемого в состоянии покоя и в положении сидя определяйте ЧСС. Затем в течение 5 мин он выполняет первую нагрузку (N₁), величина которой зависит от его массы (см. табл. 10). Частота вращения педалей сохраняется постоянной и равна 60 об/мин. За последние 30 с выполняемой нагрузки подсчитайте ЧСС (уд/мин) — F₁. Затем после 3-минутного отдыха предложите обследуемому выполнить вторую нагрузку (N₂), величина которой зависит от F₁ (см. табл. 11). Время выполнения второй нагрузки равно 5 мин, она, как правило, в два раза превышает первую. ЧСС у обследуемого определите также за последние 30 с выполнения пробы — F₂, в уд/мин. Необходимо отметить, что при 1-й и 2-й нагрузке пульс у обследуемого не достигает 170 уд/мин, но, учитывая данные о ЧСС, в первом и втором случае можно, исходя из линейной зависимо-

сти ЧСС от мощности нагрузки, определить ту величину нагрузки, которая бы привела к повышению ЧСС до 170 уд/мин — PWC_{170} .

Графическое определение величины PWC_{170} имеет определенный недостаток — неизбежны погрешности, связанные с построением графика. Поэтому было предложено простое математическое выражение, позволяющее определить величину PWC_{170} , не прибегая к чертежу:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \cdot (170 - F_1) / (F_2 - F_1),$$

где PWC_{170} — мощность физической нагрузки на велоэргометре в кгм/мин; N_1 и N_2 — мощность первой и второй нагрузок (в кгм/мин); F_1 и F_2 — ЧСС в конце первой и второй нагрузки (в уд/мин).

У здоровых нетренированных мужчин величины PWC_{170} колеблются в пределах 700–1100 кгм/мин, у женщин — 450–750 кгм/мин. Относительная величина PWC_{170} на 1 кг массы тела у нетренированных людей составляет в среднем: 15,5 кгм/мин — у мужчин и 10,5 кгм/мин — у женщин. У спортсменов величина PWC_{170} может достигать 1500–1700 кгм/мин.

Таблица 10

**Мощность первой нагрузки для определения PWC_{170}
в зависимости от массы испытуемого**

Масса тела (кг)	Мощность (кгм/мин)
59 и меньше	300
60–64	400
65–69	500
70–74	600
75–79	700
80 и больше	800

Для перевода кгм/мин в Ватты необходимо число кгм/мин разделить на 6.

Таблица 11

**Мощность второй нагрузки для определения PWC_{170}
в зависимости от ЧСС при первой нагрузке**

Мощность работы при первой нагрузке	Мощность работы при второй нагрузке кгм/мин				
	ЧСС при первой нагрузке, уд/мин				
	80–89	90–99	100–109	110–119	120–129
400	1100	1000	900	800	700
500	1200	1100	1000	900	800
600	1300	1200	1100	1000	900
700	1400	1300	1200	1100	1000
800	1500	1400	1300	1200	1100

Результаты:

N_1 — кгм/мин, N_2 — кгм/мин,

F_1 — уд/мин, F_2 — уд/мин,

$PWC_{170} =$

Относительная величина PWC_{170} на 1 кг массы тела =

Вывод: (сравните результаты с нормой, сделайте заключение о физической работоспособности испытуемого) _____

Работа 4.3. ВЫЯВЛЕНИЕ ИЕРАРХИИ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ

Для выполнения работы необходим комплекс приборов, позволяющий давать дозированную физическую нагрузку и следить за параметрами кровообращения и дыхания. Например, система Cardiovit CS-100, «Спиролит», пульсоксиметр, оксигемограф, пневмотахограф или аналогичный прибор, позволяющий контролировать параметры дыхания, микропроцессорный анализатор электрокардиограмм (типа МАЕ-101) или ритмокардиовазометр, электрокардиограф, тонометр, фонендоскоп.

Ход работы. Допуск испытуемого к выполнению тестов с максимальной физической нагрузкой производится врачом, прошедшим специализацию по тестированию кардиореспираторной системы. Допуск к тестированию с относительно небольшими физическими нагрузками контролируется преподавателем.

Перед проведением нагрузочных тестов желательно выполнить измерение ряда показателей состояния кардиореспираторной системы, которые помогают решить вопрос о допуске к тестированию и будут важны также при оценке резервов кардиореспираторной системы. В частности, показатели внешнего дыхания (включая $ОФВ_1$), частоты сердечных сокращений, артериального давления, ЭКГ и оксигенации крови.

Из студенческой группы следует выделить ответственных по контролю за параметрами вентиляции и насыщения крови кислородом, частоты сердечных сокращений и артериального давления у обследуемого. Выделяется также хронометрист. Обследуемый должен сесть на велоэргометр. На мочку уха или на палец исследуемому закрепите датчик оксигемографа и подсоедините электроды для регистрации ЭКГ в грудных отведениях. Затем обследуемого нужно подсоединить к системе «Спиролит» или «Shiller» через шланг с загубником или маской. «Спиролит» покажет насколько изменилась содержание O_2 и CO_2 в потоке воздуха в процессе спокойного дыхания обследуемого перед проведением теста с физической нагрузкой.

Если противопоказаний к тестированию не выявлено (пульс ритмичный, частота его в пределах 60–80 в мин, систолическое артериальное давление не превышает 130, диастолическое — 90 мм рт. ст., оксигенация артериальной крови в пределах 95–98 %, нет признаков ишемии миокарда на ЭКГ, частота дыхания не превышает 20 уд. в мин., глубина — 900 мл, самочувствие хорошее и т. д.) и преподаватель дал разрешение на выполнение тестиро-

вания, то испытуемый может приступить к выполнению ступенчато нарастающей физической нагрузки.

В соответствии с принятым в клинической практике стандартом мощность первой ступени физической нагрузки устанавливается в 25 Вт при длительности от 3 до 5 мин, на каждой последующей ступени мощность нагрузки увеличивают на 25 Вт. При тестировании резервов кардиореспираторной системы в спортивной медицине применяется много других режимов нарастания величины физической нагрузки. В частности, применяется непрерывно нарастающая, ступенчато (по 30, 50, 100 и т. д. Вт) нарастающая, одноступенчатая интенсивная (на уровне 75–100 % МПК) и т. д. нагрузки. Выбор их зависит от цели тестирования.

Исследование прекращается через 3 мин после окончания последней ступени нагрузки. При плохой переносимости нагрузок пробу нужно немедленно прекратить. Показания для немедленного прекращения пробы таковы:

- 1) возрастание частоты пульса более чем на 75 % от возрастного максимума (для обследуемых в возрасте от 20 до 29 лет проба прекращается, если частота сердечных сокращений превысит 150 уд/мин);
- 2) возникновение болей в области сердца, одышка, резкие изменения АД;
- 3) смещение сегмента ST на ЭКГ более чем на 1 мм вверх или вниз относительно изолинии в двух и более отведениях;
- 4) появление аритмии сердечных сокращений;
- 5) появление признаков гипоксии (определяемых пульсоксиметрией или по появлению цианоза, бледности кожных покровов и т. д.);
- 6) появление неприятных ощущений (головокружение, тошнота и т. д.) у обследуемого.

В таблице 12 приведены данные, полученные при велоэргометрическом тестировании одного из испытуемых.

Таблица 12

Показатели дыхания и кровообращения обследуемого при физической нагрузке

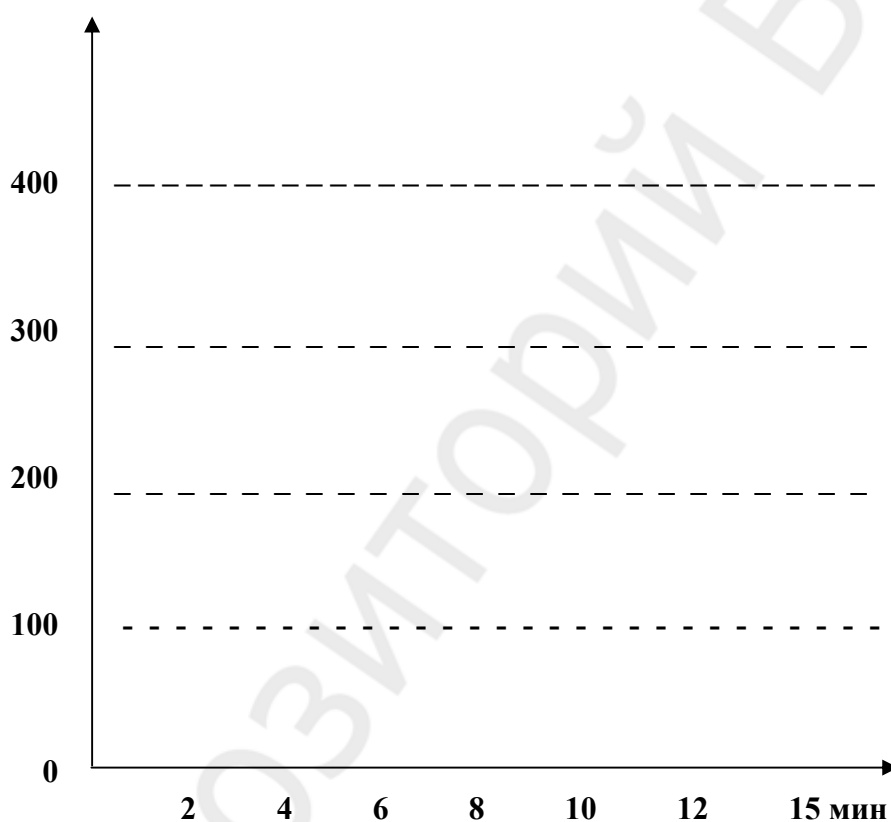
(возраст испытуемого — 19 лет, масса тела — 60 кг)

Регистрируемый показатель	Величина регистрируемого показателя						
	исходная	величина нагрузки (Вт)			время после нагрузки (мин)		
		50	100	150	1	2	3
ЧД	11	17	19	25	22	20	10
ДО	0,6	0,7	1,1	1,2	0,9	0,8	0,7
ЧСС (сокр/мин)	82	118	148	176	168	124	95
АД сист/диаст (мм рт. ст.)	130 / 80	140 / 80	150 / 80	170 / 80	165 / 80	150 / 80	135 / 80
VO ₂ (л/мин)	0,3	1,1	2,0	2,5	0,9	0,6	0,3
HbO ₂ (%)	96	94	95	95	96	96	96
PO ₂ (мм рт. ст.)	95	90	93	93	95	95	95

Рассчитанный КП (мл/сокр.)	3,7	9,3	13,5	14,2			
----------------------------	-----	-----	------	------	--	--	--

Где ЧД — частота дыхания; ДО — дыхательный объем; VO_2 — потребление кислорода — рассчитывается на основе ΔO_2 и объемной скорости потока воздуха, используемого для дыхания в приборе «Спиролит», или по прямым показаниям газоанализаторов типа Cardiovit CS-100; $HbO_2\%$ — процент оксигемоглобина в крови; PO_2 — напряжение кислорода в артериальной крови определяется по $HbO_2\%$ и кривой диссоциации оксигемоглобина; ЧСС — частота сердечных сокращений; АД — артериальное давление.

По полученным данным постройте график, отражающий величину изменения (в % к исходной) исследуемых показателей под влиянием нагрузок. Исходная величина показателя принимается за 100 %.



На основе анализа полученных данных ответьте на вопросы (при обосновании ответов желательно приводить цифровые данные):

1. Какие из исследованных физиологических показателей наиболее интенсивно изменяются при физической нагрузке? _____.
2. Какой из исследованных показателей менее всего изменяется при нагрузке? _____.
3. Создала ли физическая нагрузка интенсивное возмущающее воздействие для этого устойчивого параметра? _____.
4. Идут ли механизмы регуляции на сдвиг параметров одних гомеостатических показателей ради обеспечения устойчивости других показателей? Имеется ли иерархия исследуемых показателей? _____.

5. Какой из исследованных показателей в условиях выполненной функциональной пробы для организма является важнейшим? _____

Работа 4.4. РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЗЕРВОВ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Имеются 2 пути исследования резервов кардиореспираторной системы. Первый из них — это проведение тестов с выполнением предельных физических нагрузок и определение в это время максимального потребления кислорода, минутного объема кровотока и т. д. При этом получают достоверные данные о резервах исследуемых систем. Однако даже для здоровых людей такие нагрузки небезопасны, для больных же они недопустимы. Поэтому в клинической практике особенно ценятся тесты, использующие второй путь, т. е. тот, который при минимальных физических нагрузках позволяет с достаточной точностью вычислять резервы систем дыхания и кровообращения.

При велоэргометрическом тестировании, выполненном в предыдущей работе (4.3.), применена умеренная, щадящая физическая нагрузка. По полученным в этой работе данным рассчитаем ряд показателей, характеризующих функциональные возможности кардиореспираторной системы испытуемого.

Определение максимального кислородного пульса

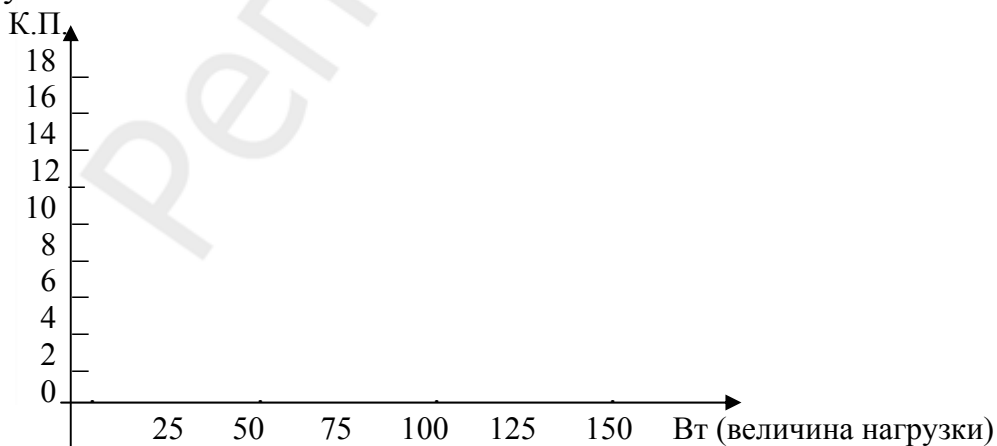
Показатель максимального кислородного пульса (КП) характеризует объем кислорода, захватываемый порцией крови, изгоняемой желудочком сердца при одном сокращении.

$\text{КП (мл/ удар)} = \text{VO}_2 / \text{ЧСС}$, где VO_2 — объем кислорода, потребляемого организмом в минуту; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Рассчитайте величину КП для состояния покоя и каждой ступени физической нагрузки.

КП исходный = _____, на первой ступени = _____, на второй = _____, на третьей = _____ мл/удар.

По этим результатам постройте график: кислородный пульс/ступень нагрузки.



Аппроксимируя кривую нарастания кислородного пульса (до перехода в горизонталь), определите величину максимального кислородного пульса.

Макс. КП = _____ (мл/удар).

Таблица 13

Нормальные величины максимального кислородного пульса

Возраст (лет)	КП (мл/удар)
18–19	17,1
20–40	16,8
41–50	15,6
51–60	13
Старше 60	11
У спортсменов	До 26
У больных ИБС	Менее 10

Заключение о максимальном КП испытуемого _____

Расчет максимального потребления кислорода

Для расчета максимального потребления кислорода (МПК), которое может быть достигнуто обследуемым, используем формулу:

$$\text{МПК(мл)} = \text{КП} \cdot \text{ЧСС},$$

где КП — максимальный кислородный пульс (определен выше); ЧСС — частота сокращения сердца, при которой достигается предел насосной функции сердца (определяется по таблице, см. «Руководство по кардиологии» Т. 2, 1981. С. 290). Для мужчин в возрасте 20–29 лет — это 195 сокр/мин, для женщин — 198 сокр/мин.

МПК испытуемого = _____

Имеется много других вариантов расчета МПК.

При оценке величины МПК следует помнить, что у женщин оно ниже, чем у мужчин на 20–30 %. Имеется тесная связь МПК и массы тела. Если рассчитать МПК на килограмм массы тела, то уже у детей 7–8 лет уровень максимального потребления кислорода практически не отличается от МПК для зрелого возраста. У людей старше 30–35 лет МПК снижается в среднем на 10 % за каждое десятилетие. Различные заболевания, влияющие на кислород-утилизирующую системы организма, снижают МПК.

Определите максимальное потребление кислорода на килограмм массы обследуемого. Для этого МПК разделите на массу (в кг):

МПК мл/кг/мин = _____

Разработаны оценочные таблицы МПК для спортсменов, нетренированных и больных людей.

Таблица 14

МПК и его оценка у нетренированных здоровых людей
(по В.Л. Карпману и соавт., 1988)

Оценка МПК	Величина МПК (мл/кг/мин)	
	мужчины в возр. до 25 лет	женщины в возр. 20–29 лет
Очень высокое	55	44
Высокое	49–54	38–44
Среднее	39–48	31–37
Низкое	33–38	24–30
Очень низкое	33	24

У спортсменов мужчин высоким считается МПК, достигающее 58–78, у женщин — 50–69 мл/мин/кг.

В клинике введено понятие функционального класса снижения резервов сердечно-сосудистой системы.

Таблица 15

Функциональный класс сердечно-сосудистой системы по тесту МПК

Функциональный класс	Потребление O ₂ мл/кг/мин	Потребление O ₂ меты	Работоспособность
1	больше 21	7–16	практически без ограничений
2	больше 14–21	5–7	умеренные ограничения
3	больше 7–15	2–5	значительно ограничена
4	меньше 7	1–2	полная нетрудоспособность

Считается, что в течение рабочего дня энерготраты на физическую активность не должны превышать 25–35 % от уровня максимальной аэробной мощности, т. е. МПК. По МПК рассчитывают допустимые уровни интенсивности нагрузок (трудовых, тренировочных и т. д.).

Дайте оценку величины МПК обследуемого _____

ТЕМА ЗАЧТЕНА _____

подпись преподавателя

Дополнения к занятию 4 (23)
(материалы для самостоятельного изучения)

**НАГРУЗОЧНЫЕ ТЕСТЫ ОЦЕНКИ РЕЗЕРВОВ
КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ**

Физическая нагрузка — разновидность общего физиологического напряжения (стресса) и ее можно использовать у *здоровых* для определения функционального состояния гемокардиореспираторной системы и/или характеристики функции ее составных компонентов: сердца и его резервов; дыхания и его резервов, крови и ее резервов связывания и транспорта кислорода. Физическую нагрузку можно использовать также для выявления *сердечно-сосудистых нарушений*, которые не отмечаются в условиях покоя.

Поскольку физическая нагрузка — только одна из многих разновидностей напряжения, действию которых подвергается человек, то более адекватно исследование физической работоспособности у человека называть «тестированием физической работоспособности» или «тестом с физической нагрузкой», а не «стресс-тестом», как это нередко принято говорить.

**Изменения показателей функции гемокардиореспираторной системы
при выполнении непродолжительной физической нагрузки**

Выполнение физической нагрузки сопровождается повышением потребности мышечных клеток в энергии АТФ, без затрат которой осуществление мышечного сокращения невозможно. Поскольку основные источники синтеза АТФ в организме человека — процессы окислительного фосфорилирования в митохондриях, то выполнение физической нагрузки сопровождается увеличением потребности организма в кислороде и в таких субстратах окисления, как глюкоза и свободные жирные кислоты.

В доставке кислорода в организм и мышечные клетки задействованы дыхание, кровь и сердечно-сосудистая системы, приспособительные изменения функции которых наблюдаются при физической нагрузке. Для каждой из этих систем организма существуют определенные показатели, характеризующие не только состояние их функции при выполнении физической нагрузки, но по этим показателям можно одновременно судить о состоянии резервных возможностей этих систем по доставке кислорода в ткани.

**Состояние кислород-транспортной функции крови
при непродолжительной физической нагрузке**

Для характеристики возможностей крови доставлять кислород в ткани используют такие показатели как *кислородная емкость крови* и *кислородсвязывающие свойства гемоглобина* крови. Кислородная емкость крови определяется содержанием в крови гемоглобина (1 г гемоглобина связывает в среднем 1,34 мл кислорода) и не может быть использована для увеличения доставки кислорода в ткани, так как содержание гемоглобина в крови при кратковременной физической нагрузке существенно не изменяется. Возможности увеличения доставки кислорода в ткани кровью несколько увеличиваются за счет снижения

средства гемоглобина к кислороду, вызываемого повышением в активно сокращающихся мышцах напряжения CO_2 , снижением рН, повышением температуры и накоплением в эритроцитах 2,3 дифосфоглицерата. Этим достигается повышение коэффициента утилизации (извлечения) кислорода (КУК) из крови мышцами. При повышении физической нагрузки КУК в мышцах из-за возросшего тока крови через мышцы может возрасти в три и более раз.

Однако наиболее эффективный способ увеличения доставки кислорода к тканям — увеличение объемной скорости кровотока через активно работающие мышечную и другие ткани. В свою очередь для увеличения объемной скорости кровотока необходимо увеличить минутный объем кровотока и осуществить дифференцированное изменение просвета сосудов — расширив их в активно работающих и сузив в других тканях. Эти изменения при физической нагрузке достигаются за счет развития к ней приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы, которые могут оцениваться по показателям временной динамики частоты сокращений сердца (ЧСС), величин артериального давления (АД) крови.

Известно, что при недостаточной доставке кислорода к работающим мышцам (при исчерпании резервов гемокардиореспираторной системы), в них осуществляется переход на анаэробный путь образования АТФ, следствием чего является накопление в мышечных клетках большого количества молочной кислоты (лактата) и выход лактата в кровь, где его концентрация начинает повышаться. Таким образом, при выполнении интенсивной физической нагрузки может наблюдаться повышение уровня лактата в крови до 4 ммоль/л или до 50 мг% (порог анаэробного обмена), а определение уровня лактата проводится на практике в качестве одного из показателей исчерпания резервов гемокардиореспираторной системы по доставке кислорода в ткани.

Состояние функции сердечно-сосудистой системы при непродолжительной физической нагрузке

Характер приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке зависит не только от ее интенсивности и продолжительности, но и от типа физической нагрузки (табл. 16).

Исходя из типов мышечного сокращения выделяют несколько типов физических упражнений: статические (изометрические), динамические или локомоторные (изотонические), резистивные (сочетание изометрического и изотонического).

Изотонические упражнения, сопровождаемые движением, прежде всего повышают нагрузку объемом (преднагрузку) на миокард левого желудочка и эта нагрузка пропорциональна массе работающих мышц и интенсивности физической нагрузки. Изометрические упражнения, не сопровождаемые движением, скорее создают нагрузку на миокард левого желудочка давлением (постнагрузку), чем объемом. Если в случае изотонической нагрузки, в соответствии с законом Франка–Старлинга, создаются условия для повышения ударного объема сердца, то при изометрической нагрузке ударный объем существенно не растет, но миокарду приходится преодолевать повышенное

сопротивление кровотоку, которое создается повышенным трансмуральным давлением, ограничивающим кровоток в активных мышцах, сокращающихся в изометрическом режиме.

Таблица 16

Классификация интенсивности физической нагрузки

Интенсивность	Физическая нагрузка на выносливость						Силовой тип физической нагрузки
	Относительная интенсивность		Абсолютная интенсивность у здоровых различного возраста, МЕТ				
	Потребление O ₂ в мин. в % от МПК	ЧСС от максимальной в %	Молодой 20–39	Средний 40–64	Пожилой 65–79	Старческий >80	Величина в % максимального произвольного сокращения мышц
Очень легкая	< 20	< 35	< 2,4	< 2,0	< 1,6	< 1,0	< 30
Легкая	20–39	35–54	2,4–4,7 4,8–7,1	2,0–3,9	1,6–3,1	1,1–1,9	30–49
Средняя	40–59	55–69	7,2–10,1	4,0–5,9	3,2–4,7	2,0–2,9	50–69
Тяжелая	60–84	70–89	≥ 10,2	6,0–8,4	4,8–6,7	3,0–4,25	70–84
Очень тяжелая	≥ 85	≥ 90	12,0	≥ 8,5	≥ 6,8	≥ 4,25	≥ 85
Максимальная *	100	100		10,0	8,0	5,0	100

* Максимальные значения — это значения, достигаемые молодыми здоровыми испытуемыми при физической нагрузке максимальной интенсивности мужчин; эти же значения для здоровых женщин того же возраста на 1–2 МЕТ ниже

В начале осуществления физической нагрузки (в вертикальном положении тела) минутный объем кровотока (МОК) или сердечный выброс увеличивается за счет увеличения ударного объема (в соответствии с законом Франка–Старлинга) и частоты сокращений сердца. В более поздний период физической нагрузки увеличение МОК обусловлено, главным образом, повышением частоты сокращений сердца.

При выполнении субмаксимальных физических нагрузок в течение нескольких минут, когда еще не достигнут порог вентиляции (смотри далее), у здоровых людей наблюдается установившееся состояние, которое характеризуется поддержанием на адекватных нагрузке постоянных уровнях ЧСС, МОК, АД крови и легочной вентиляции (рис. 3, 4).

При выполнении напряженной физической нагрузки тонус симпатической нервной системы быстро повышается, а парасимпатической — падает. Это сопровождается вазоконстрикцией в большинстве сосудистых областей тела, исключая сосуды работающих мышц, мозга и коронарные сосуды. Общее периферическое сопротивление кровотоку уменьшается, но систолическое артериальное давление, среднее артериальное давление и пульсовое давление

обычно повышаются за счет увеличения МОК. Диастолическое кровяное давление у здорового человека может оставаться неизменным или уменьшиться в минимальной степени.



Рис. 3. Изменения показателей кровообращения у здоровых людей различного возраста при выполнении кратковременной, возрастающей нагрузки и после нее

МОК у здорового взрослого человека при напряженной физической нагрузке, выполняемой в вертикальном положении, может увеличиваться в 4–6 раз выше уровня, соответствующего условиям основного обмена. Величина максимальной МОК зависит от генетических особенностей организма и уровня тренированности человека.

Сосудистая сеть легких может приспособливаться к 6-кратному увеличению МОК без значительного увеличения давления крови в легочной артерии. У здоровых людей легочный кровоток не является детерминантой ограничения пиковой работоспособности.

В посленагрузочный период показатели гемодинамики у здорового возвращаются к показателям характерным для состояния покоя в течение нескольких минут. Время возврата частоты сокращений сердца и других показателей гемодинамики определяются скоростью реактивации тонуса парасимпатической нервной системы (блуждающего нерва): она выше у хорошо тренированных атлетов, но может быть замедленной у нетренированных и(или) больных сердечно-сосудистыми, легочными и некоторыми заболеваниями крови.

Таким образом, оценивая, какие достигаются абсолютные величины ЧСС, систолического и диастолического давления крови и какова динамика этих показателей функции сердечно-сосудистой системы, при установленных величинах возрастающей физической нагрузки, можно охарактеризовать как эта система реагирует на физическую нагрузку и при каких нагрузках ее резервы могут быть исчерпаны. В общем случае, чем при более низких уровнях физической нагрузки достигаются наиболее высокие значения ЧСС, систолическое АД

крови, тем меньшими функциональными возможностями и резервами располагает сердечно-сосудистая система по отношению к физическим и другим видам нагрузок (психоэмоциональным, фармакологическим, токсическим и т. д.).

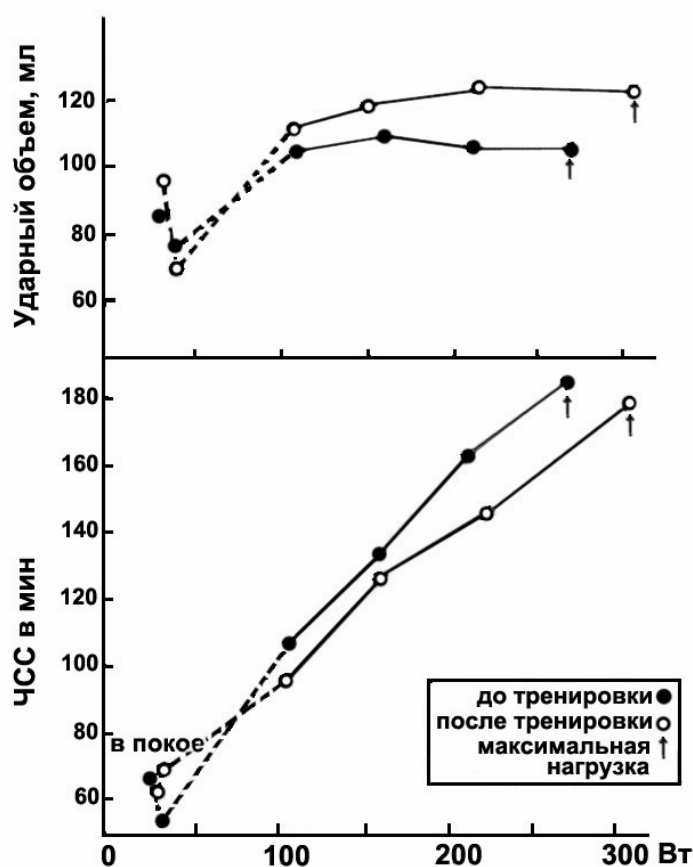


Рис. 4. Нормальные величины ударного объема (УО) и ЧСС мужчин среднего возраста в условиях покоя и при субмаксимальной и максимальной физической нагрузке до и после физических тренировок

Известно, что величина работы миокарда, как мышечной ткани, а следовательно и его собственная потребность в кислороде, пропорциональны прежде всего ЧСС; величине постнагрузки, определяемой значением $АД_{сист}$, а также величине преднагрузки и повышению сократимости, обусловленному действием на миокард катехоламинов. Поэтому на практике, кроме определения при физической нагрузке отдельно ЧСС и величин АД крови, оказалась полезной для оценки функции сердечно-сосудистой системы и ее резервов расчетная величина в виде произведения $ЧСС \cdot АД_{сист}$ — важнейшая детерминанта работы миокарда (рис. 5). В общем случае, чем при более низких уровнях физической нагрузки достигается наиболее высокое значение этого произведения, тем меньшими функциональными возможностями и резервами располагает сердечно-сосудистая система по отношению к физическим и другим видам нагрузок (психоэмоциональным, фармакологическим и т. д.).

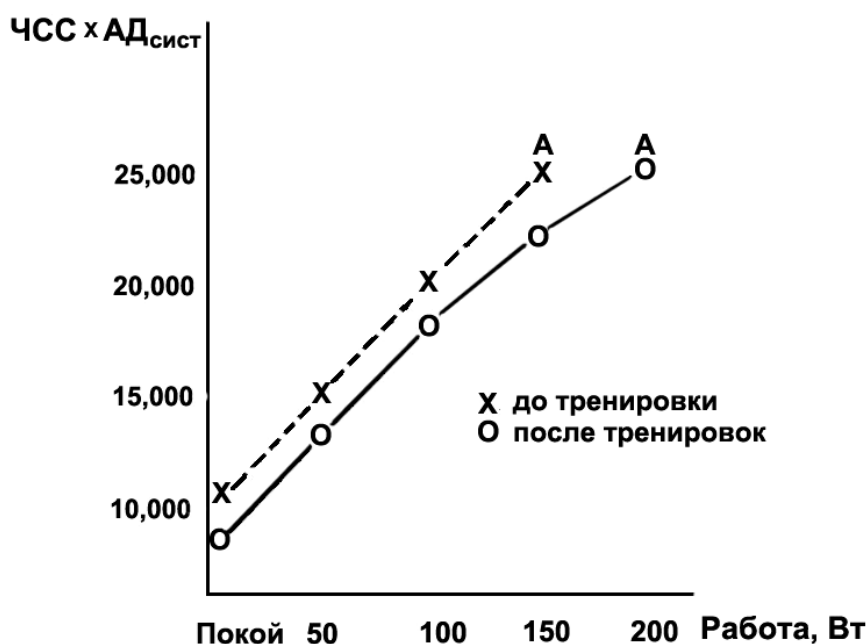


Рис. 5. Изменение двойного произведения при физической нагрузке до и после физических тренировок у больных стенокардией (A-angina)

На практике, для оценки уровня физической работоспособности и состояния функции сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке, проводятся тесты с физической нагрузкой, в ходе которых определяются ЧСС, абсолютные значения и динамика изменения АД крови (велоэргометрия, ходьба по бегущей дорожке — тредмил-тест, степ-тест, PWC-170 и др.). Кроме того, для более детальной оценки состояния функции гемокಾರдиореспираторной системы и уровня физической работоспособности при выполнении этих тестов оценивается динамика поглощения организмом кислорода, выделения углекислого газа и контролируются ЭКГ показатели работы сердца.

Состояние функции внешнего дыхания (вентиляции легких) при непродолжительной физической нагрузке

У здорового человека минутный объем дыхания (МОД), как один из показателей вентиляции легких, возрастает с 6 л/мин в покое до уровня 100–150 л/мин, а в экстремальных случаях, у хорошо тренированных, может возрастать до 200 л/мин. Если при низких уровнях физической нагрузки отмечается линейный характер зависимости МОД от величины нагрузки, то при высоких величинах нагрузки эта зависимость приобретает экспоненциальный характер. Существование такой нелинейной зависимости между вентиляцией легких и величиной физической нагрузки не позволяет столь эффективно использовать на практике показатели вентиляции для оценки физической работоспособности человека, как это можно сделать в случае использования показателей функции сердечно-сосудистой системы.

Имеется положительная корреляция между величинами максимального МОД и максимального поглощения кислорода (МПК). Но и в этом случае, так как между данными показателями отсутствует тесная зависимость, то по вели-

чине МОД нельзя с уверенностью предсказать величину МПК. Так, например, если в состоянии покоя и невысокой физической нагрузке МОД равен 20–25 л на 1 л потребляемого кислорода, то при тяжелой физической нагрузке МОД составляет уже 30–35 л на 1 л потребляемого кислорода. Существуют существенные возрастные и половые особенности изменения вентиляции при физической нагрузке. Так, у детей 10-летнего возраста при легкой физической нагрузке, МОД составляет около 30 л на 1 л потребляемого кислорода, а при тяжелой для них нагрузке он возрастает уже до 40 л на 1 л потребляемого кислорода. Резервные возможности вентиляции легких максимальны в возрасте 15–20 лет у женщин и 20–25 лет у мужчин и постепенно понижаются с возрастом.

Один из факторов, ограничивающий резервные возможности вентиляции легких при тяжелой физической нагрузке, — возрастание работы и развитие усталости дыхательной мускулатуры при повышении нагрузки. Работа дыхательных мышц затрачивается на преодоление эластического сопротивления тканей легких и грудной клетки, аэродинамического сопротивления потоку воздуха в воздухопроводящих путях и силы тяжести самой грудной клетки. При спокойном дыхании на работу дыхательных мышц затрачивается 0,5–1,0 мл кислорода на литр вентилируемого воздуха. При усилении вентиляции существенно возрастает величина аэродинамического сопротивления потоку воздуха в дыхательных путях и кислородная стоимость вентиляции прогрессивно увеличивается. Так, при тяжелой физической нагрузке на работу дыхательных мышц уже затрачивается более 10 % от общего потребления кислорода организмом.

На практике для характеристики работоспособности и состояния функции респираторной системы принято определять порог вентиляции. Порог вентиляции представляет собой точку на графике, отражающем зависимость МОД от величины физической нагрузки, в которой вентиляция резко возрастает, несмотря на линейное увеличение поглощения кислорода и работы. В общем случае, чем ниже величина вентиляторного порога испытуемого, тем ниже физическая работоспособность его организма. В большинстве случаев, вентиляторный порог — высоко воспроизводимый, хотя он может не быть достигнут или легко идентифицирован у некоторых испытуемых и больных, особенно тех, которые имеют очень низкую работоспособность.

Максимальное поглощение кислорода (МПК), как интегральный показатель функции гемокардиореспираторной системы

Поглощение кислорода испытуемыми быстро увеличивается, когда повышается интенсивность выполнения ими динамических физических упражнений. В начальном периоде, примерно после 2-й мин выполнения физической нагрузки интенсивностью ниже порога вентиляции, поглощение кислорода может оставаться относительно постоянным. При повышении нагрузки до некоторого более высокого значения поглощение кислорода испытуемым может достигнуть максимального значения. Максимальное потребление кислорода (МПК) — это самое большое количество кислорода, которое человек может поглощать из вдыхаемого воздуха при выполнении динамической физической на-

грузки, выполняемой с участием большей части мышечной массы тела. МПК эквивалентно количеству кислорода транспортируемого к тканям кровью и используемого для обеспечения метаболизма клеток.

МПК эквивалентен произведению достигнутой максимальной насосной функции сердца или МОК на максимальную артериовенозную разницу содержания кислорода. Поскольку МОК эквивалентен произведению ударного объема на частоту сокращений сердца, и поскольку ударный объем может возрастать лишь до определенного уровня (2–3 раза), то МПК прямо пропорционально частоте сокращений сердца. Максимальная артериовенозная разница содержания кислорода, возрастающая при физической нагрузке, имеет физиологический предел от 15 % до 17 объемных %; и, следовательно, если максимальная нагрузка достигнута, показатель МПК можно использовать для оценки МОК и насосной функции сердца.

МПК рассматривается одним из лучших показателей оценки физической работоспособности, а также оценки состояния функции сердца при выполнении физической нагрузки. Однако трудно точно предсказать отношение величин МПК к выполняемой нагрузке для конкретного человека и возраста, поскольку имеется существенный разброс и низкая корреляция между этими показателями. Величину МПК оказалось удобным выражать в форме, кратной величине потребления кислорода в условиях покоя, получившей название метаболического эквивалента (МЕТ). Один метаболический эквивалент — единица потребления кислорода в условиях покоя и составляет около 3,5 мл кислорода на 1 кг массы тела за 1 мин. МПК зависит от возраста, пола, физической тренированности, наследственности и клинического статуса сердечно-сосудистой системы.

Возраст

Наибольшее значение МПК характерно для лиц от 15 до 30 лет, а с возрастом оно прогрессивно понижается. В 60 лет среднее значение МПК составляет около 2/3 от МПК в возрасте 20-ти лет. Снижение МПК составляет около 1 % в год как для спортсменов, так и нетренированных (табл. 17).

Пол

Более низкий МПК у женщин (табл. 17) обусловлен меньшей мышечной массой их тела, более низким уровнем гемоглобина и меньшим объемом крови, а также меньшим МОК по сравнению с мужчинами.

Таблица 17

Нормальные величины максимального потребления кислорода
в различном возрасте

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
20–29		
мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹	43±7,2	36±6,9
МЕТ	12	10
30–39		
мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹	42±7,0	34±6,2
МЕТ	12	10
40–49		
мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹	40±7,2	32±6,2
МЕТ	11	9

Окончание табл. 17

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
50–59 мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹ МЕТ	36±7,1 10	29±5,4 8
60–69 мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹ МЕТ	33±7,3 9	27±4,7 8
70–79 мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹ МЕТ	29±7,3 8	27±5,8 8

МЕТ — метаболический эквивалент 3,5 мл О₂ · кг⁻¹ · мин⁻¹

Физическая тренированность

Физическая активность оказывает важное влияние на МПК. После 3 недель постельного режима наблюдается снижение МПК на 25 % у здоровых людей. У умеренно активных молодых людей МПК составляет в среднем 12 МЕТ, в то время как отдельные индивидуумы, активно занимающиеся аэробными тренировками, как, например, бег на длинные дистанции, могут иметь МПК от 18 до 24 МЕТ или потребление 60–85 мл кислорода на 1 кг в 1 мин.

Наследственность

Имеется естественная вариация МПК, которая связана с неизвестными пока генетическими факторами.

Таким образом, между величиной МПК и физической работоспособностью существует тесная зависимость. Чем более высокие значения МПК (МЕТ) могут быть достигнуты во время выполнения физической нагрузки (табл. 18), тем более высокий уровень работоспособности характерен для испытуемого.

В то же время определение МПК у человека связано с рядом трудностей, риском для здоровья испытуемых и не всегда возможно. Одна из причин, ограничивающая возможность определения МПК, — риск развития ишемии миокарда при выполнении интенсивной физической нагрузки вследствие недостаточной доставки в миокард кислорода.

Таблица 18

Потребление кислорода (МЕТ) при некоторых видах физической нагрузки

Вид нагрузки	МЕТ
Чтение лежа на диване	1,0
Игра в бильярд	2,4
Игра в волейбол	2,9
Ходьба (~3 км/час)	2,5
Прогулка с собакой	3,0
Езда на велосипеде:	
(с медленной скоростью)	3,5
(со средней скоростью)	5,7
Плавание медленное	4,5
Ходьба (~6 км/час)	4,5
Ходьба (~8 км/час)	8,0

Поглощение кислорода миокардом

Поглощение кислорода миокардом прежде всего определяется величиной напряжения стенки миокарда (может быть выражено произведением давления P на объем левого желудочка LV деленным на толщину стенки H), сократимостью, ЧСС. Другие, менее важные факторы, включают внешнюю работу, выполненную сердцем, базальный уровень обмена миокарда. Точное измерение поглощения кислорода миокардом требует проведения катетеризации сердца, чтобы получить коронарную артериальную и венозную кровь и определить в них артериовенозную разницу содержания кислорода.

Поглощение кислорода миокардом может быть оценено в процессе тестирования с физической нагрузкой по произведению величин частоты сердечных сокращений на величину систолического артериального давления, которое, как уже упоминалось, называется двойным произведением или произведением частота–давление.

Имеется линейная зависимость между поглощением кислорода миокардом и коронарным кровотоком. В процессе выполнения физической нагрузки коронарный кровоток может возрасти в 4–5 раз в сравнении с состоянием покоя. Эта степень увеличения коронарного кровотока и определяет коронарный резерв сердца при физической нагрузке, а у здорового человека чаще всего резерв всей гемокордиореспираторной системы. Поэтому именно коронарный резерв кровотока наиболее часто предопределяет физическую работоспособность здорового человека. Превышение интенсивности физической нагрузки выше этого резерва сопровождается развитием ишемии миокарда.

У больных обструктивными заболеваниями коронарных сосудов, например, при атеросклерозе коронарных сосудов, часто во время физической нагрузки не может поддерживаться адекватный метаболическим потребностям миокарда кровоток, особенно в области кровотока через суженные сосуды. Следствие такого несоответствия — снижение резервных возможностей коронарного кровотока и повышение вероятности возникновения ишемии миокарда при относительно низких физических нагрузках. Ишемия миокарда возникает скорее всего при значениях двойного произведения, соответствующих определенной (например, близкой к максимальной) внешней физической нагрузке.

В общем случае, чем ниже значение физической нагрузки, при которой выявляются первые признаки развития ишемии миокарда, как показателя истощения резерва коронарного кровотока, тем ниже физическая работоспособность испытуемого.

Для определения резервных возможностей коронарного кровотока при выполнении физической нагрузки необходимо трижды регистрировать ЭКГ в 12 отведениях: в условиях покоя, перед проведением тестирования и в процессе выполнения физической нагрузки. В некоторых случаях даже предтестовая ЭКГ может отличаться от ЭКГ покоя.

Обычно для выявления нарушений регуляции сосудов и изменений на ЭКГ одновременно и постоянно регистрируются ЭКГ и давление крови (в положении сидя при велоэргометрии) при этом особое внимание обращают на появление признаков депрессии сегмента ST.

Поскольку при проведении тестов с физической нагрузкой возможно возникновение различных осложнений, то испытуемого необходимо детально проинформировать о целях, процедуре тестирования, о возможности появления осложнений и готовности персонала оказать в таких случаях необходимую помощь. Тестирование проводится только при согласии пациента. Медперсонал, участвующий в проведении проб с физической нагрузкой, должен пройти специальную подготовку по неотложной кардиологии, а лаборатория должна быть оснащена необходимым оборудованием и медикаментами для оказания неотложной помощи.

Испытуемому нужно рассказать и обязательно продемонстрировать как выполнять физическую нагрузку.

Регистрация ЭКГ

Подготовка кожи. Наиболее важное условие для успешной регистрации ЭКГ — создание надежного электрического контакта между электродом и кожей. Очистка поверхностного слоя кожи значительно понижает сопротивление, уменьшая отношения «сигнал–шум». Области приложения электродов на коже должны быть сначала побриты, а затем протерты марлевым тампоном, смоченным в спирте.

После того, как кожа подсохнет, место контакта протирается очень грубым материалом или даже тончайшей наждачной бумагой (это должно понизить сопротивление кожи до 5000 Ом или меньше).

Электроды и провода

Множество типов электродов доступны для осуществления записи ЭКГ во время тестирования. Однако предпочтительны серебряные пластинки или серебрено-хлоридные кристаллические шарики, так как они имеют самое низкое гасящее сигнал напряжение. Надо быть осторожным в отношении использования гелей, так как они могут подсыхать, теряя свои качества.

Соединения кабелей между электродами и усилителем должны быть легкими, гибкими и надежными. Наиболее доступные коммерческие кабели сконструированы так, чтобы уменьшить артефакты при движении. Кабели имеют износостойкость около 1 года. Они в конечном счете становятся источником как электрических помех, так и нарушений контактов, и должны быть заземлены.

Поскольку высококачественная запись стандартной ЭКГ в 12 отведениях с электродами, помещенными на конечностях, не может быть получена в ходе выполнения физических упражнений, то используют другие точки размещения электродов, что сказывается на наклоне сегмента ST и его амплитуде.

Для сравнения со стандартом ЭКГ в 12 отведениях в покое электроды рук и ног должны быть перемещены с запястья и лодыжки, которые используются у субъектов в лежачем на спине положении. Различия можно минимизировать, если поместить электроды рук максимально близко к плечу насколько это возможно, а электроды ног — ниже пупка (рис. 6). Любая модификация расположения электродов должна сопровождаться предварительной контрольной записью.

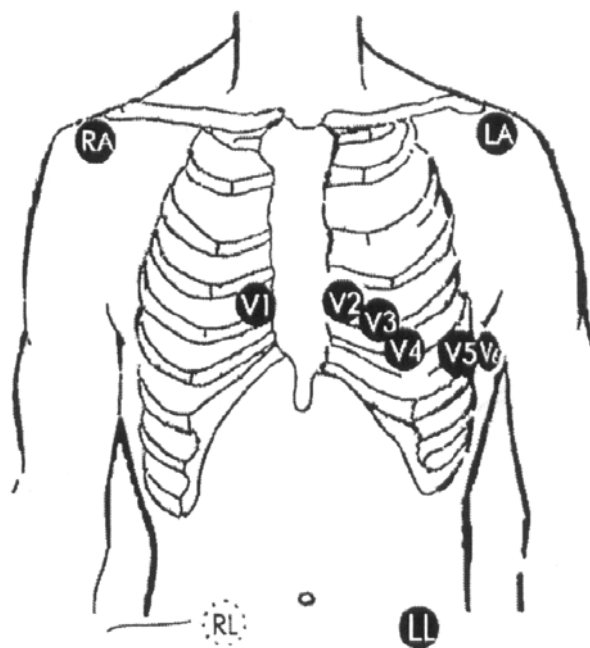


Рис. 6. Схема размещения электродов для записи ЭКГ во время физической нагрузки:
RA — правая рука; *LA* — левая рука; *LL* — левая нога; *RL* — правая нога (корпус прибора);
V₁–V₆ — грудные электроды

Относительная чувствительность отведений

Боковые грудные отведения (с *V₄* по *V₆*) дают возможность обнаружения 90 % всех случаев депрессий ST, наблюдаемых при множественных отведениях ЭКГ. Смещение ST кверху наблюдается редко, и его выраженное смещение в этом направлении может быть обусловлено трансмуральной ишемией миокарда, которая чаще диагностируется в отведениях *V₂* и *aVF* и в *V₅*.

Регистраторы

Есть много хороших регистраторов, предназначенных для высококачественной записи ЭКГ в ходе выполнения физической нагрузки. Многие из них снабжены микропроцессорами для усреднения зубцов ЭКГ и их измерения. Но врач должен сравнить сырые аналоговые данные с данными машинного анализа, чтобы убедиться в их точности. Компьютерная обработка еще не полностью надежна из-за ограничений программного обеспечения в обработке шумов и несоответствия доступных алгоритмов.

Оборудование и протоколы

Для детализации процедуры тестирования и соответствия оборудования этим требованиям читатель должен обратиться к специальным руководствам по тестированию физической работоспособности.

Протоколы нагрузочных тестов

Подготовка испытуемого

Испытуемого надо проинструктировать, чтобы он не принимал пищу и не курил за 3 ч перед тестированием. Вода может быть принята, если необходимо, в любое время. Испытуемые должны быть одеты и обуты соответственно для

выполнения предстоящей физической нагрузки. Никакой необычной физической нагрузки не должно выполняться, по крайней мере, за 12 ч до тестирования.

Если тестирование осуществляется для диагностических целей, надо решить вопрос о возможности отмены приема лекарств (особенно β -адреноблокаторов), так как некоторые из них уменьшают ответные реакции на нагрузку и затрудняют интерпретацию полученных результатов.

Нет каких-либо формальных указаний по вопросам ограничения приема лекарств, но надо помнить, что при резком прекращении приема некоторых лекарств (β -адреноблокаторы) может наблюдаться явление рикошета — появление признаков ишемии бывшей до их приема, например, у больных с недавней острой коронарной недостаточностью. Однако большинство испытуемых проходит тестирование на фоне обычного проводимого лечения. Важно провести специальный опрос для выяснения, какие препараты были приняты, чтобы исключить возможные расстройства электролитного баланса и нарушение гемодинамики, вызванные действием кардиотропных препаратов.

Должен быть собран краткий анамнез и проведено физикальное обследование испытуемого для исключения противопоказаний к тестированию или выявления важных клинических симптомов, таких, как наличие шумов сердца аритмий (ритм галопа), хрипов в легких. Испытуемые, у которых в анамнезе имеется ухудшающаяся нестабильная стенокардия или декомпенсированная недостаточность сердца не должны подвергаться тестированию до тех пор, пока их состояние не стабилизируется. При физикальном обследовании сердца необходимо выяснить, у кого из испытуемых имеется порок клапанов или врожденные заболевания сердца. Поскольку у таких испытуемых возможно развитие ненормальных гемодинамических реакций на нагрузку, то во время тестирования у них должно проводиться тщательное наблюдение за ответными реакциями, для того, чтобы своевременно прекратить тестирование если это потребуется.

Особое внимание должно быть уделено больным с повышенным давлением крови и аортальным стенозом.

Если показания для тестирования не ясны, тестирование должно быть поставлено под сомнение и надо войти в контакт с лечащим врачом данного обследуемого.

Велоэргометрия и ходьба по бегущей дорожке (treadmill) — в настоящее время наиболее часто используемые при динамическом тестировании физической работоспособности.

Велоэргометры

Электронно-управляемый велоэргометр изменяет сопротивление педалирования при различной скорости (частотно-независимые велоэргометры), таким образом позволяя лучше контролировать развиваемую испытуемым мощность работы, потому что обычно испытуемые, на фоне утомления или неспособности выполнить полученные инструкции, уменьшают скорость их педалирования. Самые высокие значения МПК и частоты сердечных сокращений получают при скоростях педалирования от 50 до 80 оборотов в минуту. Число оборотов (мощность нагрузки) калибруются в ваттах (W). Поскольку осуществле-

ние нагрузки на велоэргометре не является перемещением веса, то ватты могут быть преобразованы (конвертированы) в поглощение кислорода в миллилитрах в минуту.

МЕТ получают делением МПК в миллилитрах в минуту на произведение веса тела (в кг) $\times 3,5$. Число 3,5 — принятое значение, означающее поглощение кислорода в покое, выражающееся в миллилитрах O_2 на килограмм массы тела.

Протокол тестирования физической работоспособности на велоэргометре предусматривает проведение первоначальной низкой «разогревающей» нагрузки (обычно мощностью 10 или 25 Вт). Педальирование испытуемым не прерывается, и каждые 2–3 мин мощность выполняемой нагрузки повышается на 25 Вт до тех пор, пока не будут достигнуты симптоматические или объективные показатели для остановки тестирования или достигнуто МПК.

Велоэргометр менее дорог, чем treadmill, занимает меньше места и менее шумный. При тестировании на нем движения верхней части тела обычно ограничены, что создает условия для более легких измерений давления крови и записи ЭКГ. При проведении велоэргометрии надо проявлять осторожность, чтобы предотвратить вклад в данные изометрической или резистивной составляющих физической нагрузки за счет сокращения мышц рук при схватывании рулей.

Главное ограничение тестирования на велоэргометре — дискомфорт и усталость четырехглавых мышц ног. У неопытных субъектов усталость ног может быть причиной остановки педальирования до того, как будет достигнуто истинное максимальное поглощение кислорода. Максимальные значения поглощаемого кислорода достигаются при велоэргометрических нагрузках на 10–15% более низких, чем на treadmill.

Субмаксимальная проба с физической нагрузкой

Показания к проведению пробы включают:

- профилактические осмотры здоровых людей и проведение массовых эпидемиологических обследований населения;
- обследование при наличии неспецифических изменений ЭКГ в состоянии покоя при отсутствии или наличии атипичного болевого синдрома в грудной клетке;
- определение устойчивости к физической нагрузке лиц с диагнозом «ишемическая болезнь сердца».

Абсолютные противопоказания для проведения тестирования

- несогласие испытуемого;
- острый период инфаркта миокарда;
- нестабильная стенокардия;
- прединсультное состояние;
- выраженная недостаточность кровообращения или легочная недостаточность;
- острый тромбоз вен.

Существует ряд относительных противопоказаний для проведения тестирования, при наличии которых решение вопроса о допуске к тестированию проводится вместе с врачом-кардиологом.

Тесты с максимальной физической нагрузкой

Имеют диагностическое и дифференциально-диагностическое значение и используются для обследования практически здоровых и больных людей с сохраненной работоспособностью и имеющих симптомы, позволяющие заподозрить наличие ишемической болезни сердца. Для допуска к тестированию с максимальной физической нагрузкой используются еще более жесткие критерии отбора.

Абсолютные показания для остановки тестирования

Смещение сегмента ST (более 1,0 мм) в любых ЭКГ отведениях, кроме V1 или aVR (см. лит. ссылку 32).*

Падение систолического кровяного давления более, чем на 10 мм Hg (постоянно ниже исходного), несмотря на увеличение рабочей нагрузки, когда это сопровождается любыми другими признаками ишемии.

Умеренно-тяжелый приступ стенокардии (появление субъективного ощущения дискомфорта или боли за грудиной).

Симптомы возбуждения ЦНС (например, атаксия, головокружение или полуобморочное состояние).

Симптомы недостаточной перфузии тканей кровью (цианоз или бледность).

Устойчивая желудочковая тахикардия.

Технические трудности мониторирования ЭКГ или систолического артериального давления.

Просьба испытуемого остановиться.

Постнагрузочный период

Надо помнить, что некоторые патологические реакции встречаются только в период восстановления после проведения нагрузки. Если испытуемый чувствует себя нормально, то ему предлагают отдых в положении сидя, а во всех остальных случаях предлагается отдых в положении лежа на спине.

Охлаждающая прогулка после тестирования может задерживать или устранять появление депрессии сегмента ST и может быть показана испытуемым, у которых резкое прекращение нагрузки не сопровождалось развитием изменений ЭКГ. Контроль состояния испытуемого и запись ЭКГ должны продолжаться от 6 до 8 мин после осуществления тестирования, пока давление крови, частота сердечных сокращений и ST сегмент не вернутся до исходных значений. Приблизительно 85 % субъектов с патологическими ответными реакциями проявляют нарушения в ходе нагрузки или в пределах от 5 до 6 мин в период восстановления.

* В то же время допускается в качестве абсолютных критериев прекращения максимальной нагрузочной пробы появление одного или нескольких следующих признаков (см. лит. ссылку 29):

- 1) достижение 100 % возрастной ЧСС;
- 2) появление ишемического снижения сегмента ST на 0,2 мВ и более;
- 3) подъем сегмента ST на 0,2 мВ и более;
- 4) превышение АД сист. 250 мм рт. ст., АД диаст. 120 мм рт. ст.

Патологическая реакция ЭКГ, встречающаяся только в период восстановления, — необычна, хотя механическая дисфункция ишемизированного миокарда и электрофизиологические нарушения в нем могут наблюдаться в течение нескольких минут и даже часов после окончания тестирования. Контроль давления крови должен продолжаться в течение всего периода восстановления, потому что в этот период могут наблюдаться нарушения кровообращения и особенно гипотензия.

Изменения ЭКГ у испытуемых с нормальной ЭКГ в покое

Хотя при проведении пробы с физической нагрузкой могут изменяться многие ЭКГ показатели работы сердца (например, укорочение RR, повышение амплитуды P, укорочение PQ, изменения комплекса QRS и зубца T), но особый интерес для оценки резервов кардиореспираторной системы имеют элементы ЭКГ, наиболее чувствительные к возникновению ишемии миокарда. К ним относится положение на ЭКГ сегмента ST и его смещение относительно изоэлектрической линии.

Известно, что около 89 % всех изменений ЭКГ, выявляемых при проведении тестов с физической нагрузкой, наблюдается в отведении V₅; 96 % — в отведениях V₃–V₆, а 100 % выявляется в отведениях II, aVF и V₃–V₆. Именно в этих отведениях должна регистрироваться ЭКГ и в первую очередь в них должны анализироваться ее показатели, наиболее чувствительные к ишемии миокарда.

Сегмент ST

Сегмент ST отсчитывается от момента окончания зубца S в точке пересечения его восходящей части с изоэлектрической линией (точка J — junction — соединение) до начала зубца T. В случае отсутствия на ЭКГ зубца S положением точки J принимается пересечение нисходящего участка R с началом ST. В нормальных условиях сегмент ST обычно регистрируется на ЭКГ в виде слегка наклонной или горизонтальной линии.

Динамика изменения положения ST в точке J в процессе выполнения пробы с физической нагрузкой является наиболее информативным показателем возникновения или отсутствия ишемии, диагностики ишемической болезни и других заболеваний кардиореспираторной системы.

Величину смещения (h) сегмента ST измеряют относительно изоэлектрической линии в точке J (h_j) или исходного положения ST, если этот сегмент находился в точке J выше или ниже изолинии на ЭКГ испытуемого, записанной в покое.

Выделена и используется на практике еще одна точка сегмента ST, расположенная на нем через 0,06 с или 60 мс (по другим данным через 0,08 с) после точки J. Эта точка получила название I от слова *ishemia*. Считают, что смещение (h) ST в точке I относительно изоэлектрической линии (h_i) также отражает наличие ишемии миокарда.

Наиболее часто встречающимися типами смещения сегмента ST во время физической нагрузки являются горизонтальный (h_j = h_i), косонисходящий (h_j < h_i), косовосходящий (h_j > h_i) рис. 7 и корытообразный, когда зубец S и точка

J отсутствуют. В последнем случае глубина смещения измеряется по отношению к уровню изоэлектрической линии.

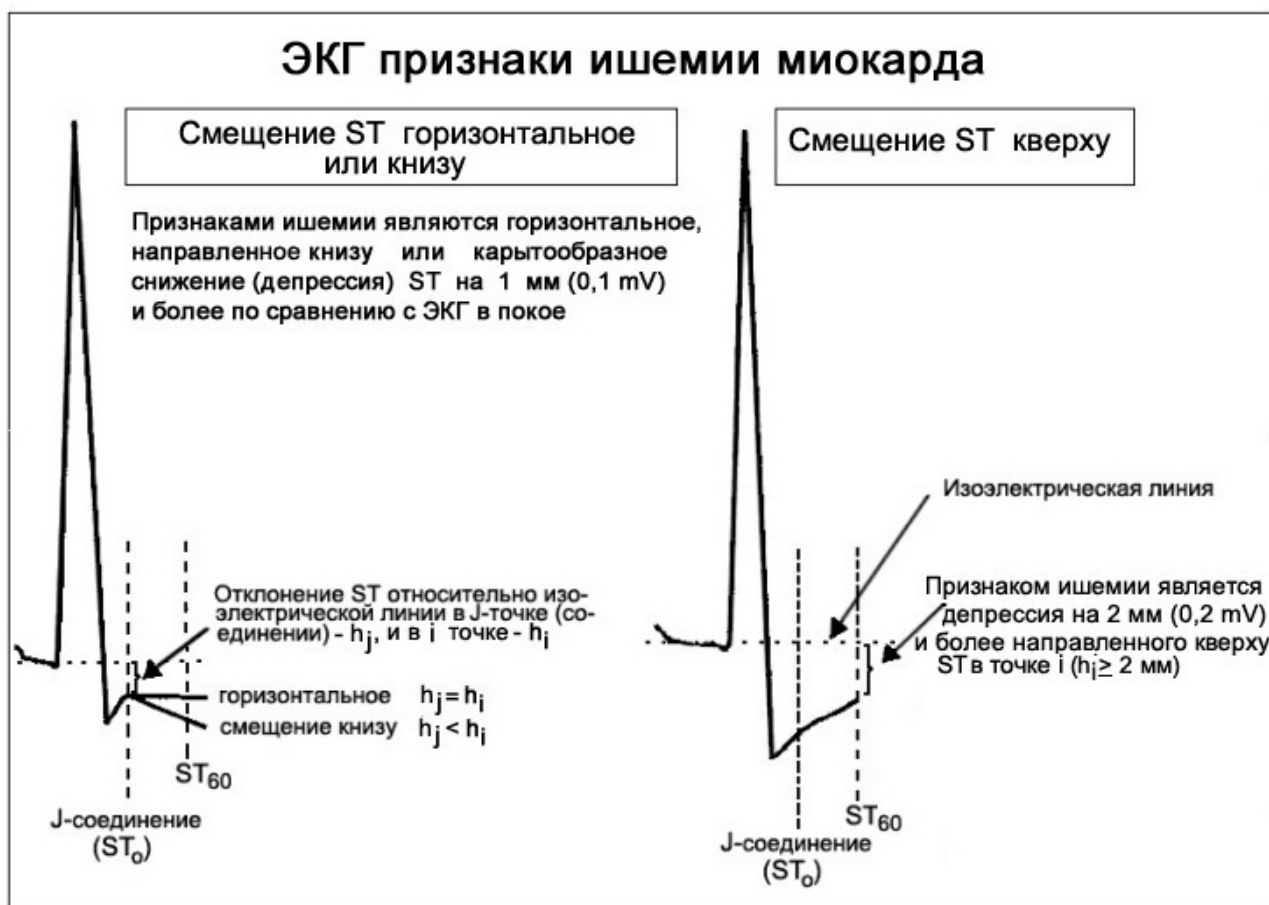


Рис. 7. Варианты отклонений положения сегмента ST при физической нагрузке в точках J и I

Кроме отмеченных на рисунке 7 ишемических показателей смещения ST книзу от изолинии ЭКГ (депрессия ST), во время физической нагрузки могут выявляться отклонения положения ST выше изолинии. При этом признаком ишемии миокарда является подъем ST над изолинией на 1 мм (0,1 mV) и более.

Как уже отмечалось, смещение ST при максимальной нагрузке наиболее выражено смещается книзу в боковых отведениях, затем оно постепенно возвращается к преднагрузочному значению в период восстановления.

Поскольку имеется линейная зависимость между поглощением кислорода миокардом и коронарным кровотоком и в процессе выполнения физической нагрузки коронарный кровоток может возрасти даже у здорового человека только в 4–5 раз в сравнении с состоянием покоя, то для каждого испытуемого имеется тот максимальный уровень физической нагрузки, при котором наступит исчерпание резерва коронарного кровотока, что на ЭКГ проявится признаками ишемии миокарда. Именно резерв коронарного кровотока наиболее часто предопределяет физическую работоспособность здорового человека.

Чем при более низкой мощности выполняемой физической нагрузки и чем быстрее от начала нагрузки будет зарегистрировано ишемическое смещение ST, тем меньший резерв коронарного кровотока у испытуемого и тем ниже его физическая работоспособность. Дополнительными критериями физической

работоспособности будут для испытуемого величина двойного произведения, ЧСС, число отведений, в которых регистрируются ишемические отклонения ST. Чем при меньшей величине двойного произведения, меньшей ЧСС и в большем числе ЭКГ отведений регистрируются ишемические отклонения ST, тем меньше физическая работоспособность испытуемого.

Изменения QRS комплекса при физической нагрузке

В ходе физической нагрузки могут выявляться изменения амплитуды и ширины зубца Q по сравнению с состоянием покоя. Если эти изменения привели к увеличению ширины зубца до 0,03 с, глубины более 1 мм в отведениях от конечностей и более 2 мм в грудных отведениях, то они могут быть следствием проходящей локальной ишемии миокарда и тестирование рекомендуется прекратить.

Во время физической нагрузки могут наблюдаться изменения амплитуды R зубца. Если амплитуда R возрастает на высоте нагрузки на более, чем на 1 мм в двух и более отведениях или снижается более, чем на 1 мм в двух и более отведениях это расценивается как проявление ишемии миокарда.

При осуществлении физической нагрузки в отведениях V₅ и aVF становится большим по глубине S-зубец (более отрицательным), достигая наибольшей отрицательности на максимуме нагрузки, и затем постепенно возвращается к показателю покоя в восстановительный период.

Зубец T

В процессе тестирования могут наблюдаться изменения амплитуды и формы зубца T. При развитии субэндокардиальной ишемии миокарда в отведениях V₄ и V₅ регистрируется высокой амплитуды, остроконечный, симметричный зубец T. Снижение амплитуды зубца T на 25 % и более может быть основанием для подозрения, что в миокарде развивается ишемия, а снижение его амплитуды на 50 %, уплощение и инверсия могут возникнуть при развитии коронарной недостаточности.

Интерпретация причин изменений на ЭКГ комплекса QRS и зубца T, выявляемых во время физической нагрузки, не столь однозначна, как ишемическая причина смещения сегмента ST, и этим изменениям пока не придается большая диагностическая значимость для определения физической работоспособности.

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 5 (24). Функциональная система питания. Пищеварение в полости рта и желудка

Цели:

- сформировать представление о роли и месте системы пищеварения в функциональной системе питания;
- изучить секреторную, моторную, всасывательную функции в ротовой полости, желудке и механизмы их регуляции.

Задачи:

- познакомиться с методами исследования функций пищеварительной системы;
- изучить нормативы показателей слюны и желудочного сока (количество, состав, физико-химические свойства, ферменты);
- уметь объяснить механизмы возбуждающие и тормозящие секрецию слюны и желудочного сока, моторику мышц ротовой полости, пищевода и желудка;
- получить представление о некоторых объективных и субъективных проявлениях нарушений секреторной и моторной функций ротовой полости и желудка.

Основные вопросы:

1. Общая характеристика функциональной системы питания, роль и место в ней процессов пищеварения.
2. Пищевые мотивации. Физиологические механизмы голода и насыщения. Аппетит.
3. Типы пищеварения в зависимости от особенностей гидролиза и его локализации.
4. Экспериментальные и важнейшие клинические методы исследования функций желудочно-кишечного тракта.
5. Пищеварительные и непиварительные функции системы пищеварения.
6. Особенности регуляции функций пищеварительной системы.
7. Пищеварение в полости рта. Слюноотделение (состав и свойства слюны), жевание, глотание. Механизмы их регуляции.
8. Пищеварение в желудке. Состав и свойства желудочного сока. Роль соляной кислоты желудочного сока. Физиологические механизмы защиты слизистой оболочки желудка от действия повреждающих факторов.
9. Механизмы регуляции секреции желудочного сока. Роль гастроинтестинальных пептидов.
10. Моторная и эвакуаторная функции желудка натощак и после приема пищи.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Назовите пищеварительные и непиварительные функции системы пищеварения.
2. Дайте определения понятиям: «голод», «аппетит», «насыщение», «булимия», «анорексия».
3. Укажите локализацию центра голода в гипоталамусе. Что наблюдается при его раздражении, разрушении?
4. В чем состоят субъективные и объективные проявления голода?

5. Какие гастроинтестинальные пептиды можно отнести к группе гормонов, паракринных факторов, нейромедиаторов?

6. В чем заключается целесообразность регуляции слюноотделения преимущественно рефлекторным механизмом, а не гуморальным? Какие медиаторы, рецепторы и вторичные посредники передают влияние парасимпатической и симпатической нервной системы на секреторные клетки слюнных желез?

7. Чем может быть вызвано обильное отделение слюны, сухость во рту? Почему при испуге, сильном волнении ощущается сухость во рту?

8. Почему во время глотания пища попадает из глотки в пищевод, а не в носовую полость и не в гортань?

9. Возможно ли глотание: а) при смазывании новокаином задней части твердого неба; б) при отсутствии пищи и слюны в полости рта?

10. Каков механизм, предотвращающий в норме забрасывание пищевого содержимого: а) из пищевода в глотку; б) из желудка в пищевод?

11. Что такое «отрыжка» и «изжога», каковы механизмы их развития?

12. Охарактеризуйте роль соляной кислоты желудочного сока в пищеварении.

13. Назовите гуморальные факторы, возбуждающие или тормозящие секрецию желудочного сока?

14. Как и почему изменится секреция HCl в желудке при блокаде H₂-рецепторов?

15. После удаления пилорической части желудка резко угнетается секреция желудочного сока. Чем это можно объяснить?

16. Назовите факторы, усиливающие выделение гастрина в желудке?

17. К каким последствиям может привести чрезмерное образование HCl в желудке? Какие воздействия в этом случае могут вызвать позитивный результат?

18. Какие нарушения пищеварительных функций могут возникать при недостаточном содержании (или отсутствии) соляной кислоты в желудочном соке (1, 2, 3)?

19. Какие физиологические механизмы защищают слизистую оболочку желудка от действия повреждающих факторов (1, 2, 3, 4)?

20. Каким образом простагландины осуществляют защиту слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки от действия повреждающих факторов?

21. Какие факторы и как влияют на скорость эвакуации содержимого желудка в 12-перстную кишку?

22. Какие ощущения и необычные проявления функций ЖКТ должны настораживать человека и являться причиной обращения к врачу?

Нормативы

Слюна:

Количество в сутки — 500–2000 мл.

Удельный вес — 1,002–1,020.

pH = 5,6–7,6.

Желудочный сок:

Объем желудочного сока натощак не более 50 мл.

Натощак: общая кислотность — до 40 ммоль/л, свободная HCl — до 20 ммоль/л.

Базальная секреция желудка: общая кислотность — 40–60 ммоль/л, свободная HCl — 20–40 ммоль/л.

Количество желудочного сока, вырабатываемого в сутки — 2–3 л.

Удельный вес желудочного сока — 1,004–1,010.

pH чистого желудочного сока — 1,49–1,8.
pH желудочного содержимого — 6,0 и более.

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. 82–85 практикума).
2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 337–371.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 356–412.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 2. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 447 с. С. 4–56.
5. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 386–422, 446–450.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 3 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. С. 740–762.
2. *Физиология человека* : учеб. для высших учебных заведений / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 323–354.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 5.1. ПЕРЕВАРИВАНИЕ КРАХМАЛА ФЕРМЕНТАМИ СЛЮНЫ ЧЕЛОВЕКА

В слюне содержатся амилолитические ферменты — амилаза и мальтаза. Оптимум их действия находится в пределах нейтральной реакции среды при нормальной температуре тела (при 37°C).

Материалы и оборудование: термостат или водяная баня с температурой 37–38°C, спиртовка, штатив с пробирками, пипетки, маленькая воронка, слюна человека, 1 %-ный раствор вареного крахмала, 1 %-ный раствор сырого

крахмала, растворы 3 %-н Nuha_-_W_tvoq_angel.mp3 ого йода или Люголя, 0,5 %-ный раствор HCl, лакмусовая бумага, стеклограф, лед или холодильник, дистиллированная вода.

Ход работы. Собирают слюну с помощью капсулы или естественным путем, выпуская ее через воронку в пробирку. Для постановки опыта необходимо около 5 мл слюны. Нумеруют пробирки, ставят их в штатив и в каждую пробирку отмеривают по 1 мл слюны. Затем в первую пробирку добавляют 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; вторую пробирку осторожно нагревают на спиртовке до кипения, охлаждают и добавляют 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; в третью добавляют 0,5 %-ный раствор HCl до появления стойкого окрашивания лакмусовой бумаги и 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала; в четвертую — 3 мл 1 %-ного раствора сырого крахмала; в пятую — 3 мл 1 %-ного раствора вареного крахмала.

Первые четыре пробирки помещают в термостат или водяную баню при температуре 37–38°C; пятую пробирку ставят в холодильник или стакан со льдом. Через 30 мин содержимое всех пробирок исследуют на наличие крахмала. Содержимое пробирок, в которых присутствует крахмал, при добавлении 1–2 капель раствора Люголя приобретает синий цвет.

Результаты работы и их оформление:

1. Результаты эксперимента внесите в таблицу 19.
2. Проанализировав результаты опыта, объясните, почему содержимое пробирок при добавлении раствора Люголя приобретает различную окраску.

Таблица 19

№ пробирок	Содержимое пробирок	Цвет содержимого пробирок после добавления раствора Люголя	Результаты опытов
1	1 мл слюны +		
2	3 мл вареного крахмала		
3	1 мл прокипяченной слюны + 3 мл вареного крахмала		
4	1 мл слюны + 0,5 %-ный раствор HCl + 3 мл вареного крахмала		
5	1 мл слюны + 3 мл сырого крахмала		
	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала		

3. Ответьте на вопрос. Как повлияло на ферментативные свойства слюны:
 - нагревание слюны;
 - сдвиг pH слюны в кислую сторону;
 - охлаждение слюны?

Работа 5.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

За сутки у человека выделяется 2–2,5 л желудочного сока. К его основным компонентам относятся: соляная кислота, необходимая для создания оптимального значения pH среды, и протеолитические ферменты (пепсин, гастриксин, реннин). Не менее 95 % протеолитической активности желудочного сока обеспечивается пепсином и гастриксином. Кроме того, в желудочном соке имеется липаза, расщепляющая жиры.

Материалы и оборудование: водяная баня или термостат, спиртовка, штатив с пробирками, пинцет, натуральный желудочный сок, фибрин или мышцы лягушки (лучше вареные), 0,5 %-ный раствор HCl, 0,5 %-ный раствор NaHCO₃, стеклогрф, лакмусовая бумага.

Ход работы. Нумеруют четыре пробирки и наливают: в первую пробирку 2 мл желудочного сока; во вторую — 2 мл желудочного сока и кипятят его на спиртовке; в третью — 2 мл желудочного сока и добавляют раствор соды до получения слабощелочной реакции (до синеватого окрашивания

красной лакмусовой бумаги); в четвертую — 2 мл 0,5 %-ного раствора HCl. Во все пробирки кладут одинаковое количество фибрина (0,1–0,3 г) и помещают их на 30–40 мин в водяную баню или термостат при температуре 38°C.

Результаты работы и их оформление. Через 30–40 мин пробирки извлекаете из термостата и определите, как изменились кусочки фибрина во всех пробирках. Результаты опыта занесите в таблицу 20.

Таблица 20

№ пробирки	Содержимое пробирки	Состояние кусочков фибрина	Причины изменения фибрина в пробирках
1	2 мл желудочного сока + фибрин		
2	2 мл кипяченого желудочного сока + фибрин		
3	2 мл желудочного сока + раствор NaHCO ₃ + фибрин		
4	2 мл 0,5 %-ного раствора HCl + фибрин		

Работа 5.3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛУДКА У ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОГАСТРОГРАФИИ

Электрогастрографический метод позволяет зарегистрировать на бумажный носитель с помощью фотогальванометрического усилителя в полосе частот от 0,02 до 0,08 Гц изменение медленного компонента электрической активности мышц желудка поверхностными электродами и оценить состояние моторной и эвакуаторной функций желудка в норме и при заболеваниях желудочно-кишечного тракта. В наполненном пищей желудке возникают три основных вида движений: перистальтические волны, быстрые монофазные высокоамплитудные сокращения антральной зоны и тонические сокращения большой амплитуды и длительности от 1 до 5 мин. Характер моторики желудка обусловлен видом пищи, глубиной предварительной обработки, тщательностью пережевывания, сроком после приема пищи, быстротой опорожнения кишечника от химуса, рефлекторными и гуморальными влияниями на пейсмекер желудка. У большинства практически здоровых людей регистрируется нормокинетический тип перистальтических волн желудка (частота биопотенциалов (n) = 3 импульс/мин, средняя амплитуда (A_{cp}) = 0,2–0,4 мВ). При некоторых заболеваниях, когда наблюдается повышение тонуса гладких мышц и увеличение секреции HCl, отмечается гиперкинетический тип ЭГГ ($n \geq 4$ импульс/мин, $A_{cp} > 0,4$ мВ), а при понижении тонуса мышц и секреции HCl — гипокинетический тип ($n < 2$ импульс/мин, $A_{cp} < 0,2$ мВ).

Материалы и оборудование. Для выполнения работы необходимы электрогастрограф (ЭГС-4М), два серебряных электрода-присоски одинаковой

площади, электропроводящая паста, кушетка, стул, простыня, одеяло, ватно-марлевые салфетки и 70 %-ный раствор этанола.

Ход работы. Перед исследованием ЭГГ по методу М.А. Собакина выясняют, «что» и «когда» ел пациент. Испытуемому предлагают лечь спиной на кушетку и расслабиться. Кожу в местах наложения электродов обезжиривают спиртом, а затем смазывают ее электропроводящей пастой. Активный электрод фиксируют на средней линии кожи живота на расстоянии одной трети от мечевидного отростка до пупка и подключают его к входу «+» прибора. Индифферентный электрод фиксируют на внутренней поверхности голени правой ноги и подключают его к входу «-» прибора. Категорически запрещается заземлять пациента (!). После компенсации «0» и калибровки прибора (200 мкВ/10 мм) переключатель рода работ устанавливают в положение ЭГГ и в течение 10 мин регистрируют медленный компонент потенциалов гладких мышц со скоростью 10 мм/мин. После регистрации ЭГГ переключатель рода работ следует установить на «0».

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте электрогастрограмму или вклейте ее отрезок.

2. Проанализируйте ЭГГ. Калибровка: 1 деление на диаграмме по вертикали (4 мм) = 0,1 мВ, а по горизонтали (10 мм) = 1 мин.

Частота перистальтических волн = ___ импульс/мин, а средняя амплитуда $A_{cp} = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) / n =$ ___ мкВ.

3. Сопоставьте полученную ЭГГ с образцами ЭГГ, записанными через различные сроки после приема пищи (табл. 21).

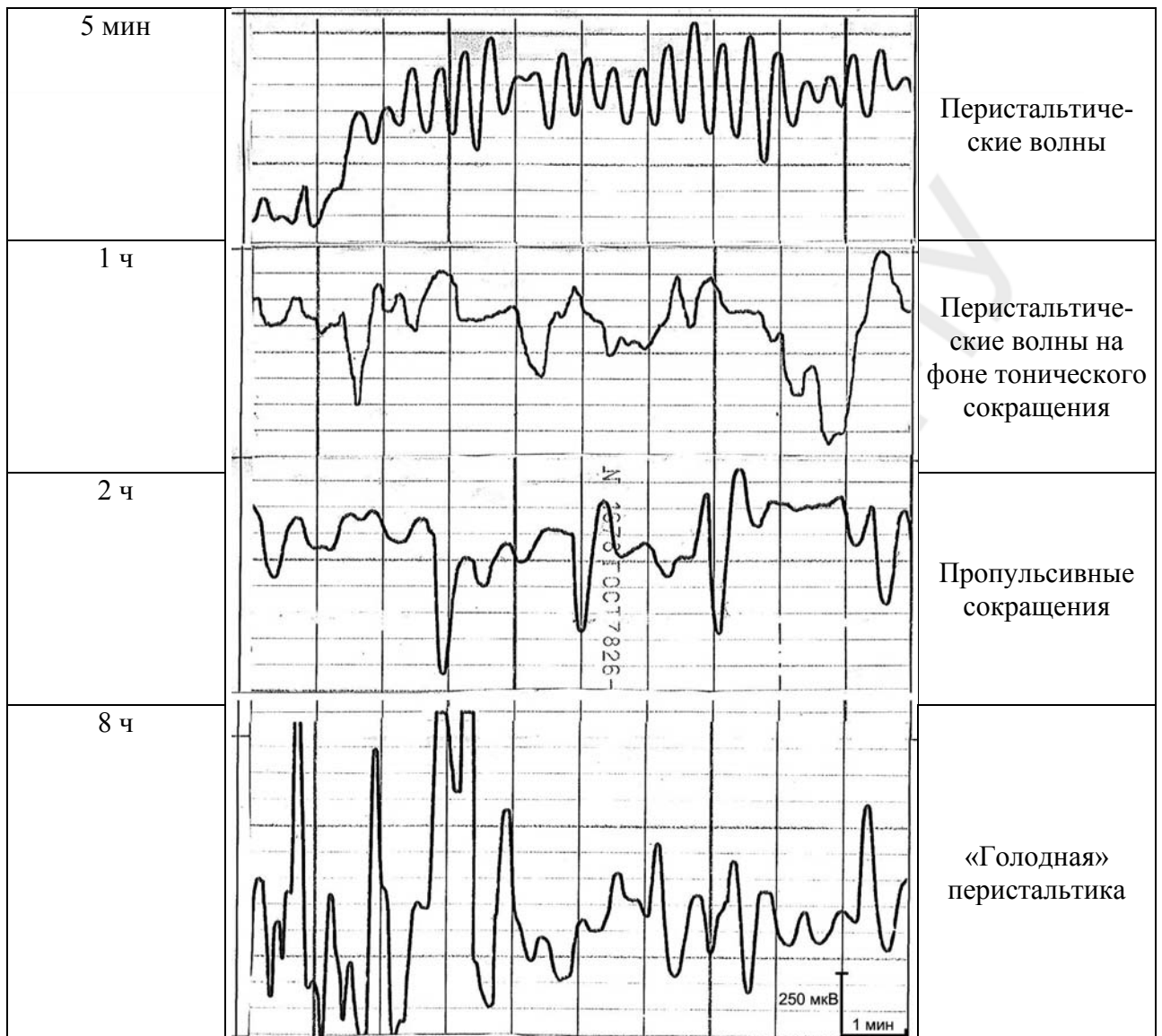
Результаты. В покое при частоте импульсов _____ в мин средняя амплитуда потенциалов мышц (перистальтических волн) желудка равна _____.

Вывод. Тип перистальтики желудка: нормо-, гипер- или гипокинетический (нужное подчеркнуть).

Таблица 21

Примеры электрической активности мышц желудка по данным электрогастрографии у здоровых людей в возрасте 20 лет в различные сроки после приема пищи

Время регистрации ЭГГ после приема пищи	Электрогастрограммы. Калибровка: амплитуда — 10 мм по вертикали = 250 мкВ, скорость регистрации — 10 мм по горизонтали = 1 мин	Примечание
---	--	------------



ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 6 (25). Пищеварение в тонком и толстом кишечнике. Роль поджелудочной железы и печени в пищеварении

Цели:

- изучить секреторную, моторную и всасывательную функции в тонком и толстом кишечнике и механизмы их регуляции;
- изучить роль и участие в пищеварении поджелудочной железы и печени.

Задачи:

- изучить нормативы показателей сока поджелудочной железы, желчи, сока тонкого и толстого кишечника (количество, состав, физико-химические свойства, ферменты);
- уметь объяснить: а) механизмы, возбуждающие и тормозящие секрецию сока поджелудочной железы, желчи, кишечных соков и моторику тонкого и толстого кишечника; б) полостное и пристеночное пищеварение; в) соотношение рефлекторных, гуморальных и местных механизмов регуляции перечисленных функций.

Основные вопросы:

1. Пищеварение в 12-перстной кишке. Роль поджелудочной железы в пищеварении. Состав и свойства сока поджелудочной железы.
2. Механизмы регуляции секреции сока поджелудочной железы.
3. Состав и свойства желчи, ее участие в процессах пищеварения.
4. Механизмы регуляции желчеобразования и желчевыделения натощак и после приема пищи.
5. Пищеварение в тощей и подвздошной кишке. Состав и свойства кишечного сока.
6. Механизмы регуляции кишечной секреции.
7. Полостной и мембранный гидролиз питательных веществ.
8. Всасывание продуктов гидролиза жиров, белков и углеводов в различных отделах пищеварительного тракта, его механизмы. Сопряжение гидролиза и всасывания.
9. Моторная функция тонких кишок и ее регуляция.
10. Пищеварение в толстом кишечнике. Значение для организма микрофлоры толстого кишечника.
11. Моторная функция толстого кишечника. Дефекация.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Назовите гуморальные стимуляторы (1, 2, 3, 4) и ингибиторы (1, 2, 3, 4) панкреатической секреции.
2. Как изменяется секреция сока поджелудочной железы при питании преимущественно пищей, богатой: 1) белками; 2) жирами; 3) углеводами?

3. Чем объяснить, что процесс желчеобразования идет непрерывно, хотя желчевыделение происходит периодически, главным образом, в связи с приемом и перевариванием пищи?
4. Каким образом желчь участвует в смене желудочного пищеварения на кишечное (1, 2, 3)?
5. Какие гуморальные факторы и пищевые вещества стимулируют желчеобразование?
6. Почему при недостаточном поступлении желчи в 12-перстную кишку у больного наблюдается «жирный стул»?
7. Каким образом цвет мочи и кала связан с желчеотделением?
8. Назовите факторы, способствующие образованию желчных камней.
9. Какие свойства желчи обеспечивают ее стабильное состояние?
10. Какую роль играет фермент энтерокиназа в пищеварении? Где образуется? Чем стимулируется его образование?
11. Назовите химические стимуляторы кишечной секреции при местном воздействии.
12. Какова биологическая целесообразность торможения секреции кишечного сока при приеме пищи?
13. Какие нейромедиаторы синтезируются и секретируются клетками собственной (энтеральной) нервной системы кишечника?
14. Какие гастроинтестинальные пептиды стимулируют секрецию кишечного сока, тормозят секрецию кишечного сока?
15. Каков физиологический смысл такого явления, как возбуждение моторики данного участка кишки при раздражении проксимальных участков ЖКТ и торможение моторики при раздражении дистальных участков?
16. Опишите механизмы миогенной регуляции моторики тонких кишок.
17. Какую по физическим свойствам и химическому составу пищу рекомендуют при вялой моторике кишечника?
18. Почему после пересечения вегетативных нервов, иннервирующих толстую кишку, ее двигательная активность существенно не изменится?
19. Чем объяснить, что при наличии бактерий в полости кишечника пристеночное пищеварение протекает в стерильных условиях?
20. Какие механизмы транспорта используются при всасывании веществ в тонком кишечнике?
21. В чем суть сопряжения процессов пищеварения и всасывания?
22. Перечислите основные функции микрофлоры толстого кишечника.

Нормативы

Желчь пузырная:

Количество в сутки — 500–1200 мл.

Удельный вес — 1,011–1,032.

pH = 5,6–8,0.

Сок тонкого кишечника:

Количество в сутки — около 1000 мл.

pH = 5,05–7,07.

Сок поджелудочной железы:

Количество в сутки — 1500–2500 мл.

pH = 7,5–8,8.

Желчь печеночная:

Удельный вес — 1,008–1,015.

pH = 6,2–8,5.

Сок толстого кишечника:

Кол-во в сутки — 270–1550 мл.

pH = 6,1–7,31.

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. 84–86 практикума).
2. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 371–398.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 412–447.
4. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 2. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 447 с. С. 56–93.
5. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 422–446.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 3 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. С. 763–783.
2. *Физиология человека* : учеб. для высших учебных заведений / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 354–374.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 6.1. Влияние желчи на жиры

Расщепление жиров кишечным соком в значительной степени облегчается содержанием в нем желчи. Выполняя многочисленные функции в пищеварительном тракте, желчь, прежде всего, обеспечивает эмульгирование жиров, облегчает процессы ферментативного расщепления и способствует их всасыванию.

Материалы и оборудование: предметные стекла, лупа, стеклянные палочки, желчь, растительное масло, дистиллированная вода.

Ход работы. На предметное стекло нанесите каплю воды и каплю желчи. К каждой капле добавьте по 2–3 капли растительного масла, перемешайте и рассмотрите содержимое обеих капель под лупой.

Результаты работы и их оформление. Зарисуйте, как распределяется жир в капле воды и в капле желчи.

Выводы: (механизм влияния желчи на состояние жира).

Работа 6.2. ПРИСТЕНОЧНОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ

Материалы и оборудование: полоска тонкой кишки крысы, пробирки, штатив, стеклянные палочки, нитки, водяная баня, раствор Рингера, раствор Люголя.

Ход работы. В две пробирки налейте по 1 мл раствора Рингера и раствора крахмала. В одну из пробирок погрузите взятый у крысы и привязанный лигатурой к тонкой стеклянной палочке вывернутый участок тонкого кишечника. Обе пробирки поставьте в водяную баню на 20 мин при температуре 38°C, по окончании инкубации извлеките из пробирки участок тонкой кишки, а затем в обе пробирки внесите по 1 капле раствора Люголя.

Результаты работы. Отметьте, в какой пробирке произошло переваривание крахмала.

Вывод: (объясните механизм переваривания крахмала в данном опыте).

Работа 6.3. АМИЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Определение активности амилазы и липазы в плазме крови имеет важное диагностическое значение, используется в клинике для оценки функций поджелудочной железы.

Материалы и оборудование: пробирки, штатив, стеклянные палочки, водяная баня, плазма крови крысы, раствор крахмала, раствор Люголя.

Ход работы. К 1–2 мл плазмы крови добавьте 1 мл раствора крахмала и инкубируйте в водяной бане 20 мин при температуре 38°C. По окончании инкубации добавьте каплю раствора Люголя.

Результаты работы. Отметьте, что произошло с крахмалом в плазме крови.

Вывод: (почему в плазме крови произошло расщепление крахмала)?

Работа 6.4. АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ И РЕЦЕПТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ПЕРИСТАЛЬТИКИ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА (демонстрационная компьютерная работа)

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

2. Nerve Stimulation

1. Frequency Response. В этом опыте выявляются эффекты стимуляции нервных волокон с частотой 25 Hz.

F₅-25,0 Hz (stimulation) (зарисовать результат в протокол, рис. 1 Б);

Esc → Atropine, 2 µg/ml. Исследуется влияние предварительного введения блокатора МХР на эффекты стимуляции (зарисовать результат в протокол, рисунок 2 А);

Esc → Propranolol, 20 µg/ml. Исследуется влияние блокады β-адренорецепторов на эффекты стимуляции (зарисовать результат в протокол, рис. 2 Б)

Esc → Phentolamine, 200 µg/ml. Исследуется влияние блокады α-адренорецепторов на эффекты стимуляции (зарисовать результат в протокол, рис. 2 В);

Esc → 1. Adrenergic Drugs.

Noradrenaline. Исследуется влияние нейромедиатора симпатической нервной системы на моторику тонкого кишечника.

Dose response

F₅ (54µg/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. 1 Б), и после введения в раствор для перфузии норадреналина в дозе 54 µg/ml (рис. 1 В).

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. 2 А, 2 Б, 2 В 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

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

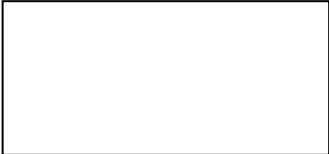
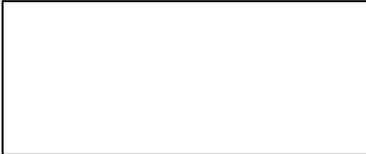
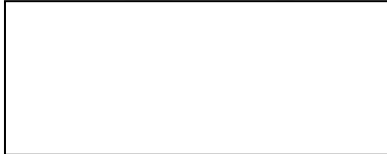



1 А	1 Б	1 В
		

Рисунок 2. Влияние атропина в дозе 2 $\mu\text{g/ml}$ (2 А), пропранолола в дозе 20 $\mu\text{g/ml}$ (2 Б) и фентоламина в дозе 200 $\mu\text{g/ml}$ (2 В) на торможение перистальтики участка тонкой кишки, вызванной электрической стимуляцией, иннервирующего кишку симпатического нерва.

2 А	2 Б	2 В
		

Вывод: _____

Темы раздела зачтены _____
(подпись преподавателя)

ДОПОЛНЕНИЯ К РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ» (материалы для самостоятельного изучения)

Изжога — это ощущение тепла или жжения, локализующееся за грудной или в верхней части эпигастральной области, и проецирующееся в область шеи, иногда в предплечье. Изжога может быть у здоровых людей.

Изжога чаще всего связана с гастроэзофагальным рефлюксом, развивающимся после обильного приема пищи, при наклоне или сгибании корпуса, или в положении лежа на спине, при ношении тугого пояса или корсета. Она может сопровождаться самопроизвольным появлением во рту жидкости — солоноватой («кислая отрыжка»), кислой (содержимое желудка), горькой, зеленого или желтого цвета (желчь). Изжога может быть после употребления определенных пищевых продуктов или лекарств.

Отрыжка — внезапное и иногда звучное выхождение через рот воздуха, скопившегося в желудке или пищеводе — отрыжка воздухом; поступление в рот небольшой части желудочного содержимого обычно вместе с воздухом — отрыжка пищей. Отрыжка обусловлена сокращением мускулатуры желудка при открытом нижнем пищеводном сфинктере (НПС). Отрыжка воздухом может являться следствием заглатывания атмосферного воздуха (аэрофагия).

Некоторые лица заглатывают чрезмерное количество воздуха из-за хронического состояния беспокойства, быстрого поглощения пищи, употребления газированных напитков, жевания резинки, затекания выделений в носоглотку или из-за плохо подогнанных зубных протезов. Вследствие того, что отрыжка, следующая за аэрофагией, дает временное чувство облегчения, может образоваться порочный круг заглатывания воздуха с последующей отрыжкой.

Физиологические механизмы защиты слизистой оболочки желудка

Слизистая оболочка желудка постоянно подвергается воздействию кислоты и пепсина. В определенные периоды в течение суток рН содержимого желудка бывает меньше 2. Считается, что повреждение эпителия желудка возможно при нарушении равновесия между факторами агрессии желудочного сока и факторами защиты слизистой оболочки.

В защитном барьере желудка клетки слизистой оболочки являются первой линией защиты от повреждающих факторов, особенно поверхностные клетки, секретирующие слизь и бикарбонаты, создающие физико-химический барьер для эпителиальных клеток желудка. Этот барьер представляет собой гель, имеющий градиент рН, благодаря которому поддерживается нейтральная рН у поверхности эпителия. На поверхности слоя слизи рН=2,0, а в приемном слое рН=7,0 и более.

Известно, что факторы, стимулирующие синтез пепсина и соляной кислоты, одновременно стимулируют выделение слизи и синтез бикарбонатов.

У больных с рецидивом язвенной болезни 12-перстной кишки имеется выраженное снижение синтеза бикарбоната в проксимальных отделах 12-перстной кишки.

В поддержании устойчивости слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки важную роль также играют: 1) способность клеток к репарации; 2) состояние микроциркуляции; 3) секреция некоторых химических медиаторов защиты (простагландины, факторы роста).

Простагландины (E_2 , I_2): 1) угнетают активность париетальных клеток; 2) стимулируют секрецию слизи и бикарбонатов; 3) усиливают кровоток в слизистой оболочке; 4) снижают обратную диффузию ионов H^+ ; 5) ускоряют клеточное обновление.

Повреждающие факторы

1. Соляная кислота.

Принято считать, что в большинстве случаев, если нет кислоты — нет язвы. Соляная кислота секретируется обкладочными клетками, которые локализуются преимущественно в железах слизистой оболочки дна желудка. Стимулируется секреция соляной кислоты во время приема пищи и в процессе пищеварения рефлекторно (с участием холинергических механизмов), некоторыми химическими веществами пищи, а также образующимися в желудке. Основные стимуляторы секреции кислоты в желудке — гистамин, гастрин, ацетилхолин. Угнетают секрецию соляной кислоты главным образом гастроинтестинальный гормон соматостатин и простагландины.

2. Пепсин — протеолитический фермент.

Вырабатывается главными клетками, находящимися преимущественно в железах слизистой оболочки дна желудка. Вырабатывается в неактивной форме (пепсиноген), активируется соляной кислотой.

3. *Helicobacter pylori*.

Доказана связь между развитием язвенной болезни и инфицированностью *Helicobacter pylori* в желудке. Он обнаруживается в 95 % случаев у больных гастритом и язвенной болезнью, иногда и у здоровых людей. Механизм действия данного микроорганизма на процесс развития язвенной болезни не известен до конца. Есть сведения, что местное воспаление, вызванное *Helicobacter pylori*, сочетается с умеренной гастринемией.

4. Другие причины.

Повреждающим фактором для слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки являются нестероидные противовоспалительные средства, например, аспирин, т. к. они угнетают выработку простагландинов.

Развитию язвы 12-перстной кишки и желудка способствует курение, стресс, нарушения в питании и влияние кортикостероидов.

Таблица 22

Факторы	
агрессии	защиты
<p>Эндогенные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – соляная кислота; – желчные кислоты (при дуоденогастральном рефлюксе). <p>Экзогенные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – крепкие алкогольные напитки; – нестероидные противовоспалительные средства; 	<ul style="list-style-type: none"> Pg I_2 — адекватный кровоток; Pg E_2 — регулируют защиту слизистой оболочки; – слой слизи, покрывающий всю поверхность слизистой оболочки; – бикарбонаты, нейтрализующие pH до 7 около поверхности слизистой оболочки; – сурфактантподобные вещества, покрывающие слизистую гидрофобным барьером;

палительные средства; – <i>Helicobacter pylori</i>	– факторы, способствующие регенерации (миграция эпителиальных клеток, пролиферация и дифференциация клеток из желудочных желез в функционально-активные клетки)
---	---

Микрофлора желудочно-кишечного тракта

Существенную роль в процессах пищеварения в желудочно-кишечном тракте и особенно в толстом кишечнике играет микрофлора. Ее состав и выполняемые функции значительно различаются в различных отделах ЖКТ.

Биоценоз ротовой полости определяется характером питания и контактом с внешней средой и представлен, главным образом, анаэробами десневых карманов, стафилококками, стрептококками, нейссериями слизистой оболочки. Роль указанных микроорганизмов в пищеварении незначительна. Они участвуют в начальных этапах расщепления углеводов, белков, пептонов. В то же время, расщепляя углеводы до молочной, уксусной и других кислот, и синтезируя из сахарозы нерастворимые полисахариды (декстран), они сдвигают рН полости рта в кислую сторону, приводя к декальцинации зубной эмали, формированию микробных колоний (зубных бляшек) и развитию кариеса. Этому способствует избыточное потребление сахарозы и других углеводов, плохая гигиена полости рта.

Микрофлора желудка благодаря бактерицидному действию HCl и лизоцима очень бедна и представлена в основном кислотоустойчивыми лактобациллами, стрептококками и *Helicobacter pylori*. Биоценоз тонкой кишки незначителен.

Максимальная концентрация микробиоценоза отмечается в толстом кишечнике. По современным представлениям микроорганизмы кишечника делятся на три группы:

1. Основная группа (95–98 %) — бесспорные анаэробы бифидобактерии и бактериоиды.
2. Сопутствующая микрофлора (1–5 %) — аэробы лактобактерии, *E. coli*, энтерококк.
3. Оппортунистическая (условно-патогенная) флора (~0,1 %) — стафилококки, стрептококки, клостридии, клебсиеллы, протей, грибы и простейшие.

Микрофлора кишечника осуществляет:

- конечное разложение остатков непереваренных пищевых веществ и компонентов пищеварительных секретов;
- синтез витаминов (группы В, К) и других биологически активных веществ;
- участие в обмене веществ;
- создание иммунного барьера путем подавления патогенных микроорганизмов, инактивации токсинов;
- стимуляцию развития иммунной системы организма;
- регуляцию моторной активности кишечника, функций слизистой оболочки.

Под воздействием микробов основной и сопутствующей флоры непереваренные углеводы сбразиваются до молочной и уксусной кислот, алкоголя, CO₂ и H₂O. Сохранившиеся белки подвергаются оппортунистической флорой гнилостному разложению с образованием токсичных соединений и газов индо-

ла, скатола, водорода, сернистого газа, метана и биологически активных веществ — гистамина, брадикинина, серотонина. Сбалансированное питание уравнивает процессы гниения и брожения. Одностороннее питание приводит к расстройству указанных процессов с преобладанием одного из них. Избыток в рационе богатой углеводами пищи (свежий черный хлеб, сладости, бобовые, картофель, капуста, виноград, а также натуральное молоко, пиво, квас, кислые и газированные напитки) ведет к усилению процессов брожения и газообразования. Уменьшает газообразование белковая пища: мясо, рыба, творог, простакваша, яйца и др. Но при развитии оппортунистической флоры и гнилостном брожении богатая белками пища может усиливать газообразование в кишечнике.

У новорожденных толстый кишечник стерилен и заселяется микроорганизмами в течение первых дней жизни. Основную роль в становлении биоценоза кишечника новорожденного играет грудное молоко, содержащее факторы роста бифидобактерий и факторы иммунитета. Флора кишечника ребенка первого года жизни находится в прямой зависимости от характера вскармливания.

Антибиотикотерапия, неполноценное питание, искусственное вскармливание могут привести к подавлению основной микрофлоры кишечника, что отрицательно отразится на здоровье человека. Сапрофиты толстого кишечника находятся в тесном функциональном взаимодействии с организмом хозяина. Это проявляется как во взаимосвязи метаболического обмена между микрофлорой и эпителиальными клетками стенки кишечника, так и в синтезе микроорганизмами веществ, способных оказывать регулирующее влияние на функции кишечника и организма в целом. Так, ряд продуктов метаболизма анаэробных микроорганизмов может служить основой синтеза в эпителии слизи, например, летучие жирные кислоты в эпителиоцитах служат энергетическим источником окисления и могут быть пластическим материалом для образования муцина. В свою очередь, соединения, входящие в состав слизи, могут использоваться микроорганизмами. Поэтому возможно двустороннее нарушение указанных взаимосвязей: гибель микрофлоры приведет к изменению функции эпителиоцитов; поражение кишечного эпителия приведет к изменению соотношения между различными микроорганизмами кишечника. Микроорганизмы участвуют также в синтезе таких биологически активных соединений как ГАМК, глутамат, бутират, серотонин, которые оказывают регулирующее влияние как на сам кишечник, контролируя его моторную активность, пролиферацию и дифференцировку эпителия, так и на другие органы и системы (вплоть до ЦНС), содержащие рецепторы к ним.

Свойства желчи, обеспечивающие ее стабильное состояние

Гепатоциты у взрослого человека в сутки образуют около 1 л желчи, которая направляется в желчный пузырь или через общий желчный проток сразу в 12-перстную кишку (в процессе пищеварения).

Концентрационная способность желчного пузыря объемом 50–80 мл позволяет собирать постоянно образующуюся желчь даже в течение 12 ч (до 400–

450 мл печеночной желчи). В состав желчи входит вода, соли желчных кислот, жирные кислоты и липиды, белки, пигменты и муцин, холестерин, неорганические соли, ионы.

Из поступившей в желчный пузырь желчи реабсорбируется вода и ряд компонентов, вследствие чего образуется перенасыщенный раствор, что создает условия для образования нерастворимых осадков — желчных камней. Но в норме этого не происходит. Желчь сохраняет свое стабильное состояние, что связано с взаимодействием и физическими свойствами отдельных ее компонентов. Среди них особую роль играют желчные кислоты, лецитин, холестерин, пигменты. В растворе поведение желчных кислот зависит от их концентрации. При низкой концентрации взаимодействие между молекулами невелико, а при увеличении концентрации, когда достигается критическая мицеллярная концентрация, желчные кислоты объединяются в мицеллы. Таким образом, желчные кислоты представлены в желчи в виде *суспензии мицелл*. Коллоидные суспензии не являются истинными растворами.

Желчные кислоты при pH кишечного содержимого относительно нерастворимы в воде, что могло бы приводить к их преципитации. Но *in vivo* желчные кислоты конъюгированы с таурином или глицином, что обеспечивает ионизированное водорастворимое состояние молекул при всех значениях pH в желчных путях и в просвете кишечника.

Молекулы желчных кислот связаны с катионами, в основном с Na^+ , поэтому их называют желчными солями.

Другие органические компоненты желчи — фосфолипиды (особенно важен лецитин) — тоже нерастворимы в воде и сами по себе способны образовывать жидкие кристаллы. Но в присутствии желчных солей кристаллы распадаются и входят в структуру мицелл. Комбинация желчных кислот и фосфолипидов улучшает растворимость других липидов (в основном холестерина).

Холестерин составляет ~4 % органических веществ желчи, нерастворим в воде, но в присутствии желчных кислот и фосфолипидов включается в состав мицелл.

Желчные пигменты (наиболее важен билирубин) нерастворимы в воде, но в норме в гепатоцитах конъюгированы с глюкуроновой кислотой и выделяются в желчь в виде билирубинглюкуронида — растворимая форма.

Итак, для сохранения стабильного состояния в желчи должно быть определенное соотношение желчных солей, фосфолипидов и холестерина. Изменение пропорций их в связи с всасыванием желчных кислот и лецитина в желчном пузыре может привести к преципитации холестерина и образованию холестериновых камней. Этому способствует большая секреция холестерина (при длительном потреблении большого количества жира), повреждение желчного пузыря, его воспаление.

Пигментные камни образуются при деконъюгации билирубинглюкуронида в менее растворимый свободный билирубин (при воспалении или инфекции желчного пузыря).

Камни образуются не только в желчном пузыре, но и в желчевыводящих путях, протоках. Они могут образовываться в результате осаждения не только

холестерина, желчных пигментов, но и других компонентов желчи (соли кальция, некоторые белки). Способствуют образованию камней генетические факторы, нерациональное питание, нарушение обмена веществ, стаз желчи и др.

РАЗДЕЛ «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« ____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 7 (26). Обмен веществ и энергии

Цели:

- сформировать представление о роли «обмена веществ и энергии» в организме и обмена веществом и энергией между организмом и средой существования, как важнейшего условия жизнедеятельности;
- сформировать представление об основном обмене; факторах, обуславливающих его величину, и энергозатратах при различных видах труда;
- получить представление об энергетических и пластических функциях обмена веществ и энергии; роли незаменимых для организма веществ, энергетической роли белков, жиров и углеводов, нормах их потребления;
- сформировать представление о физиологических принципах здорового питания, как важнейшей составной части здорового образа жизни.

Задачи:

- изучить процессы анаболизма и катаболизма в целостном организме и их взаимосвязь;
- ознакомиться с основами методов определения прихода и расхода энергии;
- получить навыки расчета должных величин основного и оценки рабочего обмена, индекса массы тела и получить представление о составлении пищевых рационов.

Основные вопросы:

1. Понятие об обмене веществ в организме. Характеристика процессов анаболизма и катаболизма, их взаимосвязь.
2. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни. Незаменимые для организма вещества.
3. Понятие о суточной потребности человека в питательных веществах, витаминах, минеральных ионах, воде. Пластическая и энергетическая роль белков, жиров и углеводов.
4. Основной обмен, его величины, факторы его определяющие. Диагностическое значение исследования основного обмена.
5. Методы определения прихода и расхода энергии (прямая и непрямая калориметрия, расчет по таблицам и формулам).

6. Масса тела, как объективный показатель баланса прихода и расхода энергии. Понятие о норме массы тела и ее регуляции. Понятие о величинах расхода энергии в условиях относительного покоя и при физической активности.

7. Рабочий обмен. Энергозатраты при различных видах трудовой деятельности.

8. Физиологические нормы питания в зависимости от возраста, пола, вида трудовой деятельности, состояния организма.

9. Основные принципы здорового питания, как составной части здорового образа жизни. Понятие о принципах составления пищевых рационов.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Как изменяются соотношения между процессами анаболизма и катаболизма в разные возрастные периоды?

2. Почему, используя данные об объемах потребленного организмом O_2 , можно оценить величину энергетических затрат?

3. Что такое избыточное поступление в организм энергетических субстратов с пищей и каковы его последствия?

4. В чем опасность для здоровья человека избыточного поступления с пищей легкоусваиваемых углеводов (ди- и моносахаридов); избыточного поступления жиров, холестерина. Их допустимые нормы поступления в организм с пищей в сутки.

5. Что такое белоксберегающая функция углеводов и какова в связи с этим минимальная потребность в них?

6. Для каких клеток организма глюкоза является основным (или единственным) источником энергии?

7. Что такое белковый минимум и какова суточная потребность в белке (в том числе полноценном белке) в зависимости от возраста, массы тела, вида выполняемой работы, других состояний организма?

8. Что такое полноценные и неполноценные жиры пищи; источники их поступления в организм и рекомендуемый процент энергии, доставляемой в организм жирами от суточной калорийности пищевого рациона.

9. Почему определение основного обмена проводится в стандартных условиях (каких)?

10. Рассчитайте количество катаболизированного в организме за сутки белка, если за это время с мочой выведено 10 г азота.

11. Вентиляция легких человека в покое составляет 5 л/мин. Содержание O_2 в выдыхаемом воздухе — 16 %. Рассчитайте суточные энергозатраты человека при питании смешанной пищей ($KЭК = 4,86$ Ккал/л O_2).

12. О каких процессах в организме можно судить по величине ДК?

13. Дайте определение понятиям: калорический коэффициент (КК); калорический эквивалент кислорода (КЭК); дыхательный коэффициент (ДК). Укажите КК, ДК, КЭК для белков, жиров и углеводов.

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. 97 практикума).
2. *Физиология человека* : учеб. В 2-х т. Т. 2 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 368 с. С. 94–129.
3. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 451–479.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 398–422.
5. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1. / под ред. акад. РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 447–479.

Дополнительная

1. *Физиология человека* : учеб. / под ред. Н.А. Агаджаняна и В.И. Циркина. СПб.: СОТИС, 1998. 526 с. С. 294–301, 354–370.
2. *Физиология человека* : учеб. для высших учебных заведений / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. 560 с. С. 374–396.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 7.1. РАСЧЕТ ДОЛЖНЫХ ВЕЛИЧИН ОСНОВНОГО ОБМЕНА ПО ТАБЛИЦАМ И ФОРМУЛАМ

Основной обмен — минимальные энергозатраты, необходимые для поддержания процессов жизнедеятельности организма в стандартных условиях: 1) состояние бодрствования (во время сна энергозатраты снижены на 8–10 % по сравнению со спокойным бодрствованием); 2) состояние физического и психического покоя в положении лежа; 3) натощак, через 12–16 ч после приема пищи (для исключения ее специфически динамического действия); 4) при внешней температуре «комфорта» (18–20°C для легко одетого человека), не вызывающей ощущения холода или жары. Энергия основного обмена расходуется на обновление клеточных структур, поддержание постоянной температуры тела, деятельности внутренних органов, тонуса скелетных и сокращения дыхательных мышц и др.

Величина основного обмена зависит от возраста, пола, длины и массы тела. Нормальной величиной основного обмена взрослого человека (мужчины) в возрасте до 40 лет принято считать затраты энергии в 4,2 кДж (1 ккал) на 1 кг массы тела в 1 ч. Для женщин эти затраты на 10 % ниже (0,9 ккал/кг массы тела/1 ч). У людей старше 40 лет — уровень основного обмена постепенно понижается, в то время как у активно растущих детей нормальная величина основного обмена, в расчете на единицу массы тела, выше в несколько раз, чем у взрослых.

Суточную величину основного обмена легко рассчитать по формулам и таблицам, выведенным по результатам большого числа исследований энергозатрат здоровыми людьми разного пола, возраста, массы тела и роста.

Материалы и оборудование: ростомер, весы.

Ход работы. Измерьте рост испытуемого с помощью деревянного ростомера и определите массу тела с помощью весов (с точностью до 50 г). Взвешивание лучше производить натощак, в легкой одежде, без обуви. Из полученной величины вычтите вес одежды (0,5 кг). Рассчитайте должную величину основного обмена (ДВОО) у испытуемого по следующим формулам:

Таблица 23

Формулы расчетов ДВОО человека в зависимости от возраста, пола и массы тела (МТ)

Возраст, годы	ДВОО (ккал/сутки)	
	Мужчины	Женщины
0–3	$60,9 \cdot \text{МТ} - 54$	$61,0 \cdot \text{МТ} - 51$
3–10	$22,7 \cdot \text{МТ} + 495$	$22,5 \cdot \text{МТ} + 499$
10–18	$17,5 \cdot \text{МТ} + 651$	$12,2 \cdot \text{МТ} + 746$
18–40	$15,5 \cdot \text{МТ} + 679$ $1,0 \cdot \text{МТ} \cdot 24$	$14,7 \cdot \text{МТ} + 496$ $0,9 \cdot \text{МТ} \cdot 24$
40–60	$11,6 \cdot \text{МТ} + 879$	$8,7 \cdot \text{МТ} + 829$
Более 60	$13,5 \cdot \text{МТ} + 487$	$10,5 \cdot \text{МТ} + 596$

Во многих странах, в том числе и в нашей республике, широко используется метод определения ДВОО по таблицам ГARRИСА–БЕНЕДИКТА. Существуют два варианта этих таблиц — для мужчин и для женщин. В каждой из них имеется две подтаблицы. В первой подтаблице находят число (число А), зависящее от массы тела, а во второй — число (число Б), зависящее от роста и возраста. Сумма этих двух чисел (А+Б) дает искомую ДВОО.

Еще одним широко применяемым методом определения ДВОО является метод ДЮБУА. Он основан на правиле поверхности тела, согласно которому затраты энергии теплокровными животными пропорциональны величине поверхности тела. Установлено, что теплопродукция на 1 м^2 поверхности тела человека зависит от возраста и пола. Для вычисления ДВОО найденную по таблице 24 цифру следует умножить на площадь поверхности тела (в м^2) и сделать перерасчет на сутки. Площадь поверхности тела находят по номограмме в зависимости от массы тела и роста.

Таблица 24

Затраты на основной обмен здоровых людей в зависимости от возраста и пола

Возраст, годы	Мужчины, ккал/м ² *час	Женщины, ккал/м ² *час
14–16	46,0	43,0
16–18	43,0	40,0
18–20	41,0	38,0
20–30	39,5	37,0
30–40	39,5	36,5

40–50	38,5	36,0
-------	------	------

Разница между показателями ДВОО, рассчитанными разными методами, не превышает обычно 10 %.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте собственную ДВОО по формулам, приведенным в таблицах 23 и 24, и по таблицам Гарриса–Бенедикта.

ПРОТОКОЛ	
1. Пол _____ (м/ж); рост _____ см; МТ= _____ кг; возраст _____ лет.	
2. ДВОО=1,0 (0,9) · МТ · 24 = _____ = _____ ккал/сутки,	
ДВОО= _____ (из таблицы 23) = _____ ккал/сутки,	
Площадь поверхности тела по номограмме = _____ м ² ,	
ДВОО _(по Дюбуа) = S · Э _(по табл. 24) · 24 = _____ = _____ ккал/сутки	
ДВОО _(по таблице Гарриса–Бенедикта) = А+В= _____ = _____ ккал/сутки.	

Работа 7.2. ОЦЕНКА МАССЫ ТЕЛА (МТ)

МТ — важный показатель физического развития человека во все возрастные периоды. Для поддержания стабильной МТ у взрослого человека поступление энергии в организм должно равняться ее затратам. Повышение МТ является одним из важнейших факторов риска потери здоровья и развития сердечно-сосудистых, эндокринных и онкологических заболеваний. Ее понижение также является фактором риска потери здоровья и нередко встречается как симптом уже начавшегося заболевания.

Рекомендуется периодически контролировать МТ и, в случае увеличения или снижения ее у здорового человека, необходимо вносить соответствующую поправку в количество поступающих в организм с пищей калорий или изменить физическую активность. Незначительные колебания массы тела отражают в основном изменения водного баланса.

Материалы и оборудование: **весы, ростомер.**

Ход работы. Определите массу тела.

Сравните величины определенной МТ и рассчитанной должной МТ (ДМТ) для данного человека с учетом весоростового индекса. ДМТ зависит от роста, пола, возраста, типа конституции и некоторых других факторов. Для определения ДМТ существует множество методов: формулы, номограммы, таблицы и т. п. Наиболее простой способ определения ДМТ связан с ее расчетом по формуле Бока–Бругша:

ДМТ = Рост(см) – 100 (при росте до 165 см);

ДМТ = Рост(см) – 105 (при росте от 166 до 175 см);

ДМТ = Рост(см) – 110 (при росте свыше 175 см).

Формулы для расчета ДМТ в зависимости от роста и пола человека:

ДМТ (мужчин) = 48 + (Рост(см) – 152) · 1,1 кг/см;

ДМТ (женщин) = 48 + (Рост(см) – 152) · 0,9 кг/см.

При астеническом типе сложения ДМТ может быть уменьшена на 10 %, при гиперстеническом телосложении — может быть увеличена на 10 %. Обязательным является также учет возраста человека. После 30 и до 50 лет ДМТ может быть увеличена на 3–13 % к ДМТ в 20 лет.

Опасность для здоровья представляет как повышенная, так и пониженная МТ.

Повышение МТ человека по сравнению с ДМТ:

- на 15–29 % свидетельствует об ожирении I степени;
- на 30–49 % свидетельствует об ожирении II степени;
- на 50–100 % свидетельствует об ожирении III степени;
- более, чем на 100 % свидетельствует об ожирении IV степени.

Пониженная МТ человека по сравнению с ДМТ:

- на 10–20 % может отражать слабую степень белково-энергетической недостаточности (БЭН) рациона;
- на 21–30 % — умеренную степень (БЭН) рациона;
- на 31–40 % — тяжелую степень (БЭН) рациона;
- более чем на 40 % отражает наличие кахексии.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывается по формуле $ИМТ = \frac{МТ_{кг}}{(Рост_м)^2}$. В соответствии с полученным ИМТ можно оценить степень риска развития некоторых заболеваний.

Таблица 25

Масса тела, индекс массы тела, риск потери здоровья

	Гипотрофия, (сниженная МТ)	Норма МТ	Ожирение (повышенная МТ)
ИМТ	<18,5	18,5–25,0	>25,0
Риск заболеваний	Анемии; снижение иммунитета и повышение частоты инфекционных заболеваний легких, мочевых путей и др.; остеопороз, кахексия	Минимальный	Ожирение, сахарный диабет, атеросклероз, артериальная гипертония и др.
Общие рекомендации	Изменить режим питания и физической активности так, чтобы поступление энергии с	Сохранять существующий режим питания	Изменить режим питания и физической активности так, чтобы поступление энергии с пи-

	пищей превышало ее расход	и активности	щей стало меньше ее расхода
--	---------------------------	--------------	-----------------------------

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите вашу фактическую (измеренную) МТ.
2. Рассчитайте и оцените ваши ДМТ, МТ и ИМТ.
3. Оцените ваши МТ и ИМТ.

Работа 7.3. КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ПО ОЦЕНКЕ МАССЫ ТЕЛА И ЗДОРОВОМУ ПИТАНИЮ («Ngdmp44»)

1. Описание общего вида экранного «меню».

Экран поделен на 3 секции, которые находятся на зеленом поле.

Слева расположена графа, в которой перечислены 7 приемов пищи: завтрак, легкая утренняя закуска, второй завтрак, полдник, обед, легкая вечерняя закуска, ужин. Под этим перечнем находится лист, где записываются блюда, которые вы будете выбирать.

Справа на горизонтальной линии регистрируется название группы продуктов, из которых вы будете выбрать необходимое для вас блюдо.

Внизу расположена серая панель, которая поделена на 6 секций: 1 и 6 секции (информационные) — они содержат названия анализируемых пищевых единиц, а также их вес; 2-я секция отображает анализ определенного пищевого продукта; 3 и 4 секции — это пищевые единицы общего (еда) дневного потребления. Эти секции содержат многочисленные объемы содержимого различных пищевых единиц. Здесь графически показан (в калориях) процент белка, углеводов, жиров.

Обратите внимание, что когда в пищевом рационе допустимый суточный процент калорий, доставляемый жирами, будет превышен, цветовая полоса становится *белой* вместо серой.

5-я секция показывает (в цифрах и графически) процент калорий, доставляемых в организм, рекомендуемый полноценным суточным рационом питания (RDA).

Обратите внимание на цвет полос:

Зеленый, если вы находитесь в пределах RDA.

Желтый, если вам не хватает определенного питательного вещества (нутриента).

Малиновый — несколько превышает норму.

Красный — превышение рекомендованных норм.

С помощью кнопки *Delete* можно убрать не подходящий вам продукт питания, предварительно его выделив.

С помощью кнопки *I eat* можно перенести продукт питания с правого листа перечня продуктов в меню соответствующего приема пищи на левой стороне, также предварительно его выделив.

Под кнопкой *Delete* расположены две кнопки. *Правая* показывает калорическую ценность определенного блюда при составлении меню. Для анализа необходимо выделить продукт питания с левой стороны, нажать на кнопку и появится графическое изображение *нутриентов*. *Левая кнопка* (может менять окраску) показывает уровень жира в вашей диете: зеленый цвет — нормальный уровень, а красный показывает на превышение его.

2. Калорийность и состав вашего рациона.

Нажмите на кнопку *Tools*, выберите *Caloric need* (потребность в калориях). На открывшейся панели слева на крутящейся кнопке установите свои показатели возраста, веса, уровня активности.

Установив пол и физиологическое состояние, вы получите рекомендации по количеству требуемых для нормального питания калорий _____ ккал.

Заполните таблицу, внося рекомендуемые данные.

Таблица 26

Суточная потребность в основных питательных веществах		
Название нутриента	% от общих энергозатрат	г
Белки: растительного происхождения животного происхождения		
Жиры: насыщенные ненасыщенные		
Углеводы: сложные углеводы чистый сахар		

Нажмите ОК.

3. Составление индивидуального меню.

На левой стороне экрана установите вариант приема пищи (обед, завтрак и т. д.).

Выделите на правой стороне группу продуктов питания и откройте перечень продуктов этой группы. Выделите мышью определенное блюдо и нажмите на кнопку *I eat*. Это блюдо переместится на левую сторону. Выделите эту строчку, затем кликните мышью на зеленое поле. Появится табличка, в которой можно выбрать массу в граммах одной порции этого блюда. Выделите соответствующую массу и внесите ее в список.

Вы можете проанализировать калорийность выбранного блюда, нажав на кнопку с графическим изображением. Для того, чтобы убрать эту таблицу, щелкните по ней мышью.

Под серой панелью на горизонтальной строке отражается количество калорий, которое вы получите с отобранной вами пищей, эквивалентное энергозатратам за определенное время занятий вашим любимым видом спорта.

Например: *одна порция макарон доставит в организм количество энергии, эквивалентной ее затратам при интенсивном занятии аэробикой в течение 7 мин.*

4. Определение индекса массы тела.

По формуле рассчитайте свой индекс массы тела (ИМТ). Он необходим для оценки степени ожирения:

$$\text{ИМТ} = \text{масса тела (кг)} / \text{рост}^2 \text{ (м)}.$$

С точки зрения энергопотребления индекс массы тела распределяется следующим образом:

Таблица 27

ИМТ	Степень ожирения
18,5–25	Норма
25–30	I-я
30–40	II-я
Выше 40	III-я

Определите ваш ИМТ.

Для этого необходимо открыть *Tools*, выбрать *Body Mass Index* на появившейся панели слева. После ввода своих данных массы тела, роста и пола, вы получите свой ИМТ (BMI) и оценку риска смертности от определенных заболеваний, по сравнению со здоровым человеком с нормальным ИМТ. С правой стороны вы увидите графическое изображение ИМТ (BMI) здорового, тучного человека и ваш ИМТ.

Если ИМТ выше нормального на 100 %, то увеличивается риск смертности, или заболеваний сердца, рака, диабета, кишечных, кардиоваскулярных заболеваний.

Если ИМТ превышает на 20 % ИМТ здорового человека, то увеличивает риск повышения артериального давления и возникновения диабета; повышения уровня холестерина крови.

5. Желаемый вес.

Точный расчет нормального веса основан на росте, поле, возрасте.

Ваше «весовое» здоровье зависит от того, на сколько ваш вес превышает нормальный уровень, где жир локализован, имеете ли вы связанные с весом медицинские проблемы, такие как высокое кровяное давление или связанные с этим наследственные проблемы.

Что такое «здоровый» вес для вас? Вы сейчас правильно не ответите. Вы можете использовать эту программу для того, чтобы определить, является ли ваш вес «здоровым».

Для этого откройте *Tools – Desirable Weight* — откроется таблица *Normal Weight* (ваш идеальный вес):

1. На крутящейся кнопке установите величину своего роста (в см).
2. Установите пол, возраст.
3. Запишите ваш нормальный (идеальный вес).

6. Рекомендуемая физическая нагрузка.

Открыть *Tools*, затем *Caloric Expenditure*. На появившейся таблице обозначьте вашу физическую нагрузку из имеющегося перечня. На вертящейся кнопке установите время выполнения этой нагрузки и свой вес. Нажмите *Set Favorite Activity*, ОК.

7. Анализ меню с помощью пищевой пирамиды (рекомендуется для самостоятельного изучения).

Вы можете проанализировать ваше меню на какой-либо определенный прием пищи с помощью пищевой пирамиды. Для этого щелкните мышью на *Nutri Genie*, находящийся на верхней горизонтальной панели. Затем на *Pyramid Analysis*. Появится таблица с пищевой пирамидой. Справа вы увидите рекомендации по корректировке рациона. На открывающемся списке находятся все пищевые группы под соответствующими номерами. Анализируйте каждую группу, ориентируясь на цвет; вносите изменения в соответствии с рекомендациями.

Рекомендации по пищевым группам

- 1 группа (жир, сладости) — потреблять в небольших количествах.
- 2 группа (молоко, йогурт, сыры) — 2–3 порции.
- 3 группа (мясо, рыба, горошек, яйца, орехи) — 2–3 порции.
- 4 группа (овощи) — 3–5 порций.
- 5 группа (фрукты) — 2–4 порции.
- 6 группа (хлеб, рис, макароны) — 6–11 порций.

Вы можете откорректировать пирамиду, увеличив, либо уменьшив количество порций (из таблицы с количеством порций), щелкнув мышкой на зеленое поле, предварительно выделив определенное блюдо слева.

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ _____
(подпись преподавателя)

ДОПОЛНЕНИЯ К РАЗДЕЛУ «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ» (материалы для самостоятельного изучения)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ВЕСА

Чтобы добиться снижения массы тела, важно уменьшить поступление энергии с пищей и увеличить ее расход за счет повышения физической активности. Избыточная масса тела возникает в результате превышения количества калорий, получаемых с пищей, над количеством калорий, расходуемых организмом. Для снижения массы тела необходимо:

Соблюдать основные принципы здорового питания:

1) уменьшить потребление жиров; 2) питаться разнообразной пищей с включением большого количества овощей, фруктов, злаковых; 3) питаться регулярно — с частотой приема пищи 4–5 раз в день (частое и дробное питание способствует тому, что уровень обмена веществ, постоянно остается высоким); 4) не голодать (специалисты предостерегают от использования голодания или так называемых «жестких» диет, небезопасных для здоровья и ведущих к повторной прибавке веса); 5) снижать калорийность суточного рациона до нормы постепенно.

Физическая активность: 1) повышение физической нагрузки должно быть постепенным в такой степени, чтобы это доставляло вам удовольствие; 2) выполняйте гигиеническую гимнастику, ходите больше пешком, меньше пользуйтесь лифтом; 3) ежедневно (30 мин и более в день) занимайтесь любой физической нагрузкой; 4) выполняйте не менее 4–6 в неделю тренировочных занятий (преимущественно на выносливость: 2 учебных на кафедре физвоспитания, 2–4 самостоятельно).

Клинические исследования доказали, что только постепенное снижение массы тела в результате изменения привычного режима питания и рационального увеличения физической активности способствует длительному сохранению и удержанию достигнутого веса. Рекомендуемое снижение массы тела на 5–10 % от первоначальной должно достигаться за период от 6 до 12 месяцев. В среднем, это составляет снижение массы тела на 250–500 г в неделю.

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 8 (27). Терморегуляция

Цели:

- сформировать представление о значении относительного постоянства температуры тела для нормального функционирования организма;
- изучить особенности системы терморегуляции, как особой системы организма, использующей для поддержания температуры тела эффекторные механизмы других систем;
- изучить нервные и гуморальные механизмы регуляции теплообразования и теплоотдачи.

Задачи:

- изучить источники и механизмы теплообразования в организме;
- изучить механизмы теплообмена между тканями «ядра» и «оболочки» тела;
- изучить физические и физиологические механизмы теплоотдачи;
- ознакомиться с методами термометрии и научиться их использовать для определения температуры тела.

Основные вопросы:

1. Температура тела человека и ее суточные колебания. Температура «ядра» и «оболочки». Значение постоянства температуры внутренней среды организма для нормального протекания процессов жизнедеятельности.
2. Источники теплопродукции в организме. Регуляция теплопродукции.
3. Теплоотдача организма. Физические и физиологические механизмы теплоотдачи.
4. Терморцепция. Центры терморегуляции. Понятие об «установочной точке» терморегуляции.
5. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры (изотермии) внутренней среды организма. Особенности системы терморегуляции.
6. Понятие о гипо- и гипертермиях. Лихорадка и ее отличие от гипертермии.
7. Основные правила термометрии.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Объясните, почему является верным утверждение, что гомойотермия присуща «ядру» тела человека, но не «оболочке» тела.
2. Назовите основные точки измерения температуры тела у человека. На какую величину различаются значения «нормы» температуры тела, измеренные в разных точках?

3. В чем заключается роль физических и физиологических механизмов теплоотдачи с поверхности кожи в окружающую среду и от «ядра тела» к «оболочке» (коже)?

4. Объясните различия в механизмах повышения температуры тела при лихорадке и физических гипертермиях.

5. Почему при развитии физической гипертермии человек испытывает ощущение жара, а при развитии лихорадки и ощущение озноба (когда?), и жара (когда?)? Какими поведенческими и другими физиологическими реакциями это проявляется и почему?

6. Почему одна и та же температура воздуха (30°C) переносится тяжелее при высокой влажности, чем при низкой?

7. Почему высокая температура воздуха опаснее для больных с недостаточностью сердца, чем для здоровых?

8. Предположительно, какой из физических способов снижения температуры тела при гипертермии мог бы быть наиболее эффективным (действие сухого воздуха комнатной температуры, влажного воздуха той же температуры, погружение в воду той же температуры), почему?

9. Подсчитайте, за какое время охладилось бы тело человека массой 70 кг и температурой 37° до комнатной температуры 20° в условиях наркоза, если его теплоемкость приравнять к теплоемкости воды и допустить упрощение, что скорость отдачи тепла осуществляется линейно. Сколько тепла будет при этом отдано в окружающую среду?

10. Сколько тепла отдаст тело человека массой 70 кг в окружающую среду за сутки, если его энергозатраты составляют 1,4 ккал/кг массы тела/час?

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. В 2-х т. Т. 2 / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. 368 с. С. 94–129.
3. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 480–489.
4. *Физиология человека* : учеб. / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 398–422.

Дополнительная

1. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 1 / под ред. акад. РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. 567 с. С. 480–492.
2. *Физиология человека* : учеб. / Н.А. Агаджанян [и др.]. М.: Медицинская книга, Н. Новгород: НГМА, 2003. 528 с. С. 302–316.
3. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 3 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 198 с. С. 665–667.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 8.1. Измерение температуры тела человека в подмышечной впадине

Температура тела — важный показатель состояния здоровья человека. Нормальной температурой тела для взрослых в состоянии бодрствования и физиологического покоя считается температура (при измерении в подмышечной впадине) от 36°C до $36,9^{\circ}\text{C}$. Однако, следует учитывать, что в течение суток температура тела колеблется, ее минимальное значение у здорового человека отмечается во время сна с 3 до 5 ч утра ($35,1$ – $36,0^{\circ}\text{C}$). При пробуждении в 6–8 ч температура составляет $36,1$ – $36,5^{\circ}\text{C}$, а самая высокая температура отмечается вечером с 18 до 22 ч ($36,5$ – $36,9^{\circ}\text{C}$).

Обычно температуры тела при измерении в подмышечной впадине составляет $36\pm 0,9^{\circ}\text{C}$ (от $35,1$ до $36,9^{\circ}\text{C}$). Температура 37°C и выше рассматривается как повышенная (гипертермия), а 35°C и ниже как субнормальная (гипотермия). При измерении в глубоких областях тела (прямой кишке, пищеводе) ее нормальные значения на $0,5^{\circ}\text{C}$ выше, чем в подмышечной ямке.

Повышение температуры тела человека, находящегося в состоянии физиологического покоя, является одним из наиболее частых, неспецифических симптомов возникновения болезненных состояний. В связи с этим, измерение температуры тела является обязательным при профилактических осмотрах у здоровых, обращении больных к врачу, на дому. Температуру тела измеряют с помощью контактных (ртутных или электронных термометров). Распределение температур на поверхности тела можно оценить с помощью дистанционных — тепловизионных методов. Наиболее широко распространен метод измерения температуры тела с помощью максимальных ртутных градусников.

Обычно температуру тела принято измерять 2 раза в сутки — в утренние часы, когда ее значение минимально, и вечерние, когда наблюдается ее естественный максимум. При оценке полученных значений температуры тела необходимо учитывать эти особенности ее суточных колебаний. О температуре «ядра» тела человека можно судить по измерению ее в подмышечной впадине, полости рта, прямой кишке, пищеводе. Цель настоящей работы — определение минимального времени, необходимого для точного измерения аксиллярной температуры ртутными или электронными медицинскими термометрами в подмышечной впадине.

Материалы и оборудование: максимальный ртутный термометр, секундомер, 70 %-ный спирт, вата.

Максимальный ртутный термометр (градусник) имеет шкалу от 34 – 35°C до 42°C с делениями в $0,1^{\circ}\text{C}$. Градусник сконструирован так, что высота ртутного столбика, достигнув при измерении определенного уровня в капилляре, удерживается на нем капиллярными силами и сужением в начале капилляра, препятствующими возврату ртути в резервуар. Таким образом, после измерения температуры и охлаждения термометра, показания шкалы не изменяются.

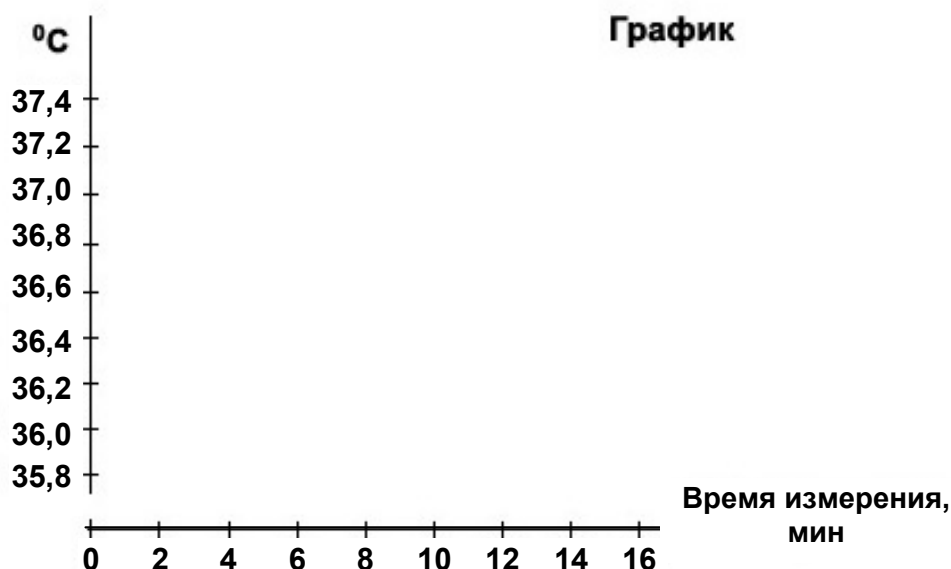
Ход работы. Осмотрите медицинский термометр, убедитесь в его целостности и протрите спиртом. Убедитесь в правильности чтения вами показаний шкалы термометра. Поскольку на шкале термометра остаются неизменными показания предыдущего измерения температуры, то перед новым измерением температуры, чтобы вернуть ртуть в резервуар и перевести термометр в состояние готовности к новому измерению, его необходимо вновь встряхнуть, прочно удерживая таким образом, чтобы ртутный шарик был направлен вниз. Поместите термометр в подмышечную впадину измерительной частью к вершине впадины. Кожа подмышечной ямки должна быть сухой, так как при влажной коже и соответственно шарика термометра он будет показывать более низкие значения температур из-за испарения влаги с поверхности ртутного резервуара. Попросите обследуемого удерживать термометр в течение всего времени измерения, плотно прижав соответствующее плечо к туловищу для создания замкнутого пространства. Во время измерения температуры человек находится в положении сидя или лежа в состоянии бодрствования и полного покоя.

В этих условиях температура подмышечной впадины через некоторое время уравнивается с температурой «ядра» тела. Запишите показания термометра через 3 мин, вновь встряхните его и продолжайте измерение температуры таким же образом, помещая термометр на 5, 10, 15 мин или до тех пор, пока измеренная температура перестанет повышаться. Аналогичным способом проведите термометрию с применением электронного термометра, последовательно проводя отсчеты по шкале прибора через 30 с, 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15 мин. При выполнении работы необходимо следить, чтобы головка ртутного и кончик датчика электрического термометров удерживались по среднеаксиллярной линии.

По результатам опытов постройте графики показаний ртутного и электронного термометров в зависимости от времени измерения температуры.

Результаты:

Показания термометра во время измерения температуры через 1 мин _____ °С, 2 мин _____ °С, 3 мин _____ °С, 5 мин _____ °С, 8 мин _____ °С, 10 мин _____ °С, 15 мин _____ °С.



Вывод: у испытуемого температура тела, измеренная в подмышечной впадине _____, длительность ее измерения должна быть не менее _____ мин.

Примечание: поскольку измерение температуры является важным способом выявления возможного заболевания, то для исключения ошибочных данных измерений необходимо знать какие факторы могут быть источником ошибок измерения температуры. Среди наиболее частых ошибок встречаются: недостаточная сила встряхивания термометра перед измерением; неплотное прижатие термометра плечом к туловищу; влажная кожа подмышечной ямки; близкое расположение или контакт испытуемого с внешними источниками тепла; искусственное повышение уровня ртути при симуляции заболевания.

Работа 8.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Температура кожи различных участков поверхности тела неодинакова и колеблется в значительных пределах (от 24,4 до 34,4°C), в зависимости от температуры окружающей среды, интенсивности обменных процессов, степени кровотока через поверхностные ткани и других факторов. На коже пальцев ног обычно самая низкая температура — 24,4°C, а если человек купается в прохладной воде или находится в условиях низкой окружающей температуры, она может снижаться до 16°C, не вызывая каких-либо неприятных ощущений. Измерение температуры кожи в какой-либо точке поверхности тела дает неадекватный результат; необходимо установить среднее значение температуры для нескольких участков. На практике используют обычно средневзвешенную температуру кожных покровов, характеризующую степень закаленности организма. Ее величину определяют, «взвешивая» температурные значения нескольких стандартных участков поверхности тела в соответствии с площадью, которую занимает данный участок. С этой целью температуру каждого участка умножают на соответствующий коэффициент. Сумма всех коэффициентов должна быть равной 1.

Ход работы. Средневзвешенную температуру кожных покровов регистрируйте при помощи электротермометра, последовательно прикладывая его датчик к поверхности 7 стандартных участков: в области лба, передних поверхностей стопы, голени, грудной клетки у основания грудины, спины, плеча, тыльной поверхности кисти.

Результаты измерения занесите в таблицу 28.

Таблица 28

№ п/п	Место измерения	Коэффициент	Температура
1	Лоб	0,07	
2	Стопа	0,07	
3	Голень	0,32	
4	Грудь	0,18	
5	Спина	0,17	
6	Плечо	0,14	
7	Кисть	0,05	

Средневзвешенную температуру (СТ) кожных покровов тела человека рассчитайте по формуле:

$$СТ = k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + k_3 \cdot t_3 + k_4 \cdot t_4 + k_5 \cdot t_5 + k_6 \cdot t_6 + k_7 \cdot t_7,$$

где t_i — температура кожи, измеренная на различных участках поверхности тела; k_i — коэффициент соответствующего участка поверхности тела.

По данным Р. Шмидта и Г. Тевса (1996), средневзвешенная температура кожи обнаженного человека в условиях температурного комфорта составляет 33–34°C.

Результаты:

Вывод: (укажите различия температуры «ядра» и средневзвешенной температуры поверхности тела человека).

Работа 8.3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОБИЛЬНОСТЬ ПОТОВЫХ ЖЕЛЕЗ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ РЕГУЛЯЦИИ ТЕПЛООТДАЧИ У ЧЕЛОВЕКА

Интенсивность потоотделения человека весьма изменчива. В частности, профузное потоотделение резко увеличивается при перегревании, обусловленном высокой внешней температурой или интенсивной мышечной работой. Нарастание потоотделения обеспечивает возможность повышения теплоотдачи испарением. Это пример того, как изменение физиологических функций позволяет организму влиять на физический процесс теплоотдачи. Цель настоящей работы — проследить, как изменяется интенсивность потоотделения при мышечной деятельности. Для индикации капель пота используют колориметрический метод Минора, основанный на химическом взаимодействии йода с крахмалом с образованием продуктов реакции темно-синего цвета.

Ход работы. Исследование проводят при комнатной температуре (18–20°C). Обследуемый должен чисто вымыть и насухо вытереть руки. Кожу на тыльной поверхности руки в области II–III пястных костей равномерно смажьте раствором Минора (5 %-ный спиртовой раствор йода и касторовое масло в отношении 9:1). Когда кожа полностью высохнет, слегка припудрите ее крахмалом. Капельки пота образуют на равномерном белом фоне темные точки или пятна, которые видны невооруженным глазом. Для подсчета пятен шариковой ручкой нарисуйте на коже кружок диаметром около 5 мм. Используя лупу, подсчитайте количество капель пота внутри круга в состоянии покоя и после физической нагрузки (бег на месте в течение 1 мин).

Результаты:

Количество капель пота в состоянии относительного мышечного покоя —

Количество капель пота после физической нагрузки —

Вывод: (укажите, как и почему изменяется потоотделение при физической нагрузке)

Работа 8.4. ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ТКАНЯХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЦВЕТНОЙ ТЕРМОГРАФИИ* (демонстрация диапозитивов)

В работе, выполнение которой представлено на серии последовательных диапозитивов, миниатюрный источник тепла (39°C) помещался на кожу тыла кисти в зоне проекции поверхностной вены. По мере разогревания тканей кисти наблюдается распространение тепла на соседние с нагревателем ткани, что видно по изменению окраски термографического состава, нанесенного на кожу кисти, от красных тонов к синим. Через некоторое время изменения окраски все больше наблюдается по ходу поверхностных вен, что свидетельствует об участии кровотока в переносе тепла к другим точкам тела и о важном значении кровотока в выравнивании температуры тела. Несущественные изменения окраски в промежутках между венами свидетельствуют о низкой теплопроводности тканей организма и их меньшей роли в переносе тепла внутри организма.

Таблица 29

Должные величины показателей терморегуляции у человека

(по материалу учебника, пособий, лекций)

Наименование показателя	Должная величина показателя	Наименование показателя	Должная величина показателя
Аксиллярная температура		Средневзвешенная температура кожных покровов	
Ректальная температура		Температура печени	
Амплитуда суточных колебаний аксиллярной температуры		Теплоотдача человека в состоянии покоя при температуре «комфорта» за счет радиации (%)	

		испарения (%), конвекции (%)	
Температура «комфорта» для обнаженного человека, легко одетого человека		Величина теплоотдачи при испарении 1 мл воды с поверхности тела	

Зарисуйте схему функциональной системы, обеспечивающей поддержание постоянства температуры внутренней среды организма

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ _____

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« ____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 9 (28). Физиология выделения

Цели:

- сформировать представление о целостной выделительной системе организма и ее роли в обеспечении жизнедеятельности;
- изучить механизмы выделительных функций и основные принципы их регуляции.

Задачи:

- изучить выделительные и невыделительные функции почек, основные процессы образования мочи;
- изучить роль почек в регуляции артериального давления, поддержании кислотно-основного состояния, кроветворении, ионного состава и осмотического состава крови;
- усвоить основные показатели функции почек и нормативы общего анализа мочи;
- ознакомиться с клинико-физиологическими методами исследования функции почек.

Основные вопросы:

1. Сущность процессов выделения. Органы и системы выделения организма. Характеристика процессов выделения в коже, дыхательной системе, желудочно-кишечном тракте.
2. Строение почки. Нефрон как морфофункциональная единица почки, виды нефронов, их структура, функции. Особенности кровообращения в почке.
3. Основные процессы мочеобразования.
4. Механизм клубочковой фильтрации. Состав первичной мочи.
5. Реабсорбция в канальцах нефрона и собирательных трубках. Особенности и механизмы реабсорбции различных веществ.
6. Поворотно-противоточная система и ее механизмы.
7. Секреторные процессы в канальцах.
8. Методы исследования функции почек. Оценка величины фильтрации, секреции, реабсорбции. Коэффициент очищения.
9. Регуляция мочеобразования.
10. Невыделительные функции почки: роль почек в регуляции системного артериального давления, поддержании осмотического давления, регуляции объема крови, поддержании кислотно-основного состояния, в поддержании ионного состава крови, кроветворении, участие в обменных процессах.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Как изменится диурез и осмолярность мочи:
 - а) при ограниченном поступлении воды в организм;
 - б) при избыточном питье воды?
2. Почему при повышении артериального давления может усиливаться диурез? Каков механизм этого явления?
3. С какой целью в плазмозамещающие растворы вводят макромолекулы, и почему молекулярная масса их не должна быть больше 70.000?
4. Дайте определение понятия «пороговое вещество». Приведите примеры пороговых веществ.
5. В каких случаях в конечной моче здорового человека можно обнаружить глюкозу и почему?
6. Чему равно эффективное фильтрационное давление в клубочке, если гидростатическое давление в капсуле равно 36 мм рт. ст., количество белка в крови соответствует норме?
7. Какие изменения в организме могут наблюдаться при гипо- или гиперсекреции альдостерона?
8. Что называют «несахарным мочеизнурением» и каков его механизм?
9. Какие факторы и как влияют на выделение ренина в кровь юкстагломерулярным аппаратом почки?
10. Сможет ли пересаженная почка осуществлять приспособительную деятельность в организме реципиента и почему?
11. Почему донорская почка обычно пересаживается на место удаленной? Будет ли функционировать почка при ее пересадке на другие сосуды?
12. Почему при отравлении рядом токсических веществ проводят промывание желудка?
13. Почему при развитии почечной недостаточности больной человек лучше чувствует себя в условиях сухой теплой окружающей среды?
14. Какие из естественных процессов мочеобразования моделируются при проведении гемодиализа с использованием «искусственной почки»?
15. При падении артериального давления крови до какого уровня, можно ожидать резкого ухудшения мочеобразования? Почему?

Показатели общеклинического анализа мочи в норме

Физические свойства:

цвет — соломенно-желтый;
прозрачность — прозрачная;
плотность — 1,008–1,025;
суточное количество — 0,8–1,5 л/сут.

Химический состав:

реакция — pH 5,0–8,0;
белок — 10–100 мг/сут;
глюкоза — 0,72 ммоль/сут;
кетонные тела — 20–50 мг/сут;
уробилин — не более 6 мг/сут;
желчные пигменты — отсутствуют;
хлориды — 141–310 ммоль/сут.

Микроскопия осадка:

эритроциты — не встречаются, либо единичные в препарате;
лейкоциты — не встречаются, либо в препарате единичные;
эпителиальные клетки — клетки плоского и переходного эпителия от единичных в препарате до единичных в поле зрения;
цилиндры (белковые слепки канальцев) — единичные гиалиновые (1–2 в препарате).

ЛИТЕРАТУРА

Основная

Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин. Учебные материалы компьютерного класса к занятию, а также обучающие компьютерные программы. Дополнительная информация к занятию (С. 109–111 практикума).

Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с. С. 431–461.

Основы физиологии человека / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 1. С. 493–528.

Физиология человека : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротко. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 490–522.

Дополнительная

Физиология человека. В 3-х т. Т. 3 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. С. 785–822.

Физиология человека : учеб. / Н.А. Агаджанян [и др.]. М.: Медицинская книга, Н. Новгород: НГМА, 2003. 528 с. С. 370–387.

Физиология человека / под ред. Г.И. Косицкого. М.: Медицина, 1985. С. 403–429.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 9.1. ПРОВЕДЕНИЕ ОБЩЕГО АНАЛИЗА МОЧИ

Исследование мочи имеет большое практическое значение, так как полученные результаты позволяют оценить функцию почек и некоторые стороны обмена веществ в организме. При исследовании мочи можно также определить по продуктам метаболизма или по содержанию веществ в неизменном виде, уровень некоторых гормонов и других веществ в крови; тип и количество введенных в организм лекарств; токсических и других веществ.

Общий анализ мочи позволяет оценить физические (цвет, прозрачность, запах, количество, удельный вес, реакция мочи), физико-химические свойства (определение неорганических веществ, уробилиногена, билирубина), наличие патологических составных частей мочи (белка, глюкозы, ацетоновых тел, форменных элементов крови), а также выявить содержание случайных элементов в моче (нитритов, ртути, висмута, мышьяка, брома и бромистых препаратов и т. д.).

Определение 10 показателей конечной мочи в предлагаемой работе осуществляется методом колориметрии: тест-полоска имеет 10 различных индикаторных подушечек, меняющих цвет (или интенсивность цвета) после контакта с биологической жидкостью.

Ход работы:

1. Собрать мочу в стакан (9–10 мл) и перелить ее с помощью воронки в пробирку (высота столбца около 9–10 см).

2. Погрузить тест-полоску в исследуемую мочу, смочив все 10 индикаторных подушечек. Достать тест-полоску и промокнуть излишки жидкости салфеткой. Для этого тест-полоску положить на салфетку стороной, не содержащей индикаторных подушечек.

3. Аккуратно на салфетке поднести тест-полоску к контрольной шкале, не запачкав исследуемой жидкостью ее поверхность (свободный конец полоски должен быть направлен вниз к основанию упаковки), расположенной на упа-

ковке, и определить результаты 10 показателей исследуемой мочи, сравнив цвет каждой индикаторной подушечки со стандартными образцами, расположенными на упаковке.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные 10 показателей исследуемой мочи в таблицу 30.

2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

Таблица 30

Тест		Единицы измерения	Результат
1. Лейкоциты	WBC		
2. Нитриты	NIT		
3. Уробилиноген	URO	E.U./dL	
4. Белок	PRO	mg/dL	
5. pH	PH		
6. Скрытая кровь	OB		
7. Удельный вес	SG		
8. Кетоновые тела	KET		
9. Билирубин	BIL		
10. Глюкоза	GLU	g/dL	

Вывод (сравните результаты с нормой): _____

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К РАБОТЕ 9.1.
(материалы для самостоятельного изучения)**

1. Содержание лейкоцитов.

Единичные лейкоциты обнаруживаются в моче здоровых людей. При заболеваниях почек и мочевыводящих путей количество лейкоцитов резко увеличивается. Такое состояние называют пиурией. Значительная пиурия чаще наблюдается при заболеваниях мочевыводящих путей — циститах, уретритах, простатитах, пиелитах.

2. Нитриты.

У здоровых людей в моче нитриты практически не обнаруживаются. Появление их в моче возможно при употреблении в пищу продуктов, содержащих большое количество нитритов (например, при неконтролируемом использовании азотсодержащих удобрений в сельском хозяйстве).

3. Содержание уробилина.

Уробилин является производным билирубина, появляющимся при его превращении в желчных путях и в желчном пузыре. В кишечнике под влиянием кишечных бактерий билирубин превращается в уробилиноген и выделяется преимущественно с каловыми массами (в виде стеркобилина). В кишечнике часть уробилиногена всасывается в кровь и вновь поступает в печень. Небольшое же количество уробилиногена попадает через лимфатические пути в общую систему кровообращения, затем в мочу. В свежевыделенной моче содержится уробилиноген, который при стоянии мочи превращается в уробилин.

Общепринятые в лабораториях пробы на уробилин дают отрицательный или слабоположительный результат.

4. Содержание белка.

У здоровых людей моча практически не содержит белка. Небольшое количество низкомолекулярных плазменных белков, которые проникают через неповрежденный почечный фильтр и полностью не реабсорбируются в канальцах (около 0,005–0,008 г/л), не обнаруживается существующими качественными пробами.

К функциональным протеинуриям относятся случаи временного появления белка в моче (транзиторной протеинурии), не связанные с каким-либо заболеванием. Это можно наблюдать после обильного приема с пищей сырого яичного белка; после значительных физических нагрузок, переохлаждений, сильных эмоциональных переживаний; в юношеском возрасте (лордотическая протеинурия).

5. Реакция (рН).

В норме свежeweыделенная моча может иметь слабокислую или щелочную реакцию. При преобладании в пище животных белков реакция сдвигается в кислую сторону, при вегетарианском рационе — в щелочную. Кислая реакция мочи наблюдается также после тяжелой физической нагрузки, при лихорадке.

6. Содержание эритроцитов (скрытая кровь).

У здорового человека в моче могут встречаться единичные эритроциты в поле зрения при микроскопии. При патологических состояниях наличие в моче крови может определяться в виде микро- и макрогематурии.

7. Плотность мочи (удельный вес).

У здорового человека на протяжении суток относительная плотность мочи может колебаться в широких пределах — в среднем от 1,008 до 1,025, возможны колебания и в пределах от 1,001 до 1,040. Чем больше диурез, тем ниже плотность мочи (за исключением (см. ниже) анализов мочи больных сахарным диабетом) и, наоборот. Наибольшее влияние на плотность мочи оказывает концентрация мочевины.

Изостенурия — продолжительное выделение мочи с относительной плотностью, равной относительной плотности первичной мочи или безбелковой плазме крови — 1,010.

Гипостенурия — состояние, при котором относительная плотность мочи длительное время колеблется в узких пределах — 1,007–1,015.

8. Кетоновые тела.

Кетоновые тела — продукты неполного окисления жиров и белков, объединяющие в себе ацетон, ацетоуксусную и бетаоксимасляную кислоты. В клинической практике наибольшее распространение получило исследование мочи на ацетон. В моче здоровых людей его мало и общепринятыми реакциями он не обнаруживается.

9. Желчные пигменты (билирубин).

В моче здоровых людей желчные пигменты отсутствуют. При билирубинемии, связанной с поражением паренхимы печени (гепатиты, циррозы), и механическом затруднении оттока желчи желчные пигменты появляются в моче.

10. Содержание сахара (глюкоза).

В моче здорового человека виноградный сахар (глюкоза) содержится в виде следов (около 0,002 %) и общепринятыми методами не определяется. Функциональная глюкозурия наблюдается:

- при приеме с пищей больших количеств глюкозы (более 150 г);
- у беременных;
- у пожилых людей старше 50 лет;
- при выраженных эмоциях;
- под влиянием кофеина, некоторых лекарственных препаратов; внутривенного введения гипертонического раствора хлористого натрия.

Работа 9.2. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ПОЧКИ НА ИХ МОДЕЛЯХ

Работа проводится с использованием компьютерной программы «Kidney».

Откройте программу «Kidney» и вызовите Главное меню нажатием клавиши F10.

Механизмы концентрирования мочи (поворотно-противоточная система)

Для изучения механизмов концентрирования мочи выберите пункт 2 Главного меню «Петля Генле» (для этого введите цифру 2 с клавиатуры и нажмите «Enter»). На представленной анимации видна упрощенная схема строения петли Генле. Дальнейшее перемещение по страницам программы осуществляется нажатием клавиши «Пробел» («Space»). Из любого места программы можно вернуться в Главное меню с помощью клавиши F10.

Обратите внимание, что стенка канальцев нисходящего колена петли Генле проницаема для солей и воды и осмотическое давление первичной мочи в начальной части нисходящего колена петли Генле равно осмотическому давлению плазмы крови (290 мосмоль/л), а далее величина давления будет определяться величиной давления в околоканальцевом пространстве. В то же время, в восходящем колене петли, где стенка канальца непроницаема для воды, осуществляется *активная реабсорбция* NaCl во внеканальцевое пространство почки, повышая осмотическое давление жидкости в нем примерно на 200 мосмоль/л, а жидкое содержимое в этой части нефрона становится гипотоничным.

Поскольку стенки канальцев в области нисходящего и восходящего участков петли Генле расположены параллельно друг другу, а направление движения потоков жидкости в них противоположное (противоток), то вследствие постоянной работы натриевого насоса (показан на анимации красным цветом) между жидкостью нисходящего колена и жидкостью интерстициального пространства почки будет поддерживаться градиент осмотического давления, силы которого обусловят перемещение (реабсорбцию) части воды из первичной мочи в интерстиций и создадут условие для дальнейшего ее перехода в кровь венозных сосудов, расположенных вдоль канальцев. Осмотическое давление жидкого содержимого нисходящих канальцев нефрона по мере приближения к вершине петли Генле будет возрастать (до 1200–1400 мосмоль/л), а далее за счет

постоянной работы натриевого насоса вновь уменьшаться. Поскольку, используя описанный механизм реабсорбции воды, одновременно функционируют многие тысячи рядом расположенных нефронов почки, то их общая насосная и реабсорбционная мощность не просто арифметически складывается, а умножается. В результате совместной работы нефроны формируют возрастающий градиент осмолярности в интерстициальном пространстве почки по направлению вглубь мозгового вещества. Градиент осмолярности в интерстициальном пространстве поддерживается так же мочевиной, которая выходит сюда из канальцев нефрона и собирательных трубочек. Вследствие реабсорбции большого количества воды из первичной мочи, объем жидкости в восходящих канальцах нефрона резко уменьшается (\approx на 75 % или до 24 л/сутки) и эта гипотоничная жидкость (осмолярность около 60 мосмоль/л) перемещается из восходящих канальцев нефрона в собирательные трубочки.

В нормальных условиях (при нормальных уровнях АДГ, альдостерона, натрий-уретического пептида, сахара крови), в собирательных трубочках функционируют водные каналы (аквапорины), через которые в интерстиций и далее в кровь реабсорбируется за сутки около 20 л воды. Оставшаяся жидкость (около 1,5 л) с нереабсорбированными и растворенными в ней многочисленными солями, метаболитами и другими веществами, образует конечный объем мочи, осмолярность которой составляет около 300–500 мосмоль/л.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Нисходящее колено петли Генле называют сегментом _____.
Объясните, почему: _____

2. Восходящее колено петли Генле называют сегментом _____.
Объясните, почему: _____

3. Как и почему изменится объем и осмолярность конечной мочи:
а) при применении веществ, ингибирующих выход Na^+ из восходящего колена петли Генле, например, петлевой диуретик фуросемид _____

б) при приеме большого количества солей _____

в) при водной депривации _____

г) при избыточной водной нагрузке _____

- д) при гипергликемии _____

_____;
- е) при избытке функции АДГ _____

_____;
- ж) при недостатке функции АДГ _____

_____.

Роль почки в физиологических механизмах регуляции рН крови

Общие сведения. Кислые продукты обмена, содержащие протон водорода H^+ , образуются в организме в двух формах: углеродной — летучей (H_2CO_3) и неуглеродной — нелетучие кислоты. Большая часть из них образуется в ходе окислительных процессов в виде CO_2 , являющегося источником образования угольной кислоты. Источниками и причинами накопления в организме нелетучих кислот являются: их поступление в организм с пищевыми продуктами (главным образом с белками); образование в ходе промежуточного обмена (лактат, ацетоуксусная, фосфорная, серная, мочева, уксусная кислоты); потери организмом бикарбоната (HCO_3^-).

Для поддержания кислотно-основного состояния избыток кислых продуктов обмена может быть временно связан (компенсирован) буферными системами плазмы крови и эритроцитов (карбонатной, фосфатной, гемоглобиновой, белковой). В клетках различных тканей имеются свои буферные системы (например, гистидиновая; карбонатная — в виде натриевой и кальциевой солей угольной кислоты) или системы удаления продуктов обмена во внеклеточную среду. Каждая из этих систем имеет пределы их емкости и накапливающиеся в организме кислые продукты должны быть выведены из организма. Это выведение и, тем самым, регуляция рН, осуществляется при участии физиологических механизмов почек, легких, желудочно-кишечного тракта.

Очевидно, что основную роль в выведении из организма наибольшего количества летучих кислых продуктов обмена в виде CO_2 и, тем самым, в регуляции рН, играют легкие. Через почки и желудочно-кишечный тракт осуществляется выведение H^+ с нелетучими кислыми веществами. В частности, через почки выводится около 75 % H^+ в виде NH_4^+ и 25 % H^+ с титруемыми веществами — в виде солей фосфорной кислоты. Регулируемое выведение почками солей фосфорной кислоты способствует сохранению фосфатной буферной емкости крови. Кроме того, почки участвуют в регуляции рН за счет удерживания в организме бикарбоната (HCO_3^-) и, тем самым, в сохранении карбонатной буферной емкости крови.

Ход работы. Откройте программу «Kidney» и вызовите Главное меню нажатием клавиши F10.

Для изучения почечных механизмов регуляции рН выберите пункт 1 Главного меню «Транспорт бикарбоната» (для этого введите цифру 1 с клавиша-

туры и нажмите «Enter»). Дальнейшее перемещение по страницам программы осуществляется нажатием клавиши «Пробел» («Space»). Из любого места программы можно вернуться в Главное меню с помощью клавиши F10.

На открывшемся рисунке схематично представлены эпителиальные клетки стенки проксимального канальца нефрона, отделяющие первичную мочу в просвете канальца (голубой цвет) от крови в просвете околоканальцевого капилляра (красный цвет). Показана локализация в клетке (на стороне, обращенной к просвету канальца) белковой молекулы — протонного насоса (зеленый цвет) и натриевого насоса (желтый) в клетке на стороне, обращенной к капилляру. Видно, что бикарбонат натрия свободно фильтруется в клубочках, и его концентрация в составе первичной мочи в просвете проксимального канальца равна концентрации в плазме крови (24 ммоль/л). Бикарбонат диссоциирует на HCO_3^- и Na^+ . Реабсорбция HCO_3^- идет параллельно с активной секрецией протонов водорода их ионным насосом. Протоны водорода образуются в эпителии почечных канальцев в результате диссоциации угольной кислоты ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$) в присутствии фермента карбоангидразы (ca). Источником образования угольной кислоты являются внутриклеточные CO_2 и H_2O . Секретированный в просвет канальца H^+ взаимодействует с HCO_3^- с образованием угольной кислоты, которая под действием фермента карбоангидразы (ca) щеточной каймы эпителия катализирует диссоциацию H_2CO_3 на H_2O и CO_2 , которые свободно диффундируют в эпителиальные клетки, где под действием внутриклеточной карбоангидразы (ca) вновь превращаются в угольную кислоту, но уже диссоциирующую на H^+ и HCO_3^- . После выкачивания из клетки H^+ и образования HCO_3^- на внутренней поверхности мембраны эпителиальной клетки (стороны, обращенной в просвет канальца) создается избыток отрицательных зарядов, и под действием сил электрохимического градиента Na^+ из первичной мочи диффундирует в эпителий. Далее с помощью натриевого насоса он выкачивается из эпителия в интерстиций почки, увеличивая степень отрицательности внутренней поверхности мембраны (стороны клетки, обращенной в интерстиций), и вслед за ним под действием сил электрохимического градиента в интерстиций и далее в кровь околоканальцевых капилляров реабсорбируется HCO_3^- . Описанная последовательность событий повторяется, обеспечивая возврат нефронами почки в кровь бикарбоната и поддержание карбонатной буферной емкости крови.

Как осуществляется выведение (экскреция) протонов водорода почками?

Существенная часть секретированного H^+ связывается с HCO_3^- , затем инкорпорируется в воду, реабсорбируется и, таким образом, не экскретируется с мочой. Другая часть секретированных протонов водорода в просвете канальцев вступает во взаимодействие с профильтровавшимся Na_2HPO_4 , и в результате замещения Na образуется NaH_2PO_4 , который экскретируется с мочой и может быть определен в моче как титруемая соль фосфорной кислоты. Третья часть секретированных протонов водорода вступает во взаимодействие с аммиаком (NH_3), образующимся, главным образом, в эпителии почечных канальцев при дезаминировании глутамина. Аммиак секретируется эпителием в канальцевую мочу, где с ним взаимодействует H^+ с образованием иона аммония — NH_4^+ (в составе NH_4Cl). Выведение с мочой из организма большей части протонов во-

дорода осуществляется именно в виде иона аммония. Это особенно важно потому, что почки способны существенно увеличивать образование аммиака в ответ на накопление в организме кислых продуктов обмена. Связывание и буферирование секретируемых канальцевым эпителием протонов водорода предотвращает избыточное снижение рН мочи и, тем самым, предотвращает торможение секреции протонов водорода. В свою очередь, секрецию H^+ существенно стимулирует альдостерон, контролируя тем самым участие почки в поддержании рН крови.

Ответьте на следующие вопросы:

1. При экскреции каких веществ почки имеют преимущественное значение в регуляции рН внутренней среды организма _____ ?

2. Активная реакция рН конечной мочи может колебаться от _____ и до _____. Объясните причину такого широкого диапазона колебаний _____.

3. Фермент _____ играет ключевую роль в осуществлении функций следующих клеток организма: _____ (клетки крови), _____ (клетки желез желудка), _____ (клетки почечных канальцев).

4. Как изменится рН конечной мочи при преимущественном питании растительной пищей _____, белковой пищей _____ ?

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ _____
(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« ____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 10 (29). Общие свойства анализаторов.

Физиология зрительного анализатора

Цель: изучить общие принципы строения и функции анализаторов, строение и функции зрительного анализатора.

Задачи:

- освоить методику определения остроты зрения по стандартным таблицам;
- освоить методику определения поля зрения с помощью периметра;
- научиться исследовать цветовое зрение с помощью полихроматических таблиц Е.В. Рабкина;
- убедиться в способности глаза к аккомодации.

Основные вопросы:

1. Понятие об органах чувств, анализаторах, сенсорных системах. Учение И.П. Павлова об анализаторах. Общие принципы строения анализаторов, их классификация.
2. Общие свойства и функции анализаторов. Значение анализаторов в развитии мозга и процессах познания.
3. Типы сенсорных рецепторов. Механизмы преобразования сигналов в сенсорных рецепторах.
4. Механизмы передачи и кодирования информации в афферентных путях. Понятие о строении и функциях специфических и неспецифических путей передачи информации.
5. Процессы высшего коркового анализа афферентных сигналов. Сенсорные поля и ядра, ассоциативные поля. Взаимодействие анализаторов.
6. Адаптация анализаторов, ее периферические и центральные механизмы.
7. Зрительная система. Строение, функции. Особенности строения и свойств глаза, обеспечивающие функцию зрения. Рефракция и аккомодация.
8. Строение и функциональное значение сетчатой оболочки глаза. Фотохимические процессы в рецепторах сетчатки при действии света. Функции пигментных, горизонтальных, биполярных и ганглиозных клеток сетчатки. Механизмы адаптации зрения.
9. Движения глаз и их роль в осуществлении зрения.
10. Проводниковый и корковый отделы зрительного анализатора. Формирование зрительного образа. Роль правого и левого полушария в зрительном восприятии.
11. Теории цветоощущения. Основные формы нарушения цветового восприятия.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какие виды кодирования информации на уровне рецептора вы знаете?
2. Участие каких структур анализатора и зон мозга требуется для идентификации и классификации сигналов, поступающих в ЦНС?
3. Чем отличаются «первично чувствующие» рецепторы от «вторично чувствующих»?
4. Что понимают под адаптацией рецепторов? Как классифицируют рецепторы по их способности к адаптации? Приведите примеры.
5. Какой участок рецептивной поверхности называют рецептивным полем нейрона?
6. Может ли принадлежать один участок рецептивной поверхности к нескольким рецептивным полям различных нейронов? Почему?
7. Назовите основные показатели зрения.
8. Что понимают под остротой зрения? Как можно определить остроту зрения?
9. В результате смешивания каких монохроматических цветов можно получить всю гамму цветовых оттенков?
10. Какие основные функции реализуются за счет изменения диаметра зрачка?
11. Какими механизмами обеспечивается четкое видение предметов, находящихся на разном расстоянии от смотрящего?
12. В чем причины близорукости? Какие нужны линзы для ее коррекции?
13. Каковы причины дальнозоркости? Какие нужны линзы для ее коррекции?
14. Какие явления регистрируются на мембране фоторецептора при его освещении? Какими ионными механизмами они обусловлены?
15. При исследовании полей зрения пациента обнаружено выпадение левых половин полей зрения с обеих сторон. В каком месте зрительного тракта имеется повреждение?
16. Как изменятся поля зрения при полном повреждении левого зрительного тракта?
17. Как изменится зрение при полном выпадении функций поля 17 коры больших полушарий? Полей 18 и 19?
18. Как изменятся поля зрения при полном поражении нервных волокон в области хиазмы?

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. 462–477, 498–499.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 2. С. 55–64, 94–107.
4. *Физиология человека* / под ред. В.М. Покровского и Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 2. С. 201–231.

5. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 541–562.

Дополнительная

1. *Физиология человека* / под ред. Н.А. Агаджаняна, В.И. Циркина. СПб., 1998. С. 76–78, 95–101.
2. *Физиология человека* / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. С. 430–458.
3. *Практикум по физиологии* / под ред. К.М. Кулланды. М., 1970. С. 216–222.
4. *Практикум по физиологии* / под ред. Н.А. Агаджаняна. М., 1983. С. 209–212.
5. *Руководство к практическим занятиям по физиологии* / под ред. Г.И. Косицкого, В.А. Полянцева. М., 1988. С. 228–233.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 10.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

Под остротой зрения понимают минимальный угол зрения, при котором глаз способен различать две соседние точки визуального пространства. Нормальный глаз способен различать такие точки раздельно под углом зрения $1'$. Это связано с тем, что для раздельного видения двух точек необходимо, чтобы между возбужденными колбочками сетчатки находилась минимум одна невозбужденная. Вследствие того, что диаметр колбочек равен 3 мкм , то для раздельного видения двух точек необходимо, чтобы расстояние между изображениями этих точек на сетчатке составляло не менее 4 мкм . Такая величина изображения получается именно при угле зрения $1'$. Поэтому при рассматривании под углом зрения менее $1'$ две соседние точки пространства сливаются в одну.

Материалы и оборудование: специальные таблицы для определения остроты зрения Головина или Сивцева, указка, рулетка на 5 м .

Ход работы. Исследование проводится с помощью таблиц Головина или Сивцева. В таблице имеется 12 строк с буквами убывающих размеров. Рядом с каждой строчкой указано расстояние, с которого нормальный глаз должен видеть буквы данной строки под углом зрения $1'$. Таблицу вешают на хорошо освещенной стене. Испытуемого усаживают на стул на расстоянии 5 м от таблицы и предлагают закрыть один глаз специальным щитком. Экспериментатор указкой показывает испытуемому буквы на таблице и просит их называть. Определение начинают с верхней строки и, опускаясь вниз, находят самую нижнюю строку, все буквы которой испытуемый отчетливо видит и правильно называет. Затем рассчитывают остроту зрения по формуле:

$$V = d/D,$$

где V — острота зрения (*visus*); d — расстояние до таблицы; D — расстояние, с которого нормальный глаз должен отчетливо видеть буквы данной строки.

Таким же образом определяют остроту зрения другого глаза.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте остроту зрения обоих глаз.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

го глаза) или слева (при исследовании правого глаза). Высоту подставки отрегулируйте так, чтобы нижний край глазницы находился на уровне визирной пластинки. На протяжении всего опыта взор обследуемого глаза остается фиксированным на белой точке периметра, другой глаз закрывается повязкой. Начинайте исследование с горизонтального положения периметра. Медленно двигайте объект (белый квадрат или кружок диаметром 5–10 мм) по внутренней поверхности дуги от 90° к 0° и попросите испытуемого назвать момент появления объекта в поле зрения и указать его цвет. Результаты (в градусах) занесите в таблицу и повторите исследование при вертикальном и двух косых положениях периметра для объектов белого, зеленого или синего цветов.

Указания к оформлению протокола:

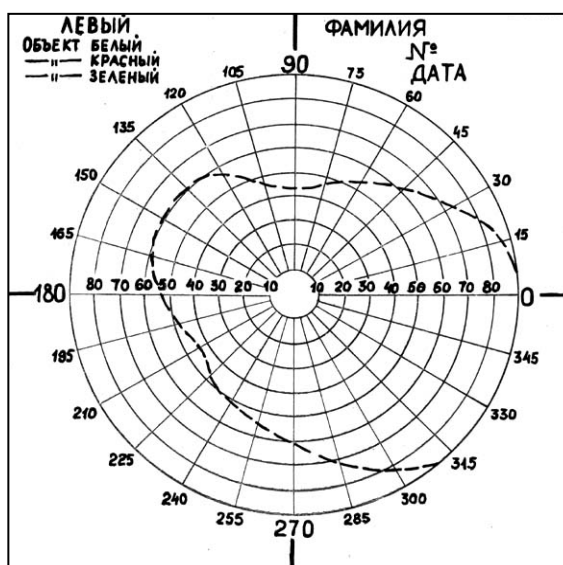
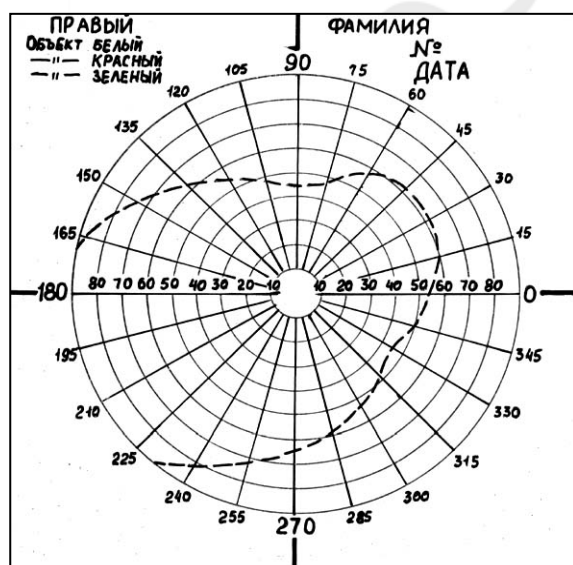
1. Результаты исследования занесите в таблицу 31:

Таблица 31

Границы полей зрения Направленность	Величина поля зрения глаза в градусах	
	для белого цвета	для зеленого или синего цвета
90° (кверху)		
270° (книзу)		
0° (кнаружи)		
180° (кнутри)		
45° (кнаружи вверху)		
45° (кнаружи внизу)		
45° (кнутри вверху)		
45° (кнутри внизу)		

2. По полученным результатам начертите периметрический снимок полей зрения для белого и других цветов.

Вывод: (сравните величину поля зрения для белого цвета с отмеченной на схеме нормой и поля зрения других цветов, объясните причину различия между ними).



Работа 10.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ СЕТЧАТКИ*

Определение чувствительности центральных областей сетчатки имеет важное значение, так как она во многом определяет остроту зрения. Чувствительность зависит не только от функционального состояния нейронов этой части сетчатки, но и от кровотока в ее сосудах, состояния зрительного нерва, зрительных путей, зрительной коры и других факторов.

Ход работы. Выберите из меню программу «Field sens. test» и нажмите «Enter» для ее запуска. На экране появится координатная сетка, соответствующая угловым размерам центральной области сетчатки. Первый круг отстоит от центра, и каждый последующий от предыдущего на 5° . На координатной сетке нанесены 68 точек, которые в процессе исследования последовательно будут появляться на экране в случайном порядке. Слева на экране приведена цветовая шкала, которая будет использоваться для оценки полученных результатов.

Работа выполняется после темновой адаптации зрения в полумрачной комнате. Разместитесь на стуле так, чтобы ваши глаза находились на расстоянии 30 см от экрана дисплея на уровне его середины. Старайтесь держать голову максимально неподвижно.

Исследование проводится для каждого глаза отдельно. Один глаз нужно закрыть. Взгляд исследуемого глаза в течение всего времени исследования должен быть фиксирован на крестике в центре экрана. Через некоторое время в поле зрения появляется светящаяся точка. Яркость точки постепенно возрастает, и в какой-то момент становится достаточной для того, чтобы различить точку на темном экране. Как только точка становится различимой, немедленно нажимайте «Enter». Чем раньше вы замечаете светящуюся точку, тем меньше яркость, необходимая для восприятия стимула данным участком сетчатки, то есть тем больше ее чувствительность.

Для начала тестирования повторно нажмите «Enter», сетка координат исчезнет, в центре появится крестик для фиксации взгляда. В верхнем левом углу будет идти обратный отсчет точек, начиная с 68. Не забывайте, что взгляд все время не переводится и остается фиксированным на центре экрана.

После появления последней точки результаты тестирования будут представлены в виде цветового распределения точек координатной сетки в соответствии со шкалой цветов. В зависимости от времени, которое потребовалось для обнаружения точки, оценивается чувствительность каждого участка исследуемой области сетчатки. Точки синего цвета соответствуют области с максимальной светочувствительностью, точки голубого, зеленого, желтого, красного и розового цветов — областям с все более и более низкой чувствительностью в центральной части сетчатки. Преобладание синего и голубого цвета говорит о высокой чувствительности сетчатки, зеленого и желтого — о нормальной сред-

ней чувствительности. При сниженной чувствительности сетчатки преобладают точки красного и розового цветов.

Значительное влияние на результаты исследования оказывает степень затемнения и время предварительной темновой адаптации. Но при выполнении работы в одинаковых для всей группы условиях результаты различных испытуемых можно сравнивать и при непродолжительном времени адаптации.

Для выхода из программы нажмите «Esc».

Оформление протокола:

На экране преобладают точки _____ цветов.

Вывод: чувствительность сетчатки исследуемого глаза _____ (высокая, средняя или сниженная).

Определите координаты расположения слепого пятна в градусах:

Работа 10.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛАЗА ПРИ ПОМОЩИ АДАПТОМЕТРА (демонстрация)

Способность зрительного анализатора реагировать на изменение величины светового потока является фундаментальным свойством зрительной системы и определяется абсолютной световой чувствительностью. Абсолютная световая чувствительность характеризуется наименьшим количеством световой энергии, при воздействии которой на сетчатку глаза возникает ощущение света. В норме абсолютный порог световой чувствительности глаза человека при полной темновой адаптации продолжительностью 60 мин и более равен $8,7923 \cdot 10^{-8}$ – $2,355 \cdot 10^{-6}$ апостильб (асб), а при 10-минутной адаптации колеблется от $1,75 \cdot 10^{-4}$ до $1,1 \cdot 10^{-5}$ асб (в среднем $4,2 \cdot 10^{-5}$).

Материалы и оборудование. Для выполнения работы необходимы адаптометр (АДМ), стол, кресло, ватно-марлевые салфетки и 70 %-ный раствор этанола.

Адаптометр включает 3 основные части: высоко стабилизированный источник питания, оптическую схему и устройство для адаптации. Блок питания позволяет установить яркость испытательного объекта равной 22 асб, а яркость шара — 2500 асб. С помощью оптического устройства можно ступенчато уменьшать интенсивность светового потока в $4 \cdot 10^8$ раз и предъявлять субъекту 4 тестируемых объекта: квадрат, круг, крест и специальные таблицы Головина. Устройство для адаптации включает шар и ширму, которые позволяют изучать скорость темновой и световой адаптации, пороги световой чувствительности, а также остроту зрения при различных уровнях освещенности.

Ход работы. Определение световой чувствительности и остроты зрения проводят в затемненной комнате, удобно сидя в кресле. Перед опытом испытуемому следует продемонстрировать красную точку, очертание фигур в шаре; объяснить, как будет изменяться освещенность. Испытуемый плотно прижимает глаза к резиновой полумаске шара, фиксируя взор на красной светящейся точке, и в течение 10–15 мин адаптируется к полной темноте. В начале исследования на пути светового потока должны быть введены все светофильтры-затемнители и полностью закрыта диафрагма. Дополнительный светофильтр может быть включен или выключен. В поле зрения устанавливают какую-либо фигуру (квадрат, круг, крест или 3 цифровых таблицы) равную по площади 672 мм^2 . Их индикацию наблюдают в окне 2. Испытуемый эту фигуру не замечает, так как ее яркость равна практически нулю. Медленно увеличивают яркость лучей, снижая оптическую плотность среды, путем последовательного изъятия светофильтров от номера 5,2 до 1,3 (окно 1) и изменения просвета диафрагмы (от 1,4 до 0) до появления у испытуемого ощущения света, не исчезающего в течение 10–15 с. О восприятии света судят по психофизиологической реакции и словам испытуемого «Вижу свет». Полученная величина яркости характеризует абсолютный порог световой чувствительности, который выражается в асб. Найдите его по стандартной таблице 4, которая находится в инструкции к адаптометру, используя сумму значений шкалы диафрагмы и величину оптической плотности светофильтров. Если был введен дополнительный светофильтр, то для определения яркости объекта используете графу 2 таблицы 4 (дополнительный светофильтр 1/100 включен). Продолжайте увеличивать яркость фигуры, до тех пор пока испытуемый правильно не определит ее форму, например, «Квадрат». Эта яркость характеризует порог различения. Прежним способом найдите ее в таблице 4. Разница между величинами порога различения и абсолютной световой чувствительности может характеризовать разностный порог различения.

Результаты: при исследовании абсолютного порога световой чувствительности: суммарная плотность светофильтров и диафрагмы составила _____, яркость равна _____ асб. При исследовании порога различения суммарная плотность светофильтров и диафрагмы составила _____, яркость равна _____ асб. Разностный порог составляет _____ асб.

Выводы: (оцените светочувствительность сетчатки глаз испытуемого при 10-минутной темновой адаптации _____ и укажите, как зависит светочувствительность от продолжительности адаптации, используя график «Зоны нормальной светочувствительности»).

Работа 10.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ

Глаз человека может различать как оттенки черного, белого и серого цветов, так и все цвета и оттенки радуги. Однако у некоторых людей имеется то или иное нарушение цветового восприятия. Полная цветовая слепота встречается крайне редко. Люди, страдающие этой формой расстройства цветового

зрения, видят только различные оттенки серого цвета. Частичная цветовая слепота встречается чаще.

Исследование цветового зрения имеет особое значение для лиц, которым по роду профессии необходимо хорошо ориентироваться во всех цветах.

Материалы и оборудование: полихроматические таблицы Е.Б. Рабкина, специальный экран для поочередного закрытия каждого глаза, сантиметровая лента.

Ход работы. Каждую таблицу следует устанавливать на уровне глаз испытуемого на расстоянии 1 м от него. Продолжительность экспозиции одной таблицы около 5 с. Каждый глаз обследуется отдельно, при этом второй глаз закрывается специальным щитком.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите результаты исследования цветовосприятия.
2. Укажите, к какому виду относятся обнаруженные у испытуемого нарушения восприятия цветов (если таковые выявлены).

Вывод: (укажите, имеются ли у испытуемого нарушения цветового зрения).

Работа 10.7. ОЦЕНКА ПОРОГОВ ЦВЕТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗРЕНИЯ*

Работа выполняется после темновой адаптации зрения в полумрачной комнате. Испытуемый располагается на расстоянии примерно 1 м от экрана. Выберите из предложенного меню программу «Color test» и для запуска теста щелкните по клавише «Enter». На экране появятся два освещенных квадрата.

А. Постепенно увеличивая интенсивность цвета левого квадрата путем нажатия клавиши «D», найдите пороговую величину интенсивности цвета квадрата, при которой испытуемый уверенно определит ее цвет. Нажмите клавишу «Enter» и запишите условную пороговую величину восприятия данного цвета. Попросите испытуемого не смотреть на экран и нажатием клавиши «S» и «W» смените цвет на другой, уменьшите его интенсивность до нуля последовательным нажатием клавиши «A». Попросите испытуемого смотреть на экран и, нажимая на клавишу «D», найдите пороговую величину интенсивности цвета левого квадрата, при которой испытуемый уверенно определит известный вам новый цвет. Нажмите клавишу «Enter» и запишите условную пороговую величину восприятия данного цвета. Повторите описанную последовательность действий при определении порогов восприятия других цветов.

Б. Установите произвольную, близкую к средней, интенсивность окраски левого квадрата последовательным нажатием клавиши «D». Попросите испытуемого нажатием клавиш → или ← подобрать идентичную интенсивность окраски правого квадрата. При завершении подбора нажмите клавишу «Enter» и

запишите цифровые значения разностного порога цветовосприятия. При полном совпадении интенсивности цвета разностный порог равен 0,00; несовпадение подбора отмечается положительными или отрицательными значениями разностных порогов. Для выхода из программы нажмите клавишу «Esc».

Оформление протокола.

Значения порогов восприятия цветов составляют:

красный _____; желтый _____; зеленый _____; синий _____.

Значение разностного порога восприятия _____ цвета составляет _____.

Рассчитайте средние значения порогов цветовосприятия для студентов вашей группы и сравните с ними ваши данные.

Работа 10.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗРЕНИЯ*

Обычное определение остроты зрения проводится в условиях максимального контраста, создаваемого зрительными объектами черного цвета (буква, кольцо Ландольта) на ярко освещенном фоне. Однако в реальной жизни человек использует зрение для визуализации объектов разного размера в условиях различной освещенности (различного контраста). С возрастом и при некоторых заболеваниях зрительного анализатора частотно-контрастная чувствительность изменяется.

Работа выполняется после темновой адаптации зрения в полутемной комнате. Контрастная чувствительность определяется отдельно для каждого глаза. Испытуемый располагается на расстоянии примерно 1 м от экрана. Выберите из предложенного меню программу «Frequency sens. test» и для запуска теста щелкните по клавише «Enter». На экране появится подменю программы.

Выбрав из него опцию «Left-custom set», можно последовательно продемонстрировать испытуемому вид различных реплик, с помощью которых будет определяться контрастная чувствительность зрения. Для этого после нажатия клавиши «Enter» и появления запроса «From» введите номер выбранной реплики (например, 1), затем «Enter», и после появления запроса «To» снова введите этот же номер, затем «Enter». На экране внизу слева появится значок с цифрой 1. Многократным нажатием клавиши ↓ полностью откройте реплику на экране. Обратите внимание, что визуально реплики выполнены так, что нанесенные на них вертикальные полосы вверху реплики находятся на самом темном фоне (низкий контраст), а внизу реплики контраст достигает максимального значения. С увеличением номера реплики число полос на них постепенно уменьшается, ширина полос увеличивается — частота уменьшается. Для предъявления испытуемому возрастающего контраста полос на реплике ее необходимо посте-

пенно «приоткрывать» сверху вниз последовательным нажатием клавиши ↓. Объясните, что при определении частотно-контрастной чувствительности испытуемый должен нажимать клавишу «Enter» в тот момент, когда на «приоткрытой» части реплики он четко увидит вертикальные полосы.

Таким образом можно выбирать одну или несколько реплик (до 16). После демонстрации реплик на экране появится таблица с результатами тестирования.

Выбрав опцию «Left-full test» или «Right-full test», проводят тестирование чувствительности соответственно левого или правого глаза по 16 репликам (при этом второй глаз закрывается щитком). Тестирование контрастной чувствительности начинают с предъявления на экране реплики 1. После идентификации на ней момента появления вертикальных полос и нажатия «Enter» компьютер предлагает реплику 2 и по аналогии далее, включая реплику 16. После завершения тестирования на экране появляется график контрастной чувствительности зрения. При нормальной контрастной чувствительности зрения она составляет 90 % и более во всем диапазоне частот вертикальных полос от высокой (N1) до низкой (N16). Для выхода из программы выберите «Return» и нажмите клавишу «Enter».

Оформление протокола. Отметьте, выявлено ли изменение контрастной чувствительности зрения _____ и для каких номеров реплик контрастная чувствительность вашего зрения была ниже 90 % _____.

Работа 10.9. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗРАЧКОВЫХ РЕФЛЕКСОВ

Повторите исследование зрачковых рефлексов в соответствии с ее описанием в работе 11.2, занятие 11 («Практикум к занятиям по нормальной физиологии», часть I).

Работа 10.10. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ

Испытуемому предлагают сесть на стул. Исследователь располагается на расстоянии 1,5–2,0 м впереди испытуемого и просит его следить глазами за медленными движениями кончика карандаша или пальца, не совершая при этом движений головы. Наблюдают за изменением направления взора испытуемого по 6 координатам от центра фиксации взора до крайних точек поворота глаз (влево, влево-вверх, влево-вниз, вправо, вправо-вверх, вправо-вниз) при слежении им за карандашом или пальцем, вычерчивающим в пространстве букву Н или знак +. Наблюдают за конвергенцией глаз, медленно перемещая карандаш или палец по направлению к кончику носа испытуемого.

Указания к оформлению протокола:

Опишите характер наблюдавшихся движений глаз (наличие или отсутствие движений одного или обоих глаз, плавность, содруженность, объем движений, и т. д.).

Вывод: (укажите, имеются ли у испытуемого нарушения движений глаз).

Работа 10.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОСТОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ*

Скорость сенсомоторной реакции характеризует затраты времени на осуществление таких физиологических процессов как восприятие зрительного сигнала сетчаткой глаз, передачу афферентных нервных импульсов из сетчатки в первичную зрительную кору, передачу сигналов из зрительной коры в двигательные области коры лобных долей и передачу из последних эфферентных сигналов по кортикоспинальным путям к мотонейронам спинного мозга, аксоны которых иннервируют мышцы предплечья и пальцев кисти.

Ход работы. Выберите из предложенного меню программу «Reaction test», и для ее запуска нажмите «Enter». В центре экрана появляется яркий треугольный объект. Всякий раз после появления объекта как можно скорее нажмите клавишу «Enter». После каждого предъявления объекта (кроме 1) компьютер высвечивает среднее значение скорости вашей сенсомоторной реакции. Для выхода из программы нажмите клавишу «Esc».

Оформление протокола. Для характеристики полученных значений скорости вашей реакции сравните его со средним значением скорости реакции для студентов вашей группы. Внесите данные в протокол.

Средняя скорость сенсомоторной реакции для студентов группы _____ мсек.

Собственная средняя скорость сенсомоторной реакции (из 5–6 определений) _____ мсек.

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ »	_____	_____
число	месяц	год

Занятие 11 (30). Физиология слухового, вестибулярного, вкусового, обонятельного и тактильного анализаторов

Цели:

- изучить строение и функции слухового, вестибулярного, вкусового, обонятельного, тактильного анализаторов;
- получить основные представления о ноцицептивной и антиноцицептивной системах.

Задачи:

- освоить методы определения остроты слуха и бинаурального слуха; диагностическую пробу Вебера и Ринне; убедиться в наличии костной проводимости звука, в преимуществе бинаурального слуха; исследовать зависимость слуховой чувствительности от частоты звука;
- научиться определять болевую чувствительность;
- научиться определять пространственные пороги тактильной чувствительности различных участков кожи;
- исследовать обонятельную и вкусовую чувствительности к основным вкусовым веществам;
- ознакомиться с методом оценки состояния вестибулярного аппарата.

Основные вопросы:

1. Слуховая система. Особенности строения и свойств звуковоспринимающего и звукопроводящего аппаратов, обеспечивающие функцию слуха. Механизмы восприятия и анализа звуков. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах слуховой системы.

2. Вестибулярная система. Особенности строения и свойств рецепторного отдела, обеспечивающие восприятие и оценку положения тела в статике и динамике. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах вестибулярной системы. Реакции организма на раздражение вестибулярного аппарата. Возможности их коррекции.

3. Вкусовая система. Вкусовая рецепция. Проводящие пути и центральные отделы вкусовой системы. Восприятие вкуса. Классификация вкусовых ощущений. Реакция организма на вкусовые раздражения.

4. Обонятельная система. Рецепция запахов. Проводящие пути и центральные отделы обонятельной системы. Восприятие и классификация запахов. Реакции организма на раздражение обонятельной системы. Защитные рефлексy.

5. Соматовисцеральная сенсорная система. Кожная чувствительность. Механорецепция. Виды рецепторов. Передача и обработка информации в проводящих путях и центральных отделах.

6. Проприоцептивная чувствительность. Рецепторные механизмы. Особенности строения проводящих путей и центральных отделов. Роль в восприятии и оценке положения тела в пространстве, в формировании мышечного тонуса, позы и движений.

7. Интероцептивная чувствительность. Рецепторные механизмы. Виды интероцептивной чувствительности. Реакции организма на раздражение интероцепторов. Роль интероцепции в поддержании гомеостаза.

8. Ноцицепция. Рецепция болевых раздражений. Особенности строения и свойств проводящих путей и центральных отделов. Центральные механизмы боли. Антиноцицептивные системы. Нейрохимические механизмы антиноцицепции. Понятие о принципах обезболивания. Проекционные и отраженные боли.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какие анатомические структуры относятся к вестибулярному аппарату?
2. Назовите антиноцицептивные системы.
3. Объясните механизм возникновения проецируемой и отраженной боли.
4. Как можно определить поражение звуковоспринимающего аппарата внутреннего уха у человека?
5. Что собой представляет отолитовый аппарат?
6. Какие участки кожи и слизистой оболочки обладают наибольшей пространственно-различительной способностью? Какой показатель ее характеризует?
7. Какие электрические потенциалы можно зарегистрировать в улитке?
8. Какие структуры вестибулярной системы воспринимают угловые ускорения?
9. Аfferентные волокна какого анализатора не переключаются в таламусе и не переходят на противоположную сторону коры больших полушарий?
10. Назовите вкусовые вещества, для которых порог чувствительности минимальный; максимальный.
11. У человека наблюдаются обонятельные галлюцинации. С нарушением функции какой структуры ЦНС могут быть связаны эти изменения восприятия запахов?
12. При исследовании слухового анализатора в опыте Вебера выявлена латерализация звука влево. Какой из отделов слухового анализатора поврежден?
13. Человек плохо воспринимает звуки низкой частоты. Какой отдел улитки поврежден?
14. Пациенту была произведена хирургическая операция сшивания перерезанного нерва руки. Какие виды чувствительности восстановятся в первую очередь после операции?
15. Сколько горошин под пальцами ощущает человек с закрытыми глазами, если он катает горошину двумя пальцами — сначала неперекрещенными, затем перекрещенными? Дайте объяснение результатам опыта.
16. Испытуемому проводят пробу Волчека — вращают в кресле Барани с частотой 1 об/2 с при наклоне головы кпереди под углом 30°. Функции каких рецепторов определяют с помощью указанной пробы, и какой вид нистагма при этом наблюдают?
17. У человека повреждены оба средних уха. Какие нарушения восприятия звуков могут при этом наблюдаться?
18. У больного отмечается выпадение болевой и температурной чувствительности на правой стороне туловища и паралич на левой. В каком отделе ЦНС имеется поражение?
19. У человека поврежден кончик языка. Какой вид вкусовых ощущений преимущественно будет нарушен?
20. Гуляя по лесу, человек вдруг увидел змею. От страха его зрачки расширились. Каков механизм этой реакции и ее биологическое значение?

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. 478–501.
3. *Основы физиологии человека* / под ред. Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. Т. 2. С. 55–94, 107–114.
4. *Физиология человека* / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997. Т. 1. С. 231–260.
5. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 562–584.

Дополнительная

1. *Физиология человека* / под ред. Н.А. Агаджаняна, В.И. Циркина. СПб., 1998. С. 78–95, 101–103.
2. *Физиология человека* / под ред. Г.И. Косицкого. М., 1985. С. 458–480.
3. *Практикум по физиологии* / под ред. К.М. Кулланды. М., 1970. С. 223–225.
4. *Практикум по физиологии* / под ред. Н.А. Агаджаняна. М., 1983. С. 212–218.
5. *Руководство по практическим занятиям по физиологии* / под ред. Г.И. Косицкого, В.А. Полянцева. М., 1988. С. 234–246.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 11.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ЗВУКА

Человек и животные обладают пространственным слухом, который позволяет установить место расположения источника звука, степень его удаленности и направление его перемещения, а также увеличивает четкость восприятия. Временные характеристики пространственного слуха базируются на объединении данных, получаемых от обеих ушей (бинауральный слух). Бинауральный слух определяется двумя основными факторами. Для низких частот основным фактором является различие во времени достижения звуковой волной правого и левого уха, для высоких частот — различия в интенсивности звука.

Материалы и оборудование: камертон, фонендоскоп с трубками разной длины.

Ход работы. Испытуемый сидит на стуле, закрыв глаза. Постукивая карандашом о карандаш справа, слева, спереди, сзади, сверху, снизу, предложите испытуемому указать направление источника звука. Повторите опыт, закрыв у испытуемого наружный слуховой проход одного уха ватой. Вставьте в уши испытуемого оливы фонендоскопа, который находится у него за спиной. Поднесите к фонендоскопу звучащий камертон и предложите указать направление источника звука. Замените одну трубку фонендоскопа на значительно более длинную и повторите опыт.

Указания к оформлению протокола:

Укажите направление источника звука и механизмы, позволяющие определять направление источника звука двумя и одним ухом.

Вывод: (объясните, почему звук кажется смещенным в сторону более короткого пути прохождения звука).

Работа 11.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Опыт Вебера

Различают костную и воздушную проводимость звука. Воздушная проводимость звука обеспечивается распространением звуковой волны обычным путем через звукопроводящий аппарат. Костная проводимость звука — это передача звуковых волн непосредственно через кости черепа.

Ход работы. Рукоятку звучащего камертона приставьте к середине темени. Выясните у испытуемого, слышит ли он звук одинаковой силы или же одним ухом звук слышен лучше. Латерализация звука наблюдается в сторону уха, в котором имеется поражение звукопроводящего аппарата, или в сторону здорового уха, если в другом ухе поврежден звуковоспринимающий аппарат. Повторите опыт, закрыв слуховой проход одного уха ватой.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол:

Сила звука слева и справа в исходном состоянии — _____ после закрытия слухового прохода — _____.

Вывод: (выявлена ли латерализация звука у испытуемого?).

2. Объясните причину латерализации звука при закрытии одного слухового прохода.

Опыт Риннэ (сравнение воздушной и костной проводимости звуков).

Материалы и оборудование: камертон, секундомер, ватные тампоны.

Ход работы. Рукоятку звучащего камертона приложите к сосцевидному отростку и держите до исчезновения ощущения звука (время измерьте секундомером). Затем бранши этого же камертона поднесите к наружному слуховому

проходу. Испытуемый продолжает слышать звук еще какое-то время, которое также измерьте. В норме воздушная проводимость по времени длиннее костной («положительный Риннэ»).

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.

Время воздушной проводимости: слева — , справа — .

Время костной проводимости: слева — , справа — .

2. Оцените полученный результат.

Вывод: (укажите, соответствуют ли полученные данные норме, и объясните причину «положительного Риннэ»).

Работа 11.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СЛУХОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОТ ЧАСТОТЫ ЗВУКА

Ухо человека воспринимает звуковые колебания в диапазоне 16–20000 Гц. Наибольшая чувствительность к звуковым колебаниям находится в пределах 1000–3000 Гц, что совпадает с диапазоном частот человеческого голоса.

Чувствительность слухового анализатора оценивают по минимальной величине звукового давления на барабанную перепонку (либо по минимальной силе звука в свободном звуковом поле), достаточной для возникновения слухового ощущения, т. е. по порогу слышимости. Для определения этого минимального звукового давления используют аудиометры. С их помощью можно точно дозировать частоту звуковых колебаний в диапазоне от 100 до 10000 Гц и их силу в диапазоне от 0 до 100 дБ. Для того, чтобы охарактеризовать состояние слухового анализатора у испытуемого, находят пороги слышимости для каждой фиксированной частоты звуковых колебаний и строят их графическую зависимость — аудиограмму. Аудиограмма отражает зависимость порогов слышимости от высоты звуковых тонов.

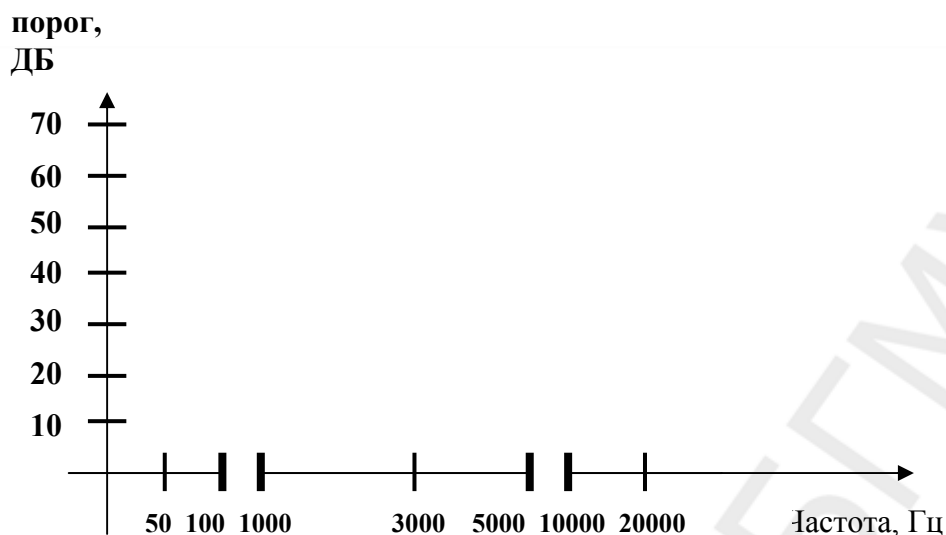
Материалы и оборудование: аудиометр, наушники.

Ход работы. С помощью генератора звуков ЗГ-10 определите пороги абсолютной слуховой чувствительности (в децибелах) для различных частот одновременно для левого и правого уха.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.

50 Гц –	100 Гц –	1000 Гц –
5000 Гц –	10000 Гц –	15000 Гц –



Аудиограмма испытуемого

Вывод: (укажите область частот наибольшей слуховой чувствительности, объясните причины).

Работа 11.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАРАСТАНИЯ ГРОМКОСТИ В ОБОИХ УШАХ ПРИ ОДИНАКОВОЙ ЧАСТОТЕ ЗВУКА

Бинауральное ощущение громкости при увеличении интенсивности звука является необходимым условием для обнаружения источника звукового сигнала. В норме разностный порог по интенсивности для слабых звуков от 200 до 1000 Гц при 5 дб над порогом слышимости равен примерно 2 дб, а по частоте — 4,5 Гц. При поражении слухового анализатора наблюдается со стороны больного уха снижение ощущения громкости, по сравнению со здоровым ухом. В норме при одинаковом слухе в обоих ушах все точки равной громкости укладываются на прямой под углом 45° к осям координат. При глухоте и тугоухости кривые смещаются от срединной линии вправо и вниз.

Материалы и оборудование. Для выполнения данной работы необходимо иметь два звукогенератора (ЗГ-10); одни наушники с разделенными динамиками; частотомер (ЧЗ-23); осциллограф (С1-74); блок управления; вату; 70 %-ный раствор этанола; кресло и две тумбочки.

Ход работы. Предварительно устанавливают на обоих звуковых генераторах равную частоту и выходную мощность, например, 1000 Гц и 25 В. Опорный генератор № 1 подключают к динамику левого уха, а опытный генератор № 2 — к правому. Блок управления позволяет одновременно или отдельно подключать генераторы к динамикам.

Этап 1. Определить отдельно пороги слышимости для каждого уха, которые принимаются за исходную точку. Результаты внести в таблицу.

Этап 2. Определить ощущение равной громкости при постепенном увеличении уровня интенсивности звука для обоих ушей, например, через 10 дБ. В каждой пробе на 2 с включают одновременно звук обоих генераторов и находят ряд других точек равной громкости. Полученные данные изображают графически: по оси абсцисс откладывают уровень интенсивности для левого уха, а по оси ординат — для правого. Если звук воспринимается обоими ушами с одинаковой громкостью, то звуковой образ локализуется в срединной плоскости головы. Испытуемый чаще всего при этом заявляет, что слышит звук в области затылочной ямки.

Этап 3. Искусственно заглушить восприятие звука в одном ухе ватным тампоном и определить латерализацию ощущения звука, т. е. сдвиг звукового образа в сторону от срединной линии, а затем изменяя интенсивность звука найти искомую интенсивность, при которой ощущается равная громкость. Нанести на график полученную точку равной громкости.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу показателями равной громкости.

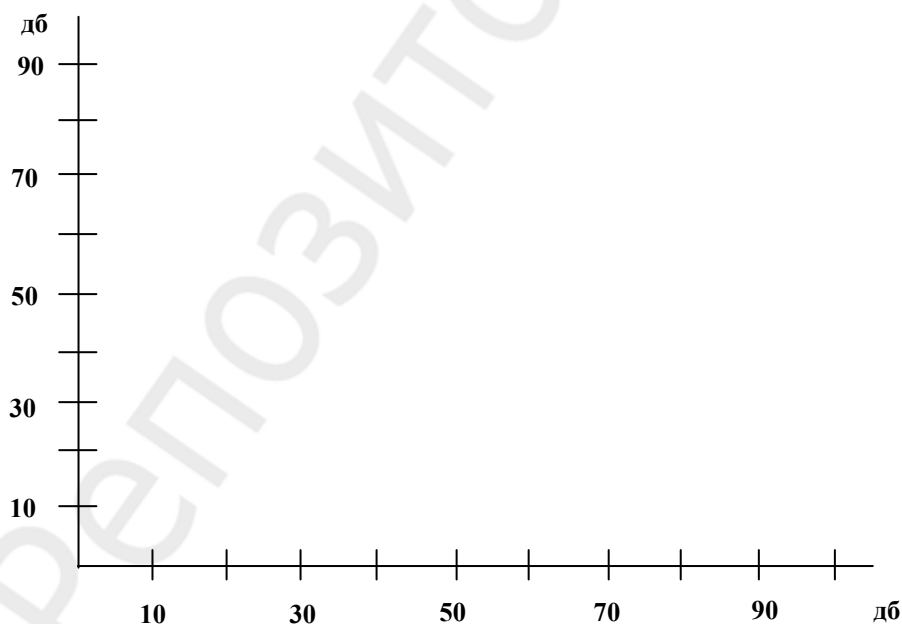
Таблица 32

Ощущение равной громкости в обоих ушах при увеличении интенсивности звука

Ухо	Порог слышимости	Интенсивность звукового сигнала на 1000 Гц, дБ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Левое, у*		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Правое, х*											

Примечание: у — показания опорного генератора; х — показания опытного генератора.

2. Нарисуйте график.



Изменение ощущения громкости для левого и правого уха

Вывод: (как изменялось ощущение громкости от интенсивности звука?).

Работа 11.5. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ. ЭСТЕЗИОМЕТРИЯ (ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОРОГОВ)

Тактильная чувствительность изучается методом эстеziометрии. Различают пространственную чувствительность, которая характеризуется пространственным порогом, и чувствительность, которая определяется по силовому порогу. Под пространственным порогом тактильной чувствительности понимают то наименьшее расстояние между двумя точками кожи или слизистой оболочки, при одновременном раздражении которых возникает ощущение двух прикосновений. Он характеризует пространственно различительную способность кожи и слизистой оболочки.

Материалы и оборудование: эстеziометр (циркуль Вебера).

Ход работы. Испытуемого, сидящего на стуле, просят закрыть глаза. Эстеziометром, с максимально сведенными браншами, прикасаются к определенному участку кожи. Необходимо следить за тем, чтобы обе иглы эстеziометра прикасались одновременно и с одинаковым давлением. Повторяют прикосновение, постепенно раздвигая бранши эстеziометра (каждый раз увеличивая на 1 мм), находят то минимальное расстояние, при котором возникает ощущение двух отдельных прикосновений. Это расстояние называется пространственным порогом данной кожной поверхности или мерой локализационной способности кожного анализатора. Определите пространственный порог на участках кожной поверхности, указанных в таблице.

Указания к оформлению протокола:

1. Найденные величины порогов пространственной чувствительности занесите в таблицу.

Таблица 33

Кожная поверхность	Пространственный порог (в мм)
Внутренняя сторона предплечья	
Наружная сторона предплечья	
Кончик указательного пальца	
Щека	
Лоб	
Губа	

2. Сравните пространственные пороги тактильной чувствительности исследованных участков кожи. Объясните причины их различия.

Работа 11.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА СОМАТИЧЕСКИЕ И ВЕГЕТАТИВНЫЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА

При адекватном раздражении вестибулярного аппарата, благодаря многочисленным связям его центральных отделов с другими отделами ЦНС, возникают разнообразные рефлекторные реакции: тонические рефлексы скелетных мышц шеи, туловища, конечностей, глазных мышц и вегетативные рефлексы внутренних органов — сердца, желудочно-кишечного тракта, сосудов и т. д.

Во время вращательного движения наблюдается нистагм головы, который характеризуется тем, что вначале голова медленно поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения, а затем быстро возвращается в исходное положение. При этом также наблюдается ритмический глазной нистагм. Он включает два компонента: медленный, являющийся проявлением статокINETического рефлекса на угловое ускорение, и сменяющий его более быстрый, который характеризуется движением глазного яблока (скачком) в обратном направлении. Медленный компонент нистагма возникает в начале движения, когда эндолимфа более медленно движется в сторону ампулы под влиянием ускорения, и всегда направлен в сторону, противоположную вращению. Во время самого вращения нистагма нет, так как эндолимфа движется с той же скоростью, что и полукружные каналы. В момент остановки или замедления движения, т. е. при наличии отрицательного углового ускорения, эндолимфа по инерции перемещается, но уже в обратном направлении — возникает послевращательный нистагм. Глазной нистагм, возникающий при поворотах головы или при вращении, имеет важное приспособительное значение, так как обеспечивает сохранение нормальной зрительной ориентации и позволяет фиксировать изображение предметов на сетчатке в период изменения позы и положения головы.

Материалы и оборудование: кресло Барани, частотомер (ЧЗ-22), фотоплетизмограф (ФПГ-02), повязка для глаз, секундомер.

Ход работы.

1. Измерение длительности нистагма. Вращают испытуемого в кресле Барани со скоростью 10 оборотов за 20 с. В процессе вращения глаза должны быть закрыты. После остановки предложите испытуемому зафиксировать взгляд на неподвижном предмете. Характер наблюдающегося нистагма глазных яблок зависит от преимущественного раздражения тех или иных полукружных каналов, что определяется положением головы испытуемого во время вращения. Наблюдаем горизонтальный нистагм при наклоне головы вперед на 15° , ротаторный нистагм при наклоне головы вперед на 90° , вертикальный — при наклоне головы на левое плечо или правое. С помощью секундомера по быстрой компоненте измеряют длительность нистагма (в норме — от 20 до 30 с). Полученные данные внесите в таблицу 34.

**Влияние стимуляции вестибулярных рецепторов центробежным ускорением
на продолжительность послеवращательного нистагма**

Испытуемый		Дата исследования	
Положение головы	Активность каналов вестибулярного аппарата	Вид нистагма	Длительность нистагма (с)
Наклон вперед на 15°	Горизонтальных	Горизонтальный	
Наклон вперед на 90°	Вертикальных	Ротаторный	
Наклон на левое или правое плечо	Сагиттальных	Вертикальный	

2. Влияние стимуляции вестибулярного аппарата на длительность сердечного цикла. Испытуемого усаживают в кресло Барани и определяют среднюю длительность сердечного цикла из 10 сокращений. Мгновенное значение частоты сердечных сокращений определяется по формуле: $60000 \text{ мс} / \text{средняя длительность сердечного цикла}$. К частотомеру подсоединен фотоплетизмограф, фотодатчик которого укрепляется на первой фаланге указательного пальца левой руки. Предварительно кисть левой руки нагревают в теплой воде для усиления кровотока. Перед вращением испытуемого фотодатчик отключается от плетизмографа, а после вращения его быстро подсоединяют к нему. После этого на протяжении минуты с интервалами в 5 с измеряют длительность сердечного цикла. Для стимуляции вестибулярных рецепторов используют вращение вокруг оси со скоростью 10 оборотов за 20 с при наклоне голова вперед на 90°. Полученные данные внесите в таблицу 35.

Влияние стимуляции вестибулярного аппарата на длительность сердечного цикла (ДЦС)

Испытуемый	Покой			После вращения		
	горизонт	ротатор	вертикаль	горизонт	ротатор	вертикаль
ДЦС среднее, мс						
ЧСС мгн						

Вывод: (объясните механизм нистагма и влияние вестибулярного аппарата на сердечно-сосудистую систему, перечислите другие раздражения, вызывающие нистагм).

Работа 11.7. ИССЛЕДОВАНИЕ ВКУСОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ВКУСОВОЙ АДАПТАЦИИ К ОСНОВНЫМ ВКУСОВЫМ ВЕЩЕСТВАМ

Приготовьте растворы: хинина (0,1 %-ный, 0,01 %-ный, 0,001 %-ный), сахара (1 %-ного, 0,1 %-ного, 0,01 %-ного), поваренной соли (0,1 %-ной, 0,01 %-ной, 0,001 %-ной), лимонной кислоты (1 %-ной, 0,1 %-ной, 0,01 %-ной) путем последовательного десятикратного разведения соответствующих исходных рас-

творов (хинина 1 %-ного, поваренной соли 1 %-ной, сахара 10 %-ного, лимонной кислоты 10 %-ной).

Испытуемый не должен знать, какой раствор ему дают. Подержав 20–30 с во рту 2–3 мл раствора вещества (начинайте с минимальной концентрации), он должен оценить вкус предложенного раствора. При необходимости растворы могут быть еще разведены в 2, 3, 4 раза и т. д.

Указания к оформлению протокола:

Заполните таблицу:

Таблица 36

Вещество	Пороговая концентрация исследуемого вещества
Горькое (хинин)	
Сладкое (сахар)	
Соленое (поваренная соль)	
Кислое (лимонная кислота)	

Вывод: (сравните пороги вкусовой чувствительности к различным веществам).

ТЕМЫ РАЗДЕЛА ЗАЧТЕНЫ _____
(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА»

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 12 (31). Врожденные и приобретенные формы приспособительных реакций организма к изменению условий существования. Память. Типы высшей нервной деятельности (ВНД)

Цели:

- сформировать у студентов понятие об интегративных процессах на различных уровнях организма; понятие о роли врожденных (инстинкты, безусловные рефлексы) и приобретенных (условные рефлексы, динамический стереотип) форм приспособительных реакций в адаптации организма к условиям среды существования;
- ознакомиться с видами, механизмами памяти, типами ВНД.

Задачи:

- изучить условия выработки, механизмы образования, классификацию условных рефлексов и их роль в приспособительной деятельности организма;
- изучить различные виды памяти, их механизмы и роль в процессах обучения;
- ознакомиться с учением И.П. Павлова о ВНД и ее типах.

Основные вопросы:

1. Понятие об интегративных процессах и уровнях их организации в организме.
2. Безусловные рефлексы и инстинкты: классификация, условия проявления, биологическая роль.
3. Условные рефлексы. Условия, структурно-функциональная основа и нейрофизиологические механизмы выработки и проявления условных рефлексов. Развитие представлений И.П. Павлова о временных связях, механизмах их замыкания.
4. Приспособительная роль условных рефлексов. Торможение условных рефлексов.
5. Память. Классификация видов памяти. Представления о нейрофизиологических механизмах кратковременной и долговременной памяти.
6. Понятие о динамическом стереотипе и его значении для обучения и приобретения трудовых навыков.
7. Роль различных отделов мозга в реализации врожденных и приобретенных форм поведения, процессах запоминания и научения.
8. Учение И.П. Павлова о ВНД и ее типах.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Назовите общие черты и различия между безусловными и условными рефлексам.

2. Объясните предположительные физиологические механизмы увеличения слюноотделения на словесное описание: цитрусовый плод, ярко-желтого цвета, на разрезе — сочный со специфическим запахом, на вкус очень кислый.

3. Назовите общие черты и различия между безусловными и условными видами торможения.

4. Сформулируйте, в чем заключается биологическое значение врожденных и приобретенных форм поведения.

5. Проанализируйте свое состояние и дайте физиологическое объяснение феноменам, с которыми вы сталкиваетесь при ношении новой одежды, проживании в квартире после перестановки мебели или других предметов, езде по дороге с левосторонним движением и т. п.

6. Проанализируйте и опишите предположительные физиологические механизмы реакций по восстановлению положения тела при нарушении равновесия; торможении автомобиля водителем при внезапной угрозе; вратаря при игре в хоккей, футбол и т. п.

7. В соответствии с классификацией условных рефлексов опишите условия выработки следующих рефлексов животного: световой, пищевой, наличный отставленный условный рефлекс первого порядка.

8. Назовите известные вам виды нарушения памяти и возможности ее улучшения.

9. Приведите наиболее яркие примеры (литературные герои, личные знакомые) типов ВНД; проанализируйте положительные и отрицательные стороны их проявлений в характере и поведении этих людей.

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. С. 502–503, 507–520.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 2 / под ред. академика РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. С. 114–130.
4. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 585–598.

Дополнительная

1. *Физиология человека*: В 3-х т. Т. 1 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. С. 129–136, 158–167.
2. *Физиология. Основы и функциональные системы* : курс лекций / под ред. К.В. Судакова. М.: Медицина, 2000. С. 537–571, 628–645.
3. *Физиология человека*. Изд. 3-е, перераб. и доп. / под ред. Г.И. Косицкого. М.: Медицина, 1985. С. 480–498.
4. *Психология*. В 3-х т. Т. 3. / Р.С. Немов. М.: Просвещение: ВЛАДОС, 1995. 508 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 12.1. ИЗМЕРЕНИЕ ЛАТЕНТНОГО ПЕРИОДА СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

У человека простые условно-рефлекторные связи образуются без специальной выработки. Условием их возникновения является не сочетание раздражителя с подкреплением, а предварительное разъяснение в словесной форме, например: «При появлении сигнала «красный свет» как можно быстрее нажмите на кнопку». Благодаря возникшей ранее (в онтогенезе) ассоциации между словом «красный свет» и непосредственным световым раздражителем после полученной инструкции свет для испытуемого сразу же становится условным сигналом и у него возникают соответствующие зрительные образы еще до реального предъявления этого светового раздражителя.

Сенсомоторная реакция у человека в ответ на световой раздражитель является простейшей психической реакцией, латентный период которой складывается из временных затрат на проведение сигналов от сетчатки в зрительные центры, обработку и опознание зрительного стимула, проведение эфферентных сигналов из сенсорных центров зрения в двигательные центры коры, спинного мозга и к мышцам. Длительность латентного периода определяется также дополнительными временными затратами, связанными с индивидуальными особенностями протекания психических процессов (типа ВНД).

Латентный период реакции на световой раздражитель составляет около 180–200 мс.

В повседневной жизни человек вынужден распределять свое внимание между двумя или несколькими видами деятельности. Выполнение одновременно двух или более видов деятельности требует распределения внимания, увеличивает латентный период реакции и повышает вероятность ошибочных действий.

Материалы и оборудование: электромиорефлексометр (ЭМР-01), сигнализатор, кнопочный замыкатель, секундомер.

Ход работы.

Часть 1. Исследование проводится в условиях относительного психофизиологического покоя, тишине и стабильном освещении. Испытуемый садится в удобной позе перед сигнализатором, держа в руке кнопочный замыкатель. Ему дается инструкция: «При включении красного светового сигнала как можно быстрее нажмите на кнопку». Используют межсигнальные интервалы — 5–10 с. Условно-рефлекторную реакцию воспроизводят 10 раз, регистрируя с помощью прибора латентные периоды.

Часть 2. При тех же условиях исследования инструкцию дополняют заданием: проводить вслух счет — вычитание 7 от 100, затем от полученного результата снова вычесть 7 и так далее до 0. Испытуемому по ходу счета предъявляется 3 световых сигнала красного цвета с прежними интервалами. Регистрируется реакция (есть или нет) и длительность латентных периодов.

Указания к оформлению протокола:

1. Рассчитайте средний латентный период для каждого исследования.
2. Сравните результаты, полученные в 1-й и во 2-й части работы. Проанализируйте ошибки (отсутствие реакции), если они были.
3. Сравните усредненные значения латентных периодов изучаемой реакции с известными вам значениями латентного периода спинальных рефлексов и объясните причины этих различий в выводе.

ПРОТОКОЛ

1. Результаты:

1-й части: средний латентный период _____ **ms.**

2-й части: средний латентный период _____ **ms.**

2. Вывод: _____

Работа 12.2. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ РАЗДРАЖИТЕЛЯ

Материалы и оборудование: электромиорефлексометр (ЭМР-01), сигнализатор, кнопочный замыкатель, секундомер.

Ход работы. Испытуемый сидит в кресле напротив сигнализатора, держа в руке кнопочный замыкатель. Экспериментатор инструктирует испытуемого: «Быстро нажимайте на кнопку при зажигании лампочки красного цвета и не нажимайте при зажигании лампочки зеленого цвета». Условный рефлекс и дифференцировка считаются выработанными, когда испытуемый нажимает на кнопку сразу после включения красной лампочки и не производит ошибочных нажатий при включении зеленой лампочки. Испытуемому предъявляется 10 пар раздражителей. Межсигнальные интервалы — 5–10 с. Регистрируются реакция и длительность латентных периодов.

Указания к оформлению протокола:

1. Результаты внесите в таблицу 37.
2. В выводе сравните среднюю длительность латентных периодов в условиях дифференцировки раздражителя с длительностью латентного периода, полученной в работе 12.1.

Таблица 37

Показатель	Количество применений раздражителя	Количество неправильных реакций	Процент неправильных реакций	Средний латентный период
Реакция на красный свет	10			
Реакция на зеленый свет	10			

Вывод: _____

Работа 12.3. ПЕРЕДЕЛКА СИГНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УСЛОВНОГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ

Материалы и оборудование: электромиорефлексомер (ЭМР-01), сигнализатор, кнопочный замыкатель, секундомер.

Ход работы. Начальные условия опыта аналогичны работе 12.2. После упрочения условной реакции на световой раздражитель красного цвета и дифференцировки на раздражитель зеленого цвета переходите к переделке положительной реакции в тормозную и наоборот. Для этого при зажигании лампочки зеленого цвета испытуемому просят нажимать на кнопку замыкателя, а на красный световой сигнал — не производить нажатия. Испытуемому предъявляется 10 пар раздражителей. Межсигнальные интервалы — 5–10 с. Регистрируются реакция и длительность латентных периодов.

Указания к оформлению протокола:

1. Результаты внесите в таблицу 38.
2. В выводе сравните среднюю длительность латентных периодов в условиях переделки с латентными периодами в работах 12.1, 12.2.

Таблица 38

Показатель	Количество применений раздражителя	Количество неправильных реакций	Процент неправильных реакций	Средний латентный период
Реакция на красный свет	10			
Реакция на зеленый свет	10			

Вывод: _____

Работа 12.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Ассоциативная память основана на самостоятельном, инициативном использовании человеком разных способов запоминания, хранения и воспроизведения информации. Ассоциативная память обеспечивает установление смысловой связи между предъявляемым новым событием (словом) и его ассоциацией с другими текущими или прошлыми событиями (обстановкой, временем, предметами и т. д.).

Методы, используемые для определения объема ассоциативной памяти, позволяют выявить, смог ли испытуемый установить смысловую связь между предъявляемым словом и собственными ассоциациями (условными пометками, рисунками, символами, знаками). При оценке результатов исследования под-

считывается количество правильно воспроизведенных слов. Особенности опосредованного запоминания выражаются через качество рисунков испытуемого. Все изображения можно классифицировать на 5 основных видов:

- *абстрактные* — в виде линий, не оформленных в какой-либо образ;
- *знаково-символические* — в виде знаков или символов (геометрические фигуры, стрелки и т. д.);
- *конкретные* — конкретные предметы;
- *сюжетные* — изображаемые предметы, персонажи объединяются в какую-либо ситуацию, сюжет или один персонаж, выполняющий какую-либо деятельность;
- *метафорические* — изображения в виде метафор, художественного вымысла и т. д.

Исходя из результатов исследования можно дать оценку ассоциативной или опосредованной (смысловой) памяти, а также сделать предположение об особенностях характера мыслительного процесса (типе мышления) испытуемого в зависимости от наиболее часто употребляемого вида изображения.

Материалы и оборудование: ручки, чистые листы бумаги.

Ход работы. Испытуемому дается инструкция: «Вам будет предложен ряд слов или их сочетаний с определенным смысловым содержанием. Для того, чтобы их лучше запомнить, делайте на листке бумаги пометки (символы или зарисовки, но не слова), фиксируя, таким образом, те ассоциации, которые они у вас вызывают».

Экспериментатор громко и отчетливо один раз должен зачитать 20 слов с интервалом, достаточным для того, чтобы испытуемый сделал нужные пометки.

Пример предлагаемых слов: *береговой, утрата, сладкий, ствол, ника, ласковое животное, собака на соломе, печальный, занемочь, хруст льда, перелет шмеля, ясный путь, сумерки, верный товарищ, пламя, собачье счастье, вечерний звонок, легкая ходьба, накрениться, судьба.*

Через 30–60 мин испытуемого просят под каждой из своих пометок подписать все 20 слов и сочетаний.

Указания к оформлению протокола:

1. Выпишите количество ошибок у обследуемого и подсчитайте количество баллов — за каждое правильно воспроизведенное по собственным пометкам (рисункам, символам и т. д.) слово или словосочетание испытуемый получает 1 балл.

2. Сделайте предположение об особенностях характера мыслительного процесса у испытуемого.

3. Сопоставьте собственные результаты с результатами других обследуемых и нормативными данными.

Сравнительные данные для оценки уровня развития ассоциативной (смысловой) памяти:

- | | |
|--------------|---|
| 20 баллов | – очень высоко развитая ассоциативная память; |
| 16–19 баллов | – высоко развитая ассоциативная память; |
| 8–15 баллов | – средне развитая ассоциативная память; |

- 4–7 баллов – низко развитая ассоциативная память;
0–3 балла – слабо развитая ассоциативная память.

Ориентировочные сведения для определения предположительного характера мыслительного процесса (типа мышления) у испытуемого.

Если используются абстрактные и знаково-символические типы рисунков, то скорее в мыслительной деятельности преобладают стремления к обобщению, синтезу информации и для таких людей может быть характерен *высокий уровень развития абстрактно-логического мышления*. Если преобладают сюжетные и метафорические изображения, то скорее для таких людей характерен тип *творческого мышления*. В случае использования конкретного вида изображений можно предположить о превалировании у испытуемого *конкретно-действенного мышления*.

ПРОТОКОЛ

1. Количество ошибок _____. Сумма баллов _____.

2. Вывод: а) уровень развития ассоциативной (смысловой) памяти _____
(очень высокий, высокий, средний, низкий, слабый);
б) предположительно преобладает тип мышления _____
_____ (абстрактно-логическое, творческое, конкретно-действенное).

Работа 12.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КРАТКОВРЕМЕННОЙ СЛУХОВОЙ ПАМЯТИ С ПОМОЩЬЮ БУКВЕННЫХ И ЦИФРОВЫХ КОМПЛЕКСОВ У ЧЕЛОВЕКА

Для быстрого определения объема кратковременной памяти используют буквенные или цифровые сигнальные комплексы. При этом устанавливают то максимальное количество цифровых и буквенных знаков, которое человек может освоить (на слух или глядя на табло) с одного предъявления и воспроизвести.

Материалы и оборудование: таблицы с цифровыми или буквенными сигнальными комплексами, часы с секундной стрелкой.

Ход работы. В работе используйте две равноценные таблицы (39 и 40) с последовательными сигнальными комплексами из букв или цифр. В каждой таблице имеется 8 таких рядов; число знаков в каждом ряду различно: самый короткий первый ряд состоит из 3 знаков. Обследуемому зачитайте сигнальные комплексы из таблицы 39, начиная с самого короткого, состоящего из 3 элементов (например, 9, 7, 2 или А, Ы, О) со скоростью 3 знака в 2 с. После каждого комплекса следует делать интервал в 5–7 с. Обследуемый сразу же должен повторить по памяти услышанный комплекс в той же самой последовательности. Если ряд цифр (или букв) назван без ошибок, зачитайте ему следующий ряд, в котором число элементов больше на 1 знак (например, 1, 4, 6, 8 или Е, Ю, У, Ы).

После ошибки (пропуска или замены знака, или изменения последовательности их воспроизведения) предъявите обследуемому новый комплекс с тем же самым числом элементов, но теперь уже из таблицы 40. В случае ус-

пешного освоения этого комплекса назовите последовательный комплекс с большим числом элементов. Если же ошибка допущена снова, то работу следует закончить и считать число знаков в последнем сигнальном комплексе, воспроизведенном правильно, верхним пределом объема кратковременной памяти обследуемого.

С одного предъявления взрослый человек осваивает от 3 до 7 знаков. Аналогичные результаты получены при последовательном предъявлении геометрических фигур, изображений предметов или слов, не имеющих смысловой связи; при этом слова запоминаются на 5–10 % лучше, чем буквы.

Таблица 39

<p>9 7 2 1 4 5 6 3 9 3 1 8 4 7 6 2 8 5 3 1 5 6 2 9 7 3 8 3 9 1 2 7 4 7 6 4 5 8 3 1 2 9 2 1 6 4 3 8 9 5 7 3</p>
<p>А Ы О Е Ю У Ы О У Ю Е А Ы О Е А Ю У У Е Ю А Ы О Е Ю А Е У О Ы А Ю А Ю Ы О У А Е Ы О Е У А Ы Е У Ю О А Ы</p>

Таблица 40

<p>6 4 1 2 7 3 5 8 5 9 4 3 7 6 5 2 9 4 1 5 3 8 7 9 6 2 9 6 8 1 3 5 7 3 4 2 8 6 5 1 2 9 4 7 9 5 3 8 8 2 1 5</p>
<p>Ю А Ы У Е О А Ы О А Ю Е О Ы У Е А Ю Е У А Ю Ы Е О А Ю Ы У О А Ы У Ю Ы О А У Ы Ю Е А У Е Ю О Ы У А О Е Ы</p>

ПРОТОКОЛ

Объем кратковременной слуховой памяти обследуемого: цифры — _____ знаков, буквы — _____ знаков и соответствует норме _____ (да/нет).

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ

« _____ » _____		
число	месяц	год

Занятие 13 (32). Высшие интегративные функции мозга, как физиологическая основа психических функций человека

Цель: сформировать представления об интегративной деятельности мозга, как физиологической основе психических функций (сигнальные системы, внимание, состояния сна и бодрствования, мотивации, эмоции, целенаправленное поведение, мышление, сознание). Структуры мозга и нейрофизиологические механизмы, участвующие в осуществлении интегративной деятельности мозга.

Задачи:

- изучить основные отличия интегративной деятельности мозга человека и высших животных;
- изучить физиологические основы психических функций человека с использованием системного анализа (функциональных систем) процессов взаимодействия целостного организма с природной и социальной средой.

Основные вопросы:

1. Состояния сна и бодрствования и их нейрофизиологические механизмы. Цикл сон-бодрствование. Фазы сна. Состояние функций ЦНС, соматических, вегетативных, эндокринных функций организма во время сна и бодрствования.
2. Локализация функций в коре больших полушарий и других структурах мозга. Функциональные особенности в деятельности полушарий головного мозга: асимметрия и доминантность.
3. Первая и вторая сигнальные системы. Речь, ее виды. Роль сенсорного (Вернике) и моторного (Брока) центров в речевой функции. Понятие об афазиях.
4. Внимание и его нейрофизиологические механизмы. Роль внимания в процессах восприятия, запоминания и обучения.
5. Физиологические потребности организма, мотивации и доминанты. Виды, понятие о нейрофизиологических механизмах их формирования и значении в жизнедеятельности.
6. Эмоции, виды. Понятие о нейрофизиологических механизмах формирования эмоций. Роль коры больших полушарий, лимбической системы. Состояние функций ЦНС, соматических, вегетативных, эндокринных функций организма при различных эмоциях.
7. Системный анализ осуществления целенаправленного поведения с позиции теории функциональных систем П.К. Анохина.
8. Понятие о мышлении, состояниях сознания и подсознания. Понятие о нейрофизиологических основах и основных медицинских критериях состояния сознания.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Предположительно, с помощью оценки состояния каких функций и какими способами можно оценить наличие или отсутствие сознания у человека?
2. По каким субъективным и объективным данным можно охарактеризовать, в какой фазе сна находится спящий человек?
3. По каким показателям ЭЭГ (частота, амплитуда, ритм) можно оценить у здорового человека, находится ли он в состоянии бодрствования или сна?
4. В чем непосредственно заключается риск для здоровья человека при длительном и выраженном эмоциональном напряжении?
5. В чем разница понятий и значений для адаптации организма состояний «эустресса» и «дистресса» по Г. Селье?
6. Какие приемы и показатели вы можете применить для оценки состояния логического и абстрактного мышления у человека?
7. Какие критерии вы положите в основу характеристики поведения как целенаправленного; что в этом случае будет ведущим для его инициирования на этапе «афферентного синтеза»?
8. Какие функции и параметры поведенческой реакции обеспечивает «акцептор результата действия» по П.К. Анохину?
9. В чем заключается смысл понятия «взаимосодействие» систем организма при осуществлении сложных интегративных процессов или поведенческих реакций организма? Приведите примеры «взаимосодействия» систем.
10. Возможно ли, а если да, то каковы предположительные физиологические основы этой реакции, с помощью только одного слова вызвать глубокие изменения состояний функций организма человека?

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. С. 521–545.
3. *Основы физиологии человека* : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. Т. 2 / под ред. академика РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. С. 130–156.
4. *Физиология человека* : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с. С. 26–31, 598–626.

Дополнительная

1. *Физиология человека*. В 3-х т. Т. 1 / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. С. 143–158, 167–177.
2. *Физиология. Основы и функциональные системы* : курс лекций / под ред. К.В. Судакова. М.: Медицина, 2000. С. 572–605, 646–714.
3. *Физиология человека*. Изд. 3-е, перераб. и доп. / под ред. Г.И. Косицкого. М.: Медицина, 1985. С. 498–522.
4. *Основы системных механизмов высшей нервной деятельности* / В.А. Правдивцев [и др.] / под ред. В.А. Правдивцева. Смоленск: СГМА, 1997. 120 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа 13.1. ОЦЕНКА ЛАТЕНТНОГО ПЕРИОДА ПРОСТОЙ И СЛОЖНОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ (компьютерная программа)

Ход работы. Выберите из предложенного меню программу «**Reaction test**». На темном экране появится светлый треугольник. Через 2–3 с он исчезнет. При его повторном появлении необходимо максимально быстро нажать клавишу «Enter». В верхней части экрана появится сообщение о скорости вашей простой сенсомоторной реакции в мсек.

Повторите тест с самого начала. При этом, после исчезновения первого треугольника, начните сразу отсчет в уме от цифры 200 цифру 7 до 0 с максимальной скоростью. Не прерывая отсчета, при появлении второго треугольника также максимально быстро нажмите клавишу «Enter». В верхней части экрана появится сообщение о скорости вашей сложной сенсомоторной реакции в мсек.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.
2. Сравните полученные показатели и объясните их различия.

ПРОТОКОЛ

1. Латентный период простой сенсомоторной реакции _____ мсек.

Латентный период сложной сенсомоторной реакции _____ мсек.

2. Вывод: _____

_____.

Работа 13.2. ПРОЯВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ПОЛУШАРИЙ

В мозге человека имеется два полушария, каждое из которых в большей мере «отвечает» за определенные функции организма и психики: правое полушарие — за «образное» восприятие и мышление, левое — за «логическое». Доминирование того или иного полушария может предопределять преобладающие черты типа личности — художественного или мыслительного.

Для *художественного типа*, т. е. людей, у которых доминирует правое полушарие мозга, более характерно возникновение ярких образов вследствие живого восприятия, эмоций.

У представителей *мыслительного* — левополушарного типа — преобладают абстракции, логические рассуждения. Спорить о преимуществах того или

иного типа, нет смысла, поскольку речь идет о двух специфических особенностях человеческого восприятия мира.

Внешние проявления функциональной асимметрии мозга позволяют делать вывод о некоторых наиболее характерных чертах личности.

Материалы и оборудование: бумага, калькулятор.

Ход работы. Ответьте на следующие вопросы, пользуясь 11-балльной системой. Категоричному отрицанию соответствует 0 баллов, безоговорочному согласию — 10. Но если, например, первый же вопрос поставит вас в тупик, поскольку вы не относите себя к мрачным личностям, но в то же время не торопитесь пополнить ряды счастливых оптимистов, то в вашем распоряжении баллы от 1 до 9. Постарайтесь поставить себе справедливую оценку «за настроение».

1. У меня преобладает хорошее настроение.
2. Я помню то, чему училась(ся) несколько лет назад.
3. Прослушав раз-другой мелодию, я могу правильно воспроизвести ее.
4. Когда я слушаю рассказ, то представляю его в образах.
5. Я считаю, что эмоции в разговоре только мешают.
6. Мне трудно дается математика.
7. Я легко запоминаю незнакомые лица.
8. В группе приятелей я первым (ой) начинаю разговор.
9. Если обсуждают чьи-то идеи, я требую аргументов.
10. У меня преобладает плохое настроение.

Указание к оформлению протокола:

1. Подсчитайте отдельно сумму баллов по вопросам 1, 2, 5, 8, 9 (левое полушарие, Л) и 3, 4, 6, 7, 10 (правое полушарие, П).
2. Сделайте заключение: к какому типу личности вы относитесь.

Анализ результатов

1. **Л больше П.** Если ваш «левополушарный» (Л) результат более, чем на 5 баллов превышает «правополушарный» (П), то вероятнее, что у вас преобладает логический тип мышления.

2. **П больше Л.** Вероятно, что вы человек скорее художественного типа мышления.

3. **П равно Л.** Наиболее вероятно, что у вас в равной степени сочетаются логическое и художественное типы мышления.

ПРОТОКОЛ

1. Сумма баллов по пунктам 1, 2, 5, 8, 9 _____.

2. Сумма баллов по пунктам 3, 4, 6, 7, 10 _____.

Вывод: _____

Работа 13.3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВНИМАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КОРРЕКТУРНОЙ ПРОБЫ

Внимание — один из главных психологических процессов, от характеристик которого зависит состояние познавательной готовности к обучению, успешность учебной и профессиональной деятельности.

Основные характеристики внимания:

- *устойчивость* — способность сохранения внимания на одном и том же, достаточно высоком уровне в течение длительного периода времени;
- *распределение* — способность, которая позволяет одновременно держать в сфере внимания ряд разнородных событий;
- *переключение* — свойство, которое характеризуется скоростью переключения внимания с одного объекта или события на другие, способность отвлекаться от первого и сосредоточиваться на втором;
- *объем внимания* — это количество объектов или событий, которые одновременно могут находиться в сфере внимания человека.

При исследовании параметров внимания предлагаемым методом выявляется способность испытуемого к концентрации, устойчивости внимания. Корректурная проба впервые была предложена В. Bourdon в 1895 г.

Исследование проводится при помощи специальных корректурных таблиц — бланков с рядами расположенных в случайном порядке: колец Ландольта, букв, цифр, фигур (грибок, домик, ведро, цветок и т. п. — для детей 3–5 лет).

В качестве основного методического, стимульного материала для оценки устойчивости, распределения и переключения внимания выбран буквенный вариант таблиц Бурдона.

Материалы и оборудование: секундомер, стандартные корректурные таблицы с рядами строчных букв, расположенных в случайном порядке без интервалов, карандаш.

Ход работы. Работа выполняется как индивидуально, так и группой студентов. Стандартные корректурные таблицы содержат 1600 знаков. Время выполнения работы 5 мин.

Инструкция испытуемому. «По сигналу вы должны начать внимательно просматривать каждый ряд таблицы 41 слева направо, находить и зачеркивать ту букву, с которой данный ряд начинается. Работа проводится на время с максимальной скоростью и точностью. Через каждую минуту по команде «черта» отметьте вертикальной линией то место на бланке, где вас застала эта команда. Работа прекращается по команде «стоп».

Указание к оформлению протокола:

1. Определить количество букв, просмотренных за каждую минуту, и 5 мин в целом.
2. Определить количество ошибок (пропущенные и зачеркнутые, не оговоренные заданием буквы), допущенных в процессе работы за каждую минуту, и все 5 мин.
3. Рассчитайте показатели внимания за каждую минуту работы и за 5 мин в целом:

Объем внимания оценивается по количеству просмотренных за 5 мин знаков (в норме 850 и более букв).

Концентрация внимания оценивается по количеству допущенных за 5 мин ошибок (в норме 5 и менее).

Показатель переключения внимания высчитывается по формуле:

$$C = (O_S : K_S) \times 100 \%;$$

где O_S — количество ошибочно проработанных строк; K_S — общее количество строк в проработанной части таблицы.

Продуктивность и устойчивость внимания рассчитываются по формуле:

$$S = (0.5 N - 2.8 n) : t;$$

где S — показатель продуктивности и устойчивости внимания в единицу времени; N — количество просмотренных знаков в единицу времени; n — количество ошибок, допущенных в единицу времени; t — время работы, с.

Оценка результатов:

S — выше 1,25 = 10 баллов — продуктивность и устойчивость внимания *очень высокие*.

S — 1.0–1.25 = 8–9 баллов — продуктивность и устойчивость внимания *высокие*.

S — 0.5–1.0 = 4–7 баллов — продуктивность и устойчивость внимания *средние*.

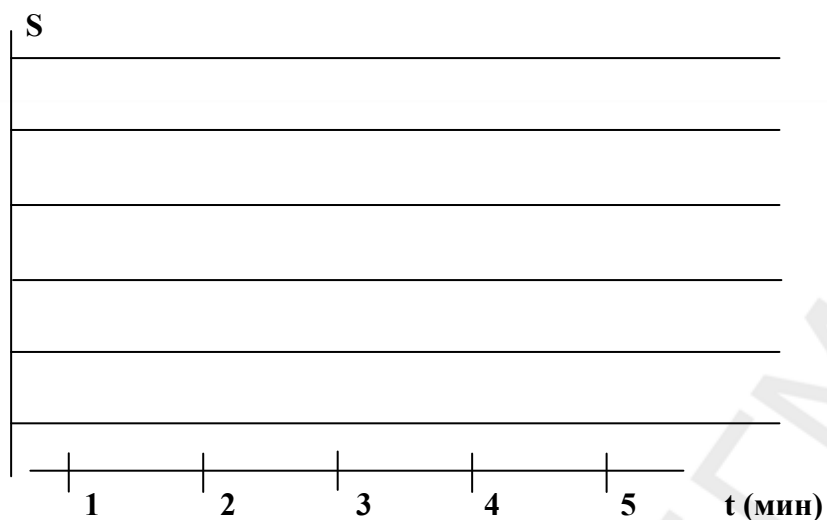
S — 0.2–0.5 = 2–3 балла — продуктивность и устойчивость внимания *низкие*.

S — 0.0–0.2 = 0–1 балл — продуктивность и устойчивость внимания *очень низкие*.

По всем показателям « S », полученным в процессе выполнения задания, строится график, при анализе которого можно судить о динамике изменения во времени продуктивности и устойчивости внимания.

4. Постройте график «Изменение во времени продуктивности и устойчивости внимания».

5. Сделайте вывод об объеме, концентрации, переключаемости, продуктивности и устойчивости внимания.



ПРОТОКОЛ

1-я мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;
2-я мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;
3-я мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;
4-я мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;
5-я мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;
За все 5 мин — $N =$ _____ ; $n =$ _____ ; $S =$ _____ ;

Вывод: _____

Стандартная буквенная таблица для корректурной пробы

СХАВСХЕВИХНИСХНВХВКМНАИСЕМВХЕНАИСНПУКСОВ
 ВЕНХИВСНАВВСАВСАЕКМАХВКЕОРУМЛПНАВЫВАМПРИ
 НХСРОВНВОТКНЛМЧАМОЛТВНЛМИСМГУБВВНСМЛОТЛБ
 ХАКИТОНВММБЛЧСХНГХАИХКМИНГСБЧХФИСБЛМОГНХ
 АХВСТМОНЕУБСТГАХЫЧНАТНВЛСМНГАХВВЛГМВЕМНМ
 СОРНВУЛОНСМСЛНХЧССИОЛКОМГИСМВЛХТСИМНЕПСМ
 УХРАОПНИСМИОТУХНГВЛБЯШГВИМТСНУХЛОГНЦСИМУ
 ИКНГАЕПВОРСМИТУХЫЖБСИНУХТЯДЛАНТСИМХВУМОЛ
 БВАПМИСРОКНЕОЛЭТФОЕУБВОАЖМБНАОПМЮЭХЦШАМ
 СИТНЫДАОРЕГСМИТАНЦХЭОАЛСЬМАБЖЧТСНМКЕАВЭХ
 ВАПУЕКАЧМСИТВДЛМТИНФЭЧБГГКПБЯЕХЮЩАНСМВАТ
 ЕКНМСИТВДЮБСЕГОВЧБЯЕХЮТГМИОУЕАВСБЮЫХЦТМА
 МНГАЕЛИЬЮМПВЕХФЛУЕАСМОЛВГОИБЧСМКЕНГОВМАЕ
 ХВАМСИРНКЕГОМЛЭЮБСМИХВАНЕГЛХУЫМСОЛЭТЕТМГ
 НГМИТГОЛХИНАПМТИНГОЛЭСВАИНРХВАЛЭЮМИНЕРПМ
 АПРВМИСНКМГОАМИВТХИНВЕАПРОЛАИСЕНВХАЭВММА
 БВМИЕНКЛОВМАБХМКЕНГИТМАБЛОМНГЕОЭЛАВТММБМ
 УИМЕВАРПОТИМТИГОХЮБТИСМУЛОАНЕГИАУФВАСМИА
 ТНГОРАМИСПАРВЭМТСАШНКТОВМНГАРМИСТЭХВМИМТ
 ВАПНСИМОЛХЭВТОЕНГАМИСВДЛАРПНМГМИТСЮБВАХЭ
 ЛНХЧССИОЛКОДЛМТИНБТИСМУЛПРОИСМЕАЛОВБИТЮМ
 ОРЕГСМИТАМКМАХВКЕОРУМФЭЧБГГКОРМГСММИИРША
 УКЕНАПМСИРВШОРОАПМУЕКНГТСОЭВКЕНУАЕПИСФМ
 БЯЕХЮСМВПАЕВКБЛВРАНГЕИМТЬДЮАПОРАОШУОВЛФЕ
 МТОНАПСМИВПРАОЭХШКНЕВАСМИФАВКЕНСИАРЕОТИВ
 КХАПРСМИТОВПНАКМГОДЛАТСИВПАМКЕГНХЛОБВАПК
 СМММИВПАЕАНКГАРОАИПТСМСВПАЕНУГКНРИМИМЕАТ
 ИТОСМШВАЕАУКГНВДЛАОПЭБТСИМПВАМБЛЧСМИВАЭХ
 ХВАПРСМИТСФШВХАПКЕНУИТСОЛЭВАТИСРЕВШЛАОЭМ
 ЕНГАРПСМИВАПРОИТИСМПВАЕУХЭДВАПРСШМИАПКНВ
 ГОВРПАШКНСИТВОГАЭШДАРСМИВАКМНЦГСИТЛВОАРО
 АБСРПВАМКЕНГМТИБЛВЭСИВАЕНВЛОАРШАМИАХУФАП
 ВОЛСМИАПНШУХЭВТСИАПАМНЕВРЛЕЧСАВКАИСМРАЕВ
 РОВНВШТЛМТИРОТИМРШНЭХВАПРСТИМКМПВГКНЕПРА
 БВАЕКУМИЦФЭАПРСИМХБВАЛОКЕНГМИБЭЛАЮВСМИЕ
 АУКШНМИСМАВОРИТБЭВОРАМНКГЛОМИСТЦЯХЭЛАОРС
 КНАЕВПСМИМРЛЭЯБСМИКШВПОЛЭХУНВЕКПРВСМИТОР
 ИМАКЕНВАЭОЛМТИСПЕАНВШГФХВПАРУЛОСИМТРОАХЕ
 ХКЕНИСМПВАМЧСИТВАРПОЛХГНКЕЭФЫВУКЕСИМАПХА
 ТОРВМСИПЕУКНВГЛОЭХФЦУЕМСИТМОАРПНЕКХНКШАГ

Темы раздела зачтены

(подпись преподавателя)

Литература

1. Блум, Ф. Мозг, разум, поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. М.: Мир, 1988. 246 с.
2. Вандер, А. Физиология почек / А. Вандер. СПб.: Питер, 2000. 256 с.
3. Гершелл, Р. Секреты физиологии / Р. Гершелл. М.–СПб, 2001.
4. Детская спортивная медицина : рук. для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. С. Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. –М.: Медицина, 1991. 560 с.
5. Дубровский, В. И. Спортивная медицина / В. И. Дубровский. М.: ВЛАДОС, 1999. 479 с.
6. Шейман, Дж. А. Патофизиология почки / А. Дж. Шейман. СПб.: БИНОМ–Невский диалект, 1999. 206 с.
7. Хендерсон, Д. М. Патофизиология органов пищеварения / М. Д. Хендерсон. М.–СПб., 1999.
8. Зильбер, А. П. Дыхательная недостаточность : рук. для врачей / А. П. Зильбер. М.: Медицина, 1989. 512 с.
9. Иванов, К. П. Основы энергетики организма / К. П. Иванов. СПб., 2001. Т. 3. 278 с.
10. Наточин, Ю. В. Основы физиологии почки / Ю. В. Наточин. Л.: Медицина, 1982. 208 с.
11. Семенович, А. А. Определение и расчет резервов организма в осуществлении газообмена: Учебно-методическая разработка / А. А. Семенович. Мн., 1990. 12 с.
12. Основы физиологии человека : учеб. для высших учебных заведений. В 2-х т. / под ред. акад. РАМН Б. И. Ткаченко. СПб., 1994.
13. Гриппи, М. А. Патофизиология легких / М. А. Гриппи. М.–СПб.: БИНОМ, 1999. 344 с. С. 13–80.
14. Потребности в энергии и белке. Доклад объединенного консультативного совещания экспертов ФАО/ВОЗ/УООН. Женева, 1987.
15. Практикум по физиологии / под ред. К. М. Кулланды. М., 1970. С. 216–222.
16. Практикум по физиологии / под ред. Н. А. Агаджаняна. М., 1983. С. 209–212.
17. Руководство к практическим занятиям по физиологии / под ред. Г. И. Косицкого, В. А. Полянцева. М., 1988. С. 228–233.
18. Справочник по пульмонологии / под ред Н. В. Путова и соавт. Л.: Медицина, 1987. 224 с.
19. Семенович, А. А. Терминологический справочник по разделу «Физиология дыхания» / А. А. Семенович, А. И. Кубарко. Мн., 1999. 7 с.
20. Физиологические особенности организма детей различного возраста / под ред. Ф. Н. Серкова и соавт. Киев, 1989. 131 с.
21. Уэст, Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст. М., 1988. 110 с.
22. Физиология плода и детей / под ред. В. Д. Глебовского. М., 1988. 50 с.
23. Физиология человека : учеб. / под ред. Н. А. Агаджаняна и В. И. Циркина. СПб.: СОТИС, 1998. –526 с.
24. Физиология человека : учеб. для высших учебных заведений / под ред. Г. И. Косицкого. М., 1985. 560 с.
25. Физиология человека : учеб. В 2-х т. Т. 2 / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 1998. –447 с.
26. Физиология человека : учеб. Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с.
27. Физиология человека : учеб. / под ред. В. М. Смирнова. М.: Медицина, 2001. 608 с.
28. Физиология человека / пер. с англ.; под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. В 3 т. Т. 2, 3. М.: Мир, 1996.

29. *Функциональная нагрузочная электрокардиография* : рук. / под ред. В. В. Мирончика, А. В. Фролова. Мн., 1998. 122 с.
30. *Хьюбелл, Д.* Глаз, мозг, зрение / Д. Хьюбелл. М.: Мир, 1990. 230 с.
31. *Шурыгин, И. А.* Мониторинг дыхания. СПб.: Невский Диалект, 2000. 301 с.
32. *Exercise Standards for Testing and Training* / G. F. Fletcher [et al.] // *Circulation*. 2001. P. 104, 1694–1740.
33. *James, W. P. T.* Здоровое питание / W. P. T. James. Копенгаген, 1990.
34. *Robnson, L. R.* Regulation Peptides of the gastrointestinael Tract / R. L. Robnson. Изд. 5-е. США, 1997.
35. *Costanzo, L. S.* Physiology / S. L. Costanzo. 1995.
36. *Brodal, Per.* Центральная нервная система / Per Brodal. Оксфорд, 1998.

Оглавление

Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»	3
Занятие 1(20). Внешнее дыхание	3
Занятие 2(21). Газообмен в легких и тканях. Транспорт газов кровью	12
Занятие 3(22). Регуляция дыхания	22
Приложение к разделу «Физиология дыхания».....	30
Занятие 4(23). Тестирование резервов кардиореспираторной системы	40
Дополнения к занятию 4. Нагрузочные тесты оценки резервов кардиореспираторной системы	51
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ»	69
Занятие 5(24). Функциональная система питания. Пищеварение в полости рта и желудка	69
Занятие 6(25). Пищеварение в тонком и толстом кишечнике. Роль поджелудочной железы и печени в пищеварении.....	76
Дополнения к разделу «Физиология пищеварения»	82
Раздел «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ»	87
Занятие 7(26). Обмен веществ и энергии	87
Дополнения к разделу «Обмен веществ и энергии».....	97
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ»	98
Занятие 8(27). Терморегуляция	98
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ»	106
Занятие 9(28). Физиология выделения.....	106
Раздел «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»	116
Занятие 10(29). Общие свойства анализаторов. Физиология зрительного анализатора	116
Занятие 11(30). Физиология слухового, вестибулярного, вкусового, обонятельного и тактильного анализаторов	128
Раздел «ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА»	139
Занятие 12(31). Врожденные и приобретенные формы приспособительных реакций организма к изменению условий существования. Память. Типы высшей нервной деятельности (ВНД)	139
Занятие 13(32). Высшие интегративные функции мозга, как физиологическая основа психических функций человека	147
Литература	155

Учебное издание

Кубарко Алексей Иванович
Александров Денис Александрович
Белорыбкина Людмила Ивановна и др.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум в двух частях

4-е издание

Часть 2 ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

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. 9,3. Уч.-изд. л. 12,4. Тираж 960 экз. Заказ 622.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».
ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004.
ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.
Ул. Ленинградская, 6. 220030, г. Минск.