

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**А.В. Носарев, В.Н. Ким, Ю.Г. Бирулина,
И.В. Ковалев, С.В. Гусакова,
И.В. Петрова, Л.В. Смаглий**

ПРАКТИКУМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

ЧАСТЬ I

Учебное пособие

ТОМСК
Издательство СибГМУ
2019

УДК 616-072.7(075.8)

ББК 53.434я73

П 691

Авторы:

Носарев А.В., Ким В.Н., Бирулина Ю.Г., Ковалев И.В.,
Гусакова С.В., Петрова И.В., Смаглий Л.В.

П 691 **Практикум по функциональной диагностике: в 2-х частях:**
учебное пособие / А.В. Носарев и [др.]. – Томск: Изд-во СибГМУ,
Ч. 1. – 2019. – 71 с.

Данное пособие содержит описание практических работ по наиболее распространенным методам функционально-диагностических исследований сердечно-сосудистой и дыхательной системы. К каждой работе приведено теоретическое обоснование используемой методики, подробное изложение хода выполнения исследования. В пособии представлены тестовые задания и ситуационные задачи для самоконтроля.

Издание подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования для студентов, обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета по специальностям: 30.05.02 – Медицинская биофизика и 30.05.03 – Медицинская кибернетика.

УДК 616-072.7(075.8)

ББК 53.434я73

Рецензент:

Соколов А.А. – доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения функциональной и лабораторной диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ.

Утверждено и рекомендовано к печати Учебно-методической комиссией медико-биологического факультета ФГБОУ ВО СибГМУ (протокол № 3 от 7 июня 2018 г.).

© Издательство СибГМУ, 2019

© Носарев А.В., Ким В.Н., Бирулина Ю.Г., Ковалев И.В.,
Гусакова С.В., Петрова И.В., Смаглий Л.В., 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ.....	5
1.1. Электрокардиография.....	5
1.2. Кардиоинтервалография	12
1.3. Реография.....	20
1.4. Эхокардиография	33
Глава 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ	41
Тестовые задания.....	53
Ответы на тестовые задания	59
Ситуационные задачи	60
Ответы на ситуационные задачи	67
Рекомендуемая литература	70

ВВЕДЕНИЕ

Функциональная диагностика – раздел современной медицинской практики, содержанием которого являются объективная оценка, обнаружение отклонений и установление степени нарушений функции различных органов и систем организма на основе измерения объективных показателей их деятельности с помощью инструментальных исследований. Наиболее распространенными методами, используемыми для этих целей, являются электрокардиография, спирография, холтеровское мониторирование с артериальным давлением и без, пневмотахометрия и другие. В настоящее время применяются технически всё более сложные методы исследований функций системы кровообращения и внешнего дыхания.

Функциональная диагностика – одна из стремительно развивающихся областей современной медицины. Создание более качественной и современной аппаратуры, совершенствование традиционных и создание новых методик исследования организма человека приводят к повышению роли функциональной диагностики в диагностической сфере медицины.

Функциональная диагностика – это ключ к пониманию механизмов развития заболеваний, определения адаптационных возможностей организма и его отдельных функциональных систем. Существенной особенностью функциональной диагностики является отсутствие однозначной трактовки результатов, полученных функциональными методами, поскольку каждый организм уникален, а одинаковой для всех нормы не существует. Приходится проводить исследования в разных условиях и сравнивать результаты повторных обследований одного человека, учитывать всю совокупность факторов, которые могут влиять на исследуемые функции. Для этого необходим достаточно большой объем знаний и навыков.

Данное учебное пособие направлено на изучение студентами, обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета по специальностям: 30.05.02 – Медицинская биофизика и 30.05.03 – Медицинская кибернетика, методов обследования пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой и дыхательной систем, включая их практическое выполнение и трактовку полученных результатов.

Глава 1

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

1.1. Электрокардиография

Цель работы: освоить метод электрокардиографии и оценить электрофизиологическую деятельность сердца по данным электрокардиограммы (ЭКГ) в покое и после физической нагрузки.

Материалы и оборудование: электрокардиограф ЭКЗТЦ-3/6-04 «Аксион» (ООО «Аксион», РФ), термобумага для записи ЭКГ, электроды, кушетка, электродный контактный гель или спрей (при отсутствии – натрия хлорид 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Условия подготовки пациента к ЭКГ.
2. Правила наложения электродов для регистрации ЭКГ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрокардиография является одним из ведущих методов инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, который остается наиболее распространенным и доступным для широкого круга людей. В основе данного метода лежит регистрация биопотенциалов, возникающих в сердце.

Электродвижущую силу (ЭДС) любого источника тока (одиночного мышечного волокна или целого сердца) можно зарегистрировать, устанавливая электроды не только на поверхности возбудимой ткани, но и в проводящей среде, окружающей источник. Это возможно благодаря существованию вокруг каждого источника тока электрического поля. Диполь создает в окружающей его среде силовые линии, идущие от положительного к отрицательному заряду диполя. Помещая электроды в любые точки электрического поля, можно зарегистрировать разность потенциалов, несущую информацию об ЭДС

источника тока. Конфигурация ЭКГ (форма и амплитуда электрокардиографических комплексов) будет зависеть от направления вектора диполя по отношению к электродам отведения, точнее, по отношению к направлению оси электрокардиографического отведения. Осью отведения называют гипотетическую линию, соединяющую положительный электрод, расположенный в выбранной точке электрического поля, с электродом, расположенным в центре источника тока (в центре диполя), – отрицательный полюс отведения. Оси электрокардиографических отведений могут располагаться в электрическом поле параллельно, перпендикулярно, а также под углом к направлению диполя.

В сердце одномоментно (в каждый момент систолы) происходит возбуждение многих участков миокарда, причем направление векторов деполяризации и реполяризации может быть различным. При этом электрокардиограф записывает результирующую ЭДС сердца для данного момента возбуждения. Также существенное влияние на амплитуду электрокардиографических зубцов оказывает расстояние от исследующего электрода до источника тока. Величина зубцов ЭКГ обратно пропорциональна квадрату расстояния от электрода до источника тока.

Таким образом, устанавливая электроды на поверхности тела, возможно зарегистрировать на ЭКГ изменения электрического поля сердца во время деполяризации и реполяризации миокарда, обусловленные изменениями величины и ориентации сердечного диполя на протяжении всего возбуждения сердца.

В норме волна возбуждения сердца возникает в синоатриальном узле (СА-узле) и распространяется на миокард правого предсердия, по трем межузловым трактам – Бахмана, Венкебаха, Тореля – соединяющим СА-узел с атриовентрикулярным соединением (АВ-соединение) и по межпредсердному пучку Бахмана на левое предсердие. Скорость прохождения возбуждения по предсердиям составляет 1 м/с. Деполяризация предсердий регистрируется на ЭКГ в виде зубца Р (рис. 1).

Из предсердий импульс попадает в АВ-узел, который расположен в нижней части правого предсердия справа от межпредсердной перегородки. Нижняя часть узла, утончаясь, переходит в пучок Гиса. На уровне АВ-узла волна возбуждения значительно задерживается. Это обусловлено электрофизиологическими особенностями проводящей ткани АВ-узла. Скорость проведения возбуждения по ней варьирует

от 5 до 20 см/с. Величина разности потенциалов, возникающая в этот период в сердце, очень мала, поэтому на ЭКГ записывается изоэлектрический сегмент PQ.

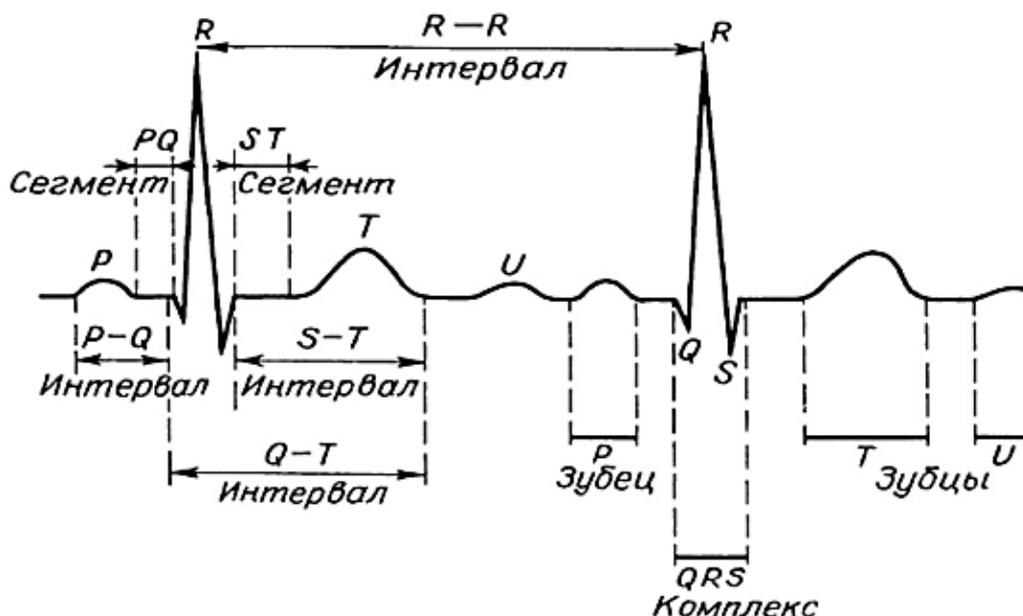


Рис. 1. Нормальная ЭКГ

Процесс деполяризации желудочков отражается на ЭКГ в виде комплекса QRS и начинается с возбуждения межжелудочковой перегородки (зубец Q). Затем возбуждение достигает эндокардиального слоя миокарда верхушки, передней и боковой стенки правого желудочка с преобладанием ЭДС левого желудочка (зубец R). Последними деполяризуются базальные отделы межжелудочковой перегородки, правого и левого желудочков (зубец S).

В период полного охвата возбуждением желудочков разность потенциалов отсутствует, а на ЭКГ регистрируется изоэлектрическая линия – сегмент ST. Процесс реполяризации желудочков отражается на ЭКГ в виде зубца T. При этом вектор деполяризации направлен сверху вниз, от эндокарда к эпикарду, тогда как реполяризации – от эпикарда к эндокарду.

Изменения разности потенциалов на поверхности тела, возникающие во время работы сердца, записываются с помощью различных систем отведений ЭКГ. В настоящее время в клинической практике используют 12 отведений: 3 стандартных (I, II, III), 3 усиленных (AVR, AVF, AVL) и 6 грудных (V₁–V₆) (рис. 2).

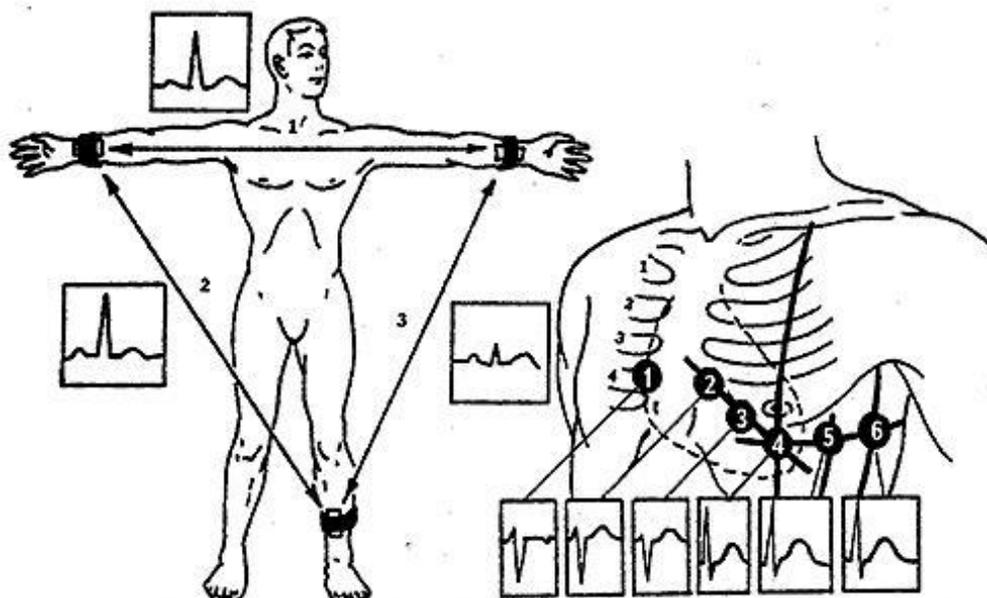


Рис. 2. Формирование отведений ЭКГ

Стандартные двухполюсные отведения фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля, удаленными от сердца и расположенными на конечностях, с образованием равносоставленного треугольника (треугольника Эйнтховена). Усиленные отведения регистрируют разность потенциалов между одной из конечностей, на которой установлен активный положительный электрод отведения и средним потенциалом двух других конечностей (с использованием объединенного электрода Гольдбергера). Грудные отведения являются однополюсными и регистрируют разность потенциалов между активным электродом, установленным на грудной клетке и объединенным электродом Вильсона (образуемым при соединении через дополнительные сопротивления трех конечностей).

Диагностические возможности электрокардиографии могут быть расширены за счет применения дополнительных отведений (использование отведений V_7-V_9 , по Небу, отведение S_5 , $V_{3R}-V_{6R}$) и проведения функциональных проб.

Функциональные пробы позволяют выявить скрытые ЭКГ-нарушения, которые в силу различных причин не могут быть зарегистрированы при обычном электрокардиографическом исследовании в покое (скрытая коронарная недостаточность, нарушения ритма и проводимости). В тех случаях, когда патология как нозологическая форма известна до исследования, с помощью функциональных проб удается определить степень ее выраженности или, наоборот, компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы. Наиболее рас-

пространенными в клинической практике являются пробы с физической нагрузкой (стандартизованная проба Мастера, велоэргометрия, тредмил-тест, кистевой жим), фармакологические (с дипиридамолом, добутамином, β -адреноблокаторами), ортостатическая, холодовая, синокаротидная, психоэмоциональная.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору, проверить заземление прибора. Расположить пациента в свободной позе (сидя или лежа) на кушетке, предварительно раздев до пояса и оголив голени. В присутствии преподавателя по стандартной схеме наложить электроды для записи ЭКГ. Перед наложением электродов поверхность кожи обезжирить спиртом этиловым, электроды обработать электродным гелем или спреем, в случае их отсутствия использовать марлевые прокладки, смоченные 0,9 % раствором натрия хлорида. На электрокардиографе выставить скорость записи ЭКГ 50 мм/с и калибровочный сигнал 10 мм/мВ.

Задание 2. Зарегистрировать ЭКГ в 12 отведениях (не менее 4-х сердечных циклов PQRS в каждом отведении) в состоянии покоя пациента.

Затем произвести функциональные пробы с одновременной регистрацией ЭКГ в стандартных отведениях по одной из предложенных схем:

а) проба с физической нагрузкой (первая ступень – 20; вторая – 40; третья – 60 приседаний в мин). Каждую ступень нагрузки чередовать с отдыхом до полного восстановления пульса. Прекратить исследование при появлении патологических изменений на ЭКГ (подъем или депрессия сегмента $ST \geq 1$ мм, признаки нарушения ритма и проводимости) или отказе пациента;

б) ортостатическая проба (резкая смена положения тела из горизонтального в вертикальное) – пациент лежит на спине, затем быстро встает и выполняется регистрация ЭКГ сразу после вставания, затем через 30 с, 3, 5 и 10 мин. Изменения положения тела приводят к перемещению сердца в грудной клетке, перераспределению крови, рефлексорной тахикардии и изменениям на ЭКГ.

Задание 3. Выполнить интерпретацию полученных ЭКГ и дать электрокардиографическое заключение.

При анализе ЭКГ необходимо придерживаться определенного плана расшифровки:

1. Анализ сердечного ритма и проводимости:
 - а) оценка регулярности сердечных сокращений;
 - б) подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС);
 - в) определение источника возбуждения;
 - г) оценка функции проводимости.
2. Определение поворотов сердца вокруг переднезадней, продольной и поперечной осей:
 - а) определение положения электрической оси сердца во фронтальной плоскости;
 - б) определение поворотов сердца вокруг продольной оси;
 - в) определение поворотов сердца вокруг поперечной оси.
3. Анализ предсердного зубца Р.
4. Анализ желудочкового комплекса QRST:
 - а) анализ комплекса QRS;
 - б) анализ сегмента ST;
 - в) анализ зубца Т;
 - г) анализ интервала QT.

Регулярность сердечных сокращений оценивается при сравнении продолжительности интервалов R–R между последовательно зарегистрированными сердечными циклами. Интервал R–R обычно измеряется между вершинами зубцов R. Регулярный или правильный ритм сердца диагностируется в том случае, когда продолжительность измеренных интервалов R–R одинакова и разброс полученных величин не превышает $\pm 10\%$ от средней продолжительности интервалов R–R. В остальных случаях диагностируется неправильный (нерегулярный) сердечный ритм.

При правильном ритме ЧСС определяют по формуле:

$$\text{ЧСС} = \frac{60}{R - R},$$

где 60 – число секунд в минуте, R–R – продолжительность интервала, выраженная в секундах. В случае неправильного ритма необходимо определить среднее арифметическое значение 3–5 интервалов R–R и вычислить частоту сердечных сокращений по нему.

Для определения источника возбуждения необходимо определить расположение зубцов Р и взаимосвязь их с комплексами QRS. Установление источника возбуждения позволит определить ритм сердца (синусовый или несинусовый: предсердный, желудочковый и др.).

Оценка функции проводимости сводится к определению длительности зубца Р (в норме не более 0,1 с), интервала PQ (в норме от 0,12 до 0,2 с), всех комплексов QRS (норма от 0,06 до 0,1 с), измерению интервала внутреннего отклонения в отведениях V_1 (норма до 0,03 с) и V_6 (норма до 0,05 с) и выявлению, таким образом, нарушений проведения возбуждения по предсердиям, АВ-соединению или желудочкам.

Повороты сердца вокруг переднезадней оси сопровождаются отклонением электрической оси сердца во фронтальной плоскости. Положение электрической оси сердца количественно отражается величиной угла α , который образован электрической осью сердца и положительным концом оси I отведения, которому соответствует 0° .

Различают следующие положения электрической оси сердца в зависимости от величины угла α :

- нормальное ($+30^\circ < \alpha < +69^\circ$);
- вертикальное ($+70^\circ < \alpha < +90^\circ$);
- горизонтальное ($0^\circ < \alpha < +29^\circ$);
- отклонение вправо ($\alpha > +91^\circ$);
- отклонение влево ($\alpha < 0^\circ$).

Наиболее точным методом определения угла α является вычисление алгебраической суммы зубцов QRS в I и III стандартных отведениях.

Для определения поворотов сердца вокруг продольной оси необходимо оценить конфигурацию комплексов QRS в грудных отведениях и установить локализацию переходной зоны (отведение, в котором зубцы R и S равны по амплитуде, в норме отведение V_3). Поворот сердца по часовой стрелке характеризуется смещением переходной зоны в отведения V_5 – V_6 , поворот против часовой стрелки – в отведения V_1 – V_2 . Смещение переходной зоны может свидетельствовать о наличии гипертрофии желудочков.

При анализе зубцов сердечного цикла необходимо оценить их продолжительность, амплитуду, форму, полярность, а также проследить положение сегмента ST. В норме данный сегмент расположен на изолинии ($\pm 0,5$ мм), в случае его отклонения от изолинии (≥ 1 мм) необходимо охарактеризовать направление (элевация, депрессия) и форму смещения (косовосходящее, горизонтальное, косонисходящее и т. д.).

В электрокардиографическом заключении необходимо отметить следующее: источник ритма сердца, регулярность ритма, ЧСС, положение электрической оси и наличие ЭКГ-синдромов (нарушение ритма, нарушение проводимости, гипертрофия миокарда, повреждение миокарда).

Вопросы для самоконтроля

1. Принципы анализа ЭКГ, генез зубцов ЭКГ.
2. Формирование отведений для регистрации ЭКГ.
3. Схема расшифровки данных ЭКГ.

1.2. Кардиоинтервалография

Цель работы: освоить метод оценки variability сердечного ритма и выполнить анализ кардиоритмограмм.

Материалы и оборудование: электрокардиограф Поли-Спектр-8/Е с программным модулем Поли-Спектр-Ритм.NET (ООО «Нейрософт», РФ), тонометр, электроды для стандартных отведений, кушетка, электродный контактный гель или спрей (при отсутствии – натрия хлорид 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Методы исследования изменчивости ритма сердца.
2. Условия проведения кардиоинтервалографии.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Методика кардиоинтервалографии (КИГ), основанная на феномене variability сердечного ритма (ВСР), позволяет получить достаточно валидные оценки состояния регуляторных механизмов вегетативной нервной системы, ответственных за контроль функций сердечно-сосудистой системы. В частности, оценить вовлечение структур надсегментарного контроля кардиоваскулярной системы и механизмов нейрогуморальной регуляции сердца, а также сформулировать обоснованные предположения о соотношении активности симпатического и парасимпатического отделов нервной системы у конкретного испытуемого.

Исследование variability ритма сердца заключается в анализе колебаний продолжительности последовательных интервалов

между сердечными сокращениями (R–R-интервалов на ЭКГ) в покое и при стандартных функциональных тестах.

Как и любой другой метод, КИГ имеет следующие ограничения:

- из анализируемого ритма должны быть исключены все артефакты и эктопические ритмы;
- не следует анализировать кардиоритмограммы, содержащие 5–10 % эктопических сокращений;
- нецелесообразно анализировать кривые при смещении водителя ритма (нижнепредсердный, узловой, желудочковый ритм);
- анализу подлежат только стационарные процессы, следует исключить «переходные» процессы (например, первые 1–2 мин после перехода в положение «стоя» при ортостатической пробе; первые 5–7 мин после проведения проб с физической нагрузкой).

В настоящее время существует несколько методов оценки ВСР. Среди них выделяют три группы:

- методы временной области – опираются на статистические методы и направлены на исследование общей вариабельности;
- методы частотной области – исследование периодических составляющих ВСР;
- интегральные показатели ВСР (относят автокорреляционный анализ и корреляционную ритмографию).

Статистические методы основаны на измерении R–R-интервалов, а также на сравнении показателей. Они дают количественную оценку вариабельности. Пациент после обследования получает кардиоинтервалограмму (ритмограмму), которая представляет собой совокупность R–R-интервалов (рис. 3).

Для анализа кардиоинтервалограммы используются следующие критерии:

- $R-R_{\min}$, мс – R–R-интервал минимальной продолжительности;
- $R-R_{\max}$, мс – R–R-интервал максимальной продолжительности;
- RRNN, мс – среднее значение R–R-интервала, величина обратная средней ЧСС;
- SDNN, мс – среднеквадратичное отклонение продолжительности R–R-интервалов. Отражает все периодические составляющие вариабельности за время записи, то есть является суммарным показателем ВСР;

- RMSSD, мс – данные оценки сравнения R–R-интервалов. Отражает преимущественно активность парасимпатического отдела нервной системы;
- pNN50, % – данный критерий представляет отношение R–R-интервалов, которые отличаются друг от друга, более чем на 50 мс, с общим числом R–R-интервалов. Характеризует преимущественно активность парасимпатического отдела нервной системы;
- коэффициент вариации (CV, %) – показатель суммарной ВСР на анализируемом фрагменте записи, нормированный к средней продолжительности R–R-интервалов.

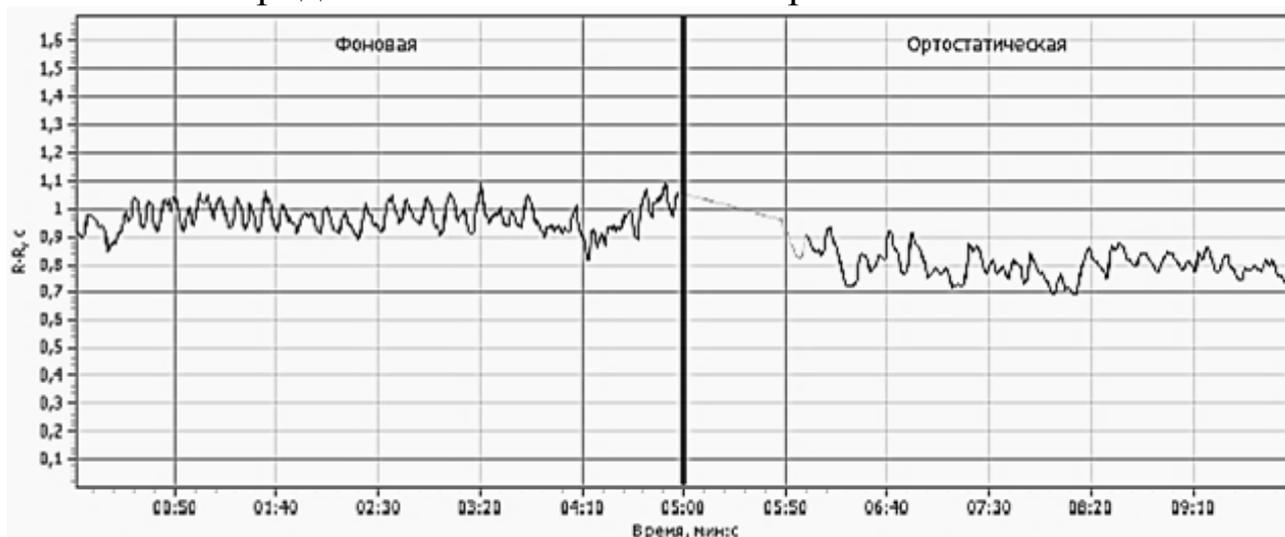


Рис. 3. Кардиоинтервалограмма

Для анализа ВСР используются также геометрические методы. Сущность заключается в получении закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин. Распределение кардиоинтервалов по группам в зависимости от их продолжительности отображается на гистограмме (рис. 4).

В стрессовых ситуациях, а также при патологических состояниях диаграмма будет с узким основанием и острой вершиной (экссессивная). Ассиметричная диаграмма наблюдается при переходных процессах, нарушении стационарного процесса. Многовершинная диаграмма свидетельствует о нарушениях ритма (экстрасистолии, мерцательной аритмии).

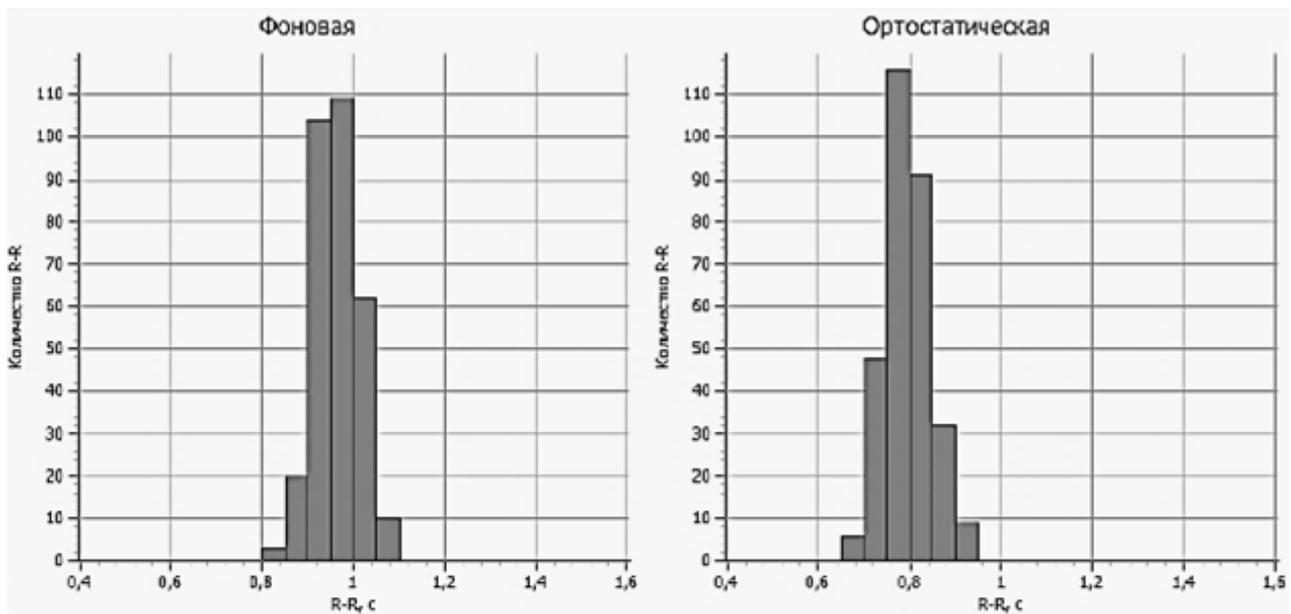


Рис. 4. Гистограмма

Геометрические методы позволяют оценить ВСР с помощью следующих параметров:

- мода (M_o , c) – соответствует количеству R–R-интервалов, которые встречаются наиболее часто, следовательно, позволяют оценить реальное состояние систем регуляции пациента;
- амплитуда моды (AM_o , %) – показывает долю интервалов, которые соответствуют значению моды. Этот параметр отражает стабилизирующий эффект централизации управления сердечным ритмом;
- медиана (M_e , c) – характеристика распределения кардиоинтервалов аналогичная RRNN;
- вариационный размах (ВР, c) – соответствует разности между длительностью самого большого и самого маленького интервалов;
- стресс-индекс (индекс напряжения, SI) – указывает на степень влияния нервной системы на работу сердца;
- индекс вегетативного равновесия (ИВР, у.е.) – отражает соотношение активности симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы;
- показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, у.е.) – отражает соответствие между активностью симпатического отдела нервной системы и состоянием функционирования синусового узла, оценивается в баллах от 1 до 10. Согласно

Р.М. Баевскому при состоянии оптимального напряжения регуляторных систем (норма) ПАПР=1–2, выраженного напряжения – ПАПР=4–6, состоянии истощения (астенизации) – ПАПР=8–10;

- вегетативный показатель ритма (ВПР, у.е.) – указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону парасимпатического отдела нервной системы.

Корреляционная ритмограмма или скаттерграмма (рис. 5) отображает график рассеяния точек («облако»), абсциссой каждой из которых является продолжительность текущего R–R-интервала ($R-R_i$, с), а ординатой – продолжительность предыдущего R–R-интервала ($R-R_{i-1}$, с). В целях анализа ВСР формы «облака» оно аппроксимируется эллипсом, после чего определяется длинная ось эллипса (L , мс; отражает активность относительно медленных механизмов регуляции – симпатической нервной системы, гуморальных систем), короткая ось эллипса (w , мс; отражает активность парасимпатической регуляции), соотношение длинной и короткой осей (L/w ; характеризует симпато-парасимпатический баланс) и площадь эллипса (S , $мс^2$; характеризует общую активность регуляции).

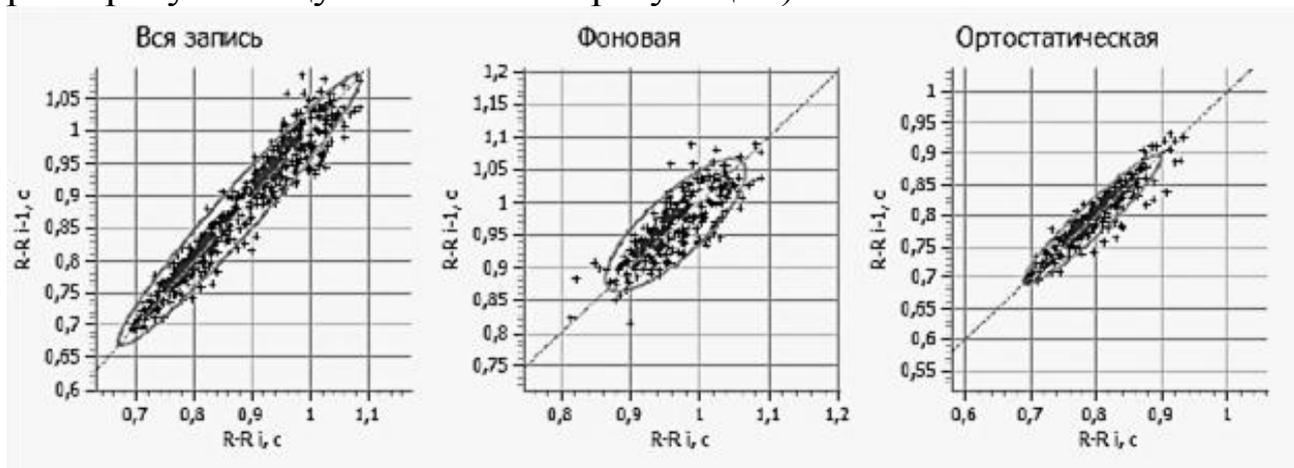


Рис. 5. Скаттерграмма

Количественно оценить влияние на работу сердца различных регуляторных систем позволяет применение спектрального анализа. Выделяют три основных спектральных компонента, которые соответствуют колебаниям ритма сердца различной периодичности:

- высокочастотный (HF, $мс^2$; частота 0,15–0,4 Гц) – связан с дыхательными движениями и отражает влияние на работу сердца блуждающего нерва;

- низкочастотный (LF, мс^2 ; частота 0,04–0,15 Гц) – отражает активность как симпатического, так и парасимпатического отделов нервной системы;
- очень низкочастотный (VLF, мс^2 ; частота 0,003–0,04 Гц), при необходимости может также быть использован ультранизкочастотный компонент (ULF, мс^2 ; частота 0,003–0,015 Гц) – отражает активность надсегментарных центров симпатической нервной системы, подкорковых ядер, гуморальных механизмов.

Важными параметрами на спектрограмме являются также общая мощность спектра (TP, мс^2 ; отражает суммарную активность механизмов регуляции) и индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, характеризует баланс влияния на сердце парасимпатического и симпатического отделов).

Автокоррелограмма представляет собой график динамики коэффициентов корреляции, получаемых при последовательном смещении анализируемого динамического ряда на одно число по отношению к своему собственному ряду. Представляет собой качественный анализ, по данным которого можно судить о влиянии на автономную систему сердца центрального звена.

Наиболее интересной частью работы с кардиоритмограммой, представляющей существенную дополнительную информацию при оценке функционального состояния сердца и позволяющей оценить реактивность вегетативной системы является проведение функциональных проб. Среди них необходимо отметить активную ортостатическую пробу, пробу с глубоким дыханием, пробу Вальсальвы, изометрическую нагрузочную пробу, кардиоваскулярные пробы по D. Ewing.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору, проверить заземление прибора. Расположить пациента лежа на спине на кушетке, предварительно оголив предплечья и голени для наложения электродов. Для исследования используются стандартные прижимные электроды («прищепки»), которые накладываются по схеме на рисунке 6 (а). При необходимости электроды можно укрепить попарно на руках: на правом предплечье – красный и черный, на левом – желтый и зеленый (рис. 6, б). Кожные покровы пациента перед ис-

следованием обработать спиртом этиловым, на электроды нанести электродный гель или спрей.

Задание 2. Зарегистрировать ритмограмму. Продолжительность записи составляет от 5 до 10 мин (300–500 кардиоциклов) в состоянии покоя пациента (фоновая запись). Запись следует начинать только после достижения стационарного процесса на графике ритма (при стационарном процессе на графике ритма не должно быть тренда ЧСС и должна прослеживаться повторяющаяся однотипная волновая структура). Во время регистрации пациент должен лежать спокойно, дышать, не делая глубоких вдохов, не кашлять.

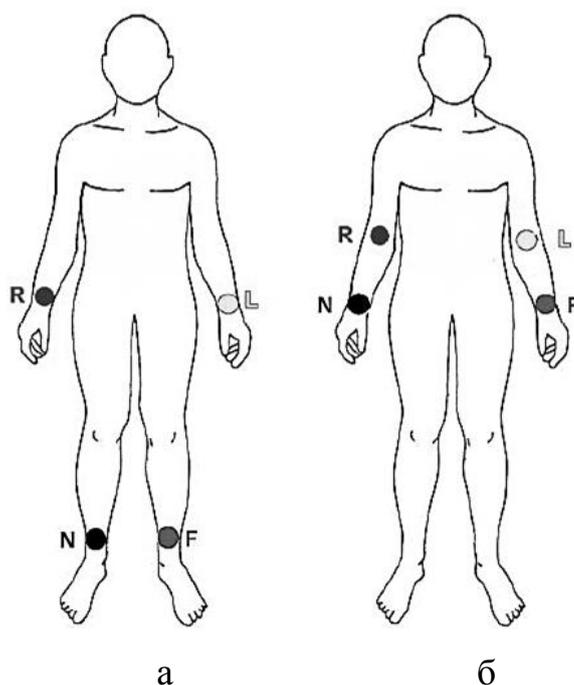


Рис. 6. Варианты наложения электродов для КИГ:
L (желтый) – на левую руку, R (красный) – на правую руку,
F (зеленый) – на левую голень, N (черный) – на правую голень

Затем произвести функциональные пробы с одновременной регистрацией КИГ:

а) активная ортостатическая проба – из положения лежа испытуемый быстро встает и стоит спокойно по стойке «смирно», но без напряжения. Необходимо «подстраховать» испытуемого при вставании и в течение первой минуты пробы, поскольку в это время возможна потеря равновесия или обморок. Продолжительность записи пробы составляет 6 мин. Техническая особенность проведения пробы заключается в том, что во время вставания с кушетки регистрируемый сигнал может «зашкалить», и на КИГ появятся множественные

артефакты. Для того чтобы избежать этого, необходимо переместить электроды, как показано на рисунке 6 (б). Данная проба позволяет оценить реактивность парасимпатического и симпатического отделов нервной системы, выявить толерантность к резким изменениям положения тела, произвести дифференциальную диагностику обморочных состояний и нейроциркуляторных расстройств кровообращения. Проба считается положительной, если развивается обморочное или предобморочное состояние и/или в ответ на ортостатическую нагрузку ЧСС увеличивается более чем на 30 ударов в 1 мин, а систолическое артериальное давление ($АД_{\text{сист}}$) снижается на 30 мм рт. ст. и более;

б) проба с глубоким дыханием – испытуемый должен принять положение лежа на спине, расслабиться и дышать под команду исследователя или под метроном, делая медленный глубокий вдох за 5 с, а затем глубокий выдох за 5 с. Убедившись, что испытуемый правильно выполняет инструкцию, выполняется регистрация пробы. Запись продолжается в течение 1 мин 10 с, чтобы испытуемый сделал около 6–7 полных дыхательных циклов. Целью данной пробы является выяснение характера реакции на стимуляцию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Задание 3. Выполнить интерпретацию полученных ритмограмм и дать заключение.

При анализе ритмограмм рекомендуется:

- указать тип ритмограммы, ритм сердца, количество зарегистрированных кардиоциклов, среднюю ЧСС;
- привести показатели временного и спектрального анализа;
- оценить состояние нейрогуморальной регуляции или исходный вегетативный тонус (уравновешенность и высокий уровень симпатических и вагальных механизмов регуляции вегетативного тонуса или преобладание церебральных надсегментарных влияний);
- дать характеристику баланса отделов вегетативной нервной системы: преобладание симпатической или парасимпатической регуляции, смешанный тип регуляции;
- при помощи кардиоваскулярных проб оценить качество нейрогуморального контроля системы кровообращения. На ритмограмме ортостатической пробы выделяется переходный процесс и рассчитывается коэффициент 30/15 (соотношение максимального и минимального, соответственно, по продол-

- жительности R–R-интервала после перехода испытуемого в положение стоя). При этом минимальный ищется в области 15-го сердечного сокращения от начала пробы, а максимальный — в области 30-го удара (что следует из физиологического обоснования, данного D. Ewing). Коэффициент 30/15 характеризует функцию блуждающего нерва и не зависит от скорости вставания и возраста, его снижение характеризует недостаточность функции *n. vagus*. Кроме этого, при переходе из вертикального положения в горизонтальное в норме снижается спектральная мощность всех компонентов (HF, LF, VLF), и, как следствие, снижается общая мощность спектра. По данным пробы с глубоким дыханием оценивается разница между максимальной и минимальной ЧСС во время дыхательного цикла и так называемое экспираторно-инспираторное отношение или дыхательный коэффициент (K_{R-R}). Считается, что тахикардия в покое и снижение K_{R-R} указывают на ухудшение парасимпатической функции;
- при необходимости дать прогностическую оценку проводимого исследования – риск опасных аритмий и сердечно-сосудистых осложнений.

Вопросы для самоконтроля

1. Принцип метода КИГ.
2. Методики оценки ВСР.
3. Показания для проведения функциональных проб.

1.3. Реография

Цель работы: освоить реографические методы исследования и выполнить анализ реограмм.

Материалы и оборудование: реографический комплекс «Рео-Спектр» с программным модулем Рео-Спектр (ООО «Нейрософт», РФ), тонометр, электроды, кушетка, токопроводящий гель или спрей (при отсутствии – натрия хлорид 0,9 %), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Принцип метода реографии.
2. Диагностическое значение метода реографии.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Реография – неинвазивный, высокочувствительный метод графической регистрации кровоснабжения органов, в основе которого лежит принцип определения изменений электрического сопротивления тканей в связи с меняющимся кровенаполнением.

Согласно закону Ома, сила тока обратно пропорциональна сопротивлению. Полное электрическое сопротивление (импеданс) живых тканей складывается из основного (омического) и дополнительного (реактивного). Последнее возникает при прохождении электрического тока вследствие поляризации клеточных мембран. Основное сопротивление, в свою очередь, складывается из постоянного, зависящего от характера органа и его структуры, и переменного, обусловленного изменением кровенаполнения в результате работы сердца. В связи с тем, что кровь обладает значительно большей электропроводностью по сравнению с другими тканями, при увеличении объема крови в каком-либо участке сосудистой системы происходит увеличение электропроводности и падение сопротивления, а после оттока крови отмечается, соответственно, увеличение сопротивления.

Для правильного и успешного выполнения метода реографии, необходимо помнить, что данный метод заключается в измерении малого изменения (0,05 %) сопротивления, при этом различные помехи могут привести к значительному искажению полезного сигнала.

Исследования производят с помощью реографов, которые для усиления и записи сигналов подключаются к электрокардиографам, электроэнцефалографам и другим аналогичным приборам. На поверхности тела укрепляются электроды, размер и форма которых определяется областью и целями исследования. Принцип работы реографа заключается в следующем: от генератора высокой частоты реографа с помощью электродов через исследуемый орган пропускается ток высокой частоты и малой величины (30–175 кГц, 1–10 мА). При этом на исследуемом участке (органе) возникает падение напряжения. Изменения кровенаполнения в исследуемом органе приводят к изменениям его импеданса (главным образом, за счет реактивной составляющей) и пропорциональным изменениям амплитуды высокочастотного напряжения. После усиления с помощью детектора и фильтров выделяется низкочастотная составляющая, представляющая собой реографический сигнал (реограмму). Форма и амплитудные характеристики реограммы зависят от четырех факторов: состояния

проходимости и тонуса сосудистого русла, пропульсионной способности сердца, свойств зондирующего тока и площади электродов. Последние два параметра, как правило, являются стандартными, заданными для этой методики.

Зарегистрированные реограммы подвергаются визуальному (качественному) и количественному анализу. Визуальный анализ позволяет быстро оценить состояние гемодинамики, качество записи, выявить и устранить артефакты, выбрать наиболее типичные участки реограммы для последующей математической обработки. Количественный анализ позволяет документально подтвердить динамику кровотока и определить показатели, характеризующие интенсивность регионарного кровообращения исследуемого органа.

Основные элементы реограммы представлены на рисунке 7.

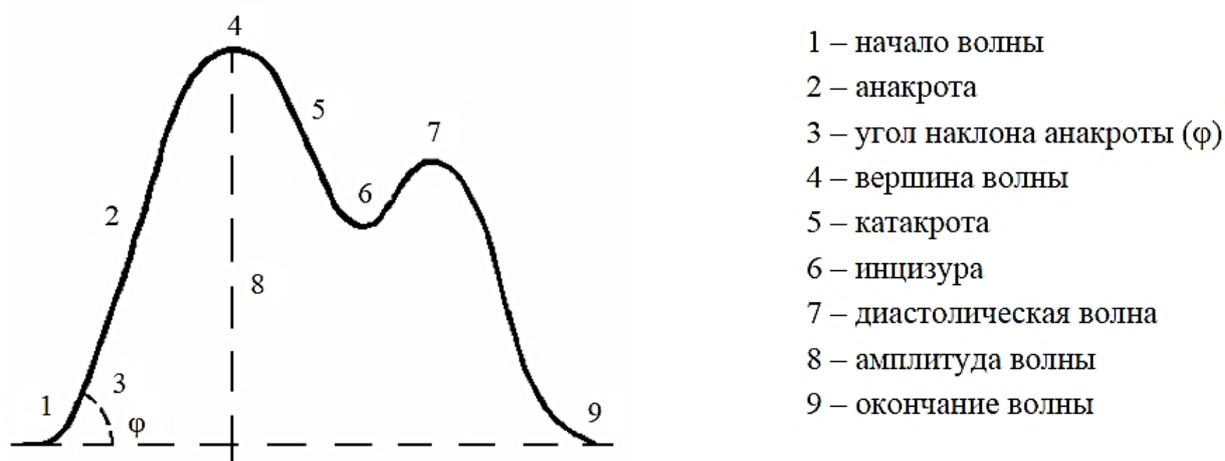


Рис. 7. Основные элементы реограммы

Анакрота характеризует преимущественно приток крови в исследуемый орган, причем ее нижняя часть отражает состояние тонуса и эластичность крупных, верхняя – средних и мелких артерий. Вершина волны соответствует точке наибольшей скорости изменения импеданса, форма ее зависит от продолжительности периода, когда приток равен оттоку. Катакрота в своей верхней части характеризует приток и отток крови с преобладанием оттока, а после инцизуры – только отток, поэтому до инцизуры она отражает состояние артерий и вен, а после инцизуры – только венозных сосудов. Появление диастолической волны обусловлено отражением крови от полулунных клапанов и зависит от периферического сосудистого сопротивления. Выраженность и высота диастолической волны зависят от состояния мелких артерий, артериол и венул.

Кривая в норме достаточно регулярна; изменения регулярности зависят от нарушения ритма сердечных сокращений или дыхания. Регулярность реографических волн существенно меняется при некоторых видах патологии, например, при выраженной сосудистой дистонии. Форма реографических волн зависит, главным образом, от состояния сосудистой стенки. При ее патологических изменениях меняется конфигурация отдельных частей, вершины реографической волны, угла наклона восходящей части, выраженности и местонахождения диастолической волны.

В клинической практике наибольшее значение приобрела реография конечностей (реовазография, РВГ) и реография сердечной деятельности (реокардиография, РКГ).

В диагностическом плане реография позволяет оценить с достаточной степенью точности: проходимость крупных артерий, объемное пульсовое кровенаполнение исследуемого органа, тонус и эластичность артерий различного калибра, состояние венозного оттока, при наличии окклюзии артерий – ее уровень и распространенность, отдифференцировать органические изменения сосудов от функциональных.

Для дифференцирования функциональных изменений от органических и выяснения компенсаторных возможностей сосудистой системы нередко применяются функциональные пробы: нитроглицериновая, с локальной физической нагрузкой, на реактивную (постишемическую) гиперемии, постуральная, тепловая и холодная пробы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Часть 1. Освоение методики РВГ

Задание 1. Внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору и тщательно проверить заземление. Подготовить электроды для выполнения РВГ и синхронной записи ЭКГ (рис. 8). Техника наложения РВГ-электродов – продольная, модифицированная по принципу «общего» электрода. При таком расположении электродов не остается участков конечности, не задействованных в реографическом обследовании. Используются ленточные электроды из электропроводящей ткани, смоченные натрием хлоридом 0,9 %. Для наложения электродов ЭКГ использовать электродный токопроводящий гель или спрей. Кожные покровы предварительно обработать спиртом этиловым.

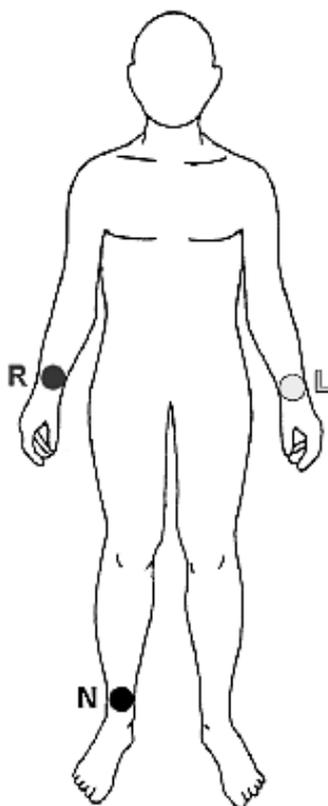


Рис. 8. Схема наложения электродов ЭКГ:
L (желтый) – на левую руку, R (красный) – на правую руку,
N (черный) – на правую ногу

Подготовить пациента к исследованию: РВГ нижних конечностей проводится в положении лежа, верхних – лежа или сидя. Реограф позволяет выполнять регистрацию реограмм одновременно с двух смежных сегментов конечности, расположенных симметрично и предусматривает 4 режима записи РВГ: «плечо–предплечье», «предплечье–кисть», «бедро–голень», «голень–стопа». Электроды накладываются на проксимальные и дистальные отделы плеча, предплечья, кистей или пальцев руки, бедра, голени, стопы или пальцев ноги с соблюдением строгой симметричности и межэлектродным расстоянием 30–40 см. Под контролем преподавателя зафиксировать РВГ-электроды на испытуемом в зависимости от предпочтительной зоны обследования.

Задание 2. С помощью программного модуля Рео-Спектр произвести запись реограмм в состоянии покоя пациента (фоновая запись).

Затем произвести функциональные пробы с одновременной регистрацией реографической волны:

а) ишемическая проба (в основе ее лежит реактивная гиперемия за счет расширения сосудов продуктами нарушенного метаболизма

(молочная кислота и др.), образовавшимися при ишемии тканей). Для ее выполнения после фоновой записи РВГ проксимально исследуемой области наложить манжету тонометра, придать конечности возвышенное положение на 3 мин, после чего нагнести давление в манжете выше максимального (до исчезновения пульса), опустить конечность, затем через 2 мин зарегистрировать РВГ, выпустить воздух и 3–4 мин непрерывно регистрировать РВГ вновь. У здоровых через 30–40 с амплитуда РВГ возвращается к исходному уровню, а через 1–1,5 мин амплитуда основной волны (так же, как и РИ) превышает исходное значение в 1,3–1,4 раза. При патологии артерий восстановление амплитуды основной волны РВГ происходит значительно дольше (от 2 до 10–15 мин и более); дальнейшего увеличения РИ не наблюдается;

б) холодная проба (основана на свойствах холода вызывать спазм сосудов. В ходе пробы фиксируется, как быстро восстанавливается кровоток после воздействия холода). Показанием к ее проведению являются вибрационная болезнь, болезнь или синдром Рейно, полиневриты и т.д. После регистрации исходной РВГ кистей или стоп к дистальным отделам конечностей (тыл стопы или кисти) приложить на 10 мин грелку с холодной водой (+5–+10 °С), спустя 10 мин повторно зарегистрировать РВГ, через 5–10 мин в третий раз зарегистрировать РВГ. У здоровых тотчас после воздействия холода может наблюдаться некоторое снижение РИ с полным восстановлением через 5–10 мин. У больных период восстановления будет значительно большим: 15–30 мин и более;

в) тепловая проба (основана на свойствах тепла снимать спазм гладкой мускулатуры сосудов). Рекомендуется проводить эту пробу при заболеваниях позвоночника, протекающих с выраженной сосудистой реакцией. После регистрации фоновой записи РВГ верхних или нижних конечностей поместить теплую грелку на 10–15 мин на шею или поясницу (в зависимости от целей исследования и локализации процесса), через 15 мин грелку убрать и зарегистрировать РВГ. При отсутствии органических изменений сосудов наблюдается увеличение амплитуды основной волны. Уделяется также внимание динамическим показателям и значениям сосудистого тонуса.

При гипотонусе, обусловленном корешковым синдромом, после тепловой пробы усиливаются дополнительные волны; при атонии сосудов может быть парадоксальная реакция.

г) проба с локальной физической нагрузкой (сгибание, разгибание в голеностопном или лучезапястном суставе в течение 1 мин). После нагрузки у здоровых лиц наблюдается увеличение амплитуды волн РВГ, длительность анакроты существенно не меняется. У лиц с облитерирующими заболеваниями сосудов конечностей величина амплитуды реографической волны после нагрузки не изменяется или уменьшается (возможно, уменьшение на 50–60 %), а длительность анакроты увеличивается на 30–60 %.

Задание 3. Выполнить интерпретацию зарегистрированных реовазограмм. Произвести визуальный анализ, определив начало и окончание реоволны, анакроту, вершину, катакроту, оценив расположение и степень выраженности инцизуры и диастолической волны. При помощи вспомогательного инструментария программы отобрать участки реограммы для последующей математической обработки и количественного анализа (рис. 9).

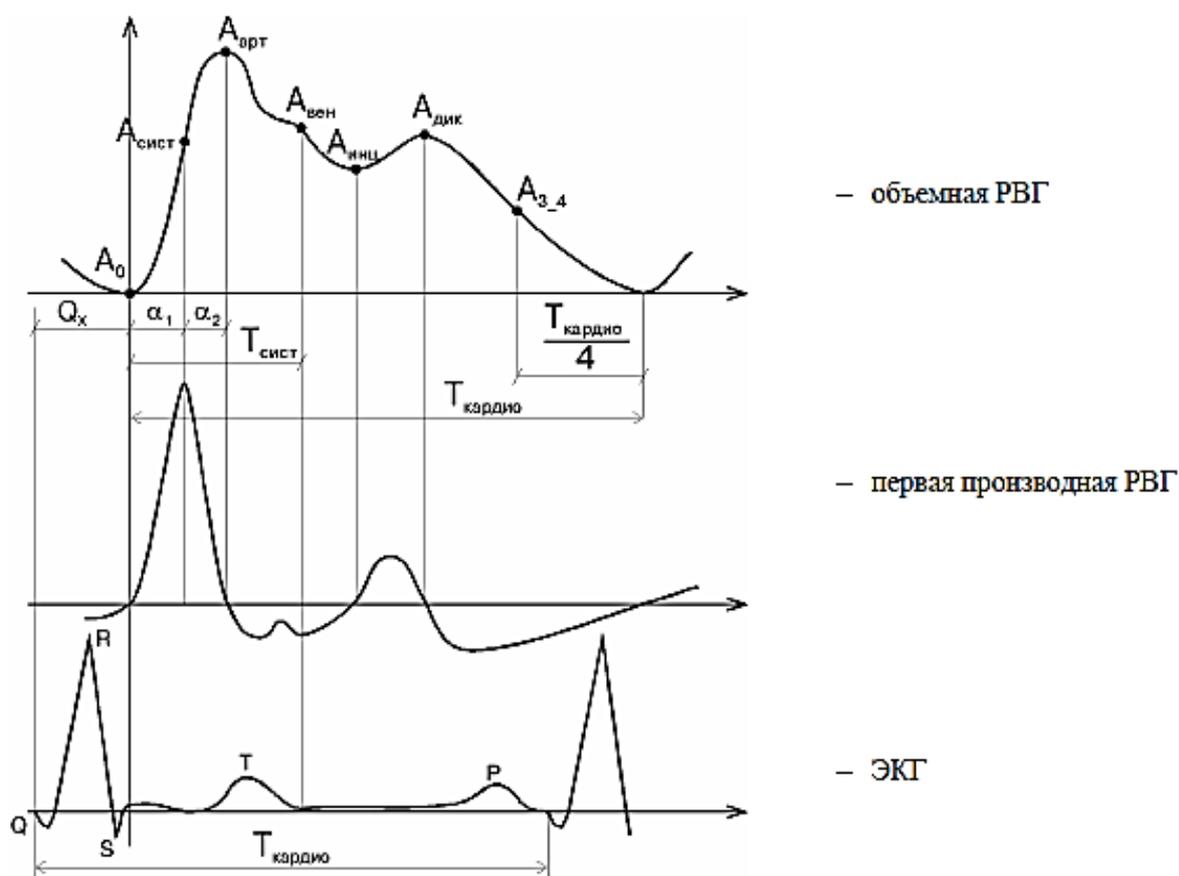


Рис. 9. Схема количественного анализа РВГ-волны

Все показатели, используемые при анализе реограмм, могут быть объединены в несколько групп:

1) показатели, характеризующие интенсивность артериального кровотока: максимальная амплитуда основной волны ($A_{арт}$), реографический индекс (РИ), амплитудно-частотный показатель (АЧП), относительный объемный пульс (P_R);

2) показатели тонуса и эластичности артерий: индекс быстрого наполнения (ИБН), показатель замедления кровотока (ПЗК), диастолический индекс (ДИК), диастолический индекс (ДИА). Также учитываются временные параметры – длительность сердечного цикла ($T_{кардио}$), время подъема анакроты (α), время быстрого и медленного наполнения (α_1 и α_2 , соответственно), длительность катакроты ($T_{кат}$). Важную диагностическую информацию о состоянии тонуса артерий несут скоростные показатели – максимальная скорость быстрого наполнения ($V_{макс}$) и средняя скорость медленного наполнения ($V_{ср}$);

3) показатели гемодинамики в венозном русле: показатель венозного оттока (ПВО), коэффициент венозного оттока (КВО).

Нормы некоторых количественных параметров реоволны приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения некоторых РВГ-показателей

Показатель	Ед. изм.	Сегменты конечностей							
		плечо	пред-плечье	кисть	палец кисти	бедро	голень	стопа	палец стопы
$A_{арт}$	Ом	0,05	0,08	0,1	0,24	0,035	0,08	0,1	0,22
РИ $РИ = \frac{A_{арт}}{K}$	у.е.	0,5	0,8	1	2,4	0,35	0,8	1	2,2
АЧП $АЧП = \frac{РИ}{T_{кардио}}$	у.е.	0,5– 0,75	0,8– 1,2	1– 1,5	2,4– 3,6	0,35– 0,5	0,8– 1,2	1– 1,5	2,2– 3,3

В протоколе анализа реограммы отразить тип кровотока, объем кровотока, ключевые показатели тонуса артерий различного калибра, время распространения пульсовой волны, показатели венозного оттока и сделать заключение о наличии или отсутствии патологических изменений.

Часть 2. Освоение методики РКГ

Из всех реографических способов определения показателей сердечного выброса наиболее точным, физиологически и метрологически обоснованным считается тетраполярная трансторакальная РКГ по W.G. Kubicek et al. (1966) в модификации Ю.Т. Пушкаря и соавт.

(1977). Этот метод дает высокое совпадение результатов с так называемыми «прямыми» методами исследования системного кровотока (метод разведения красителей, ацетиленовый, радиоизотопный и т. д.).

Довольно широкое распространение получила методика «интегральной» реографии по М.И. Тищенко (1971, 1973). К числу ее достоинств относятся более удобное расположение электродов на дистальных отделах конечностей, меньшее искажение записи реографической кривой при дыхании. И, наконец, этот метод позволяет оценить не только сердечный выброс, но и объемы циркулирующей крови, плазмы и ряд других показателей, имеющих большое значение для ургентной медицины.

Задание 1. Ознакомиться с методическими указаниями по выполнению РКГ, проверить заземление прибора. Уложить пациента на кушетку и подготовить электроды для исследования. Под контролем преподавателя наложить электроды для РКГ по одной из предложенных ниже методик и выполнить запись реокардиограмм в состоянии покоя пациента (фоновая запись).

Тетраполярная реография по Кубичеку: для исследования показателей центральной гемодинамики электроды рулеточного типа накладываются на основание шеи и на грудную клетку на 2 см ниже мечевидного отростка грудины так, чтобы их токовые клеммы с маркировкой «I» были наружными, а потенциометрические «U» – внутренними. Таким образом, на шее токовый электрод обращен к голове, а потенциометрический – к сердцу. На грудной клетке токовый электрод обращен к нижним конечностям, а потенциометрический – также к сердцу. Затем на конечности пациента накладываются ЭКГ-электроды прижимного типа (рис. 10). На области закрепления рулеточных электродов и ЭКГ-электродов нанести слой электродного геля или спрея. Необходимо избегать замыкания токовых и потенциометрических электродов на шее и груди. При правильно наложенных электродах базовый импеданс тела примерно равен расстоянию между электродами.

«Интегральная» реография по М.И. Тищенко: два спаренных между собой электрода (можно использовать пластинчатые ЭКГ-электроды) фиксируются на ладонной поверхности запястий пациента, а следующая пара – примерно на 5 см выше латеральных лодыжек (рис. 11).

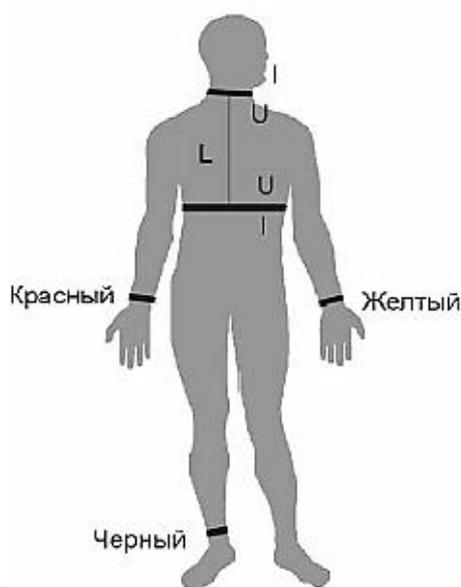


Рис. 10. Схема наложения РКГ-электродов по Кубичеку:

U – потенциометрический электрод, I – токовый электрод, L – расстояние между электродами. Красный – электрокардиографический электрод на правой руке, желтый – электрокардиографический электрод на левой руке, черный – электрокардиографический электрод на ноге

ЭКГ-электроды накладываются по стандартной схеме. Базовый импеданс при правильном наложении электродов лежит в пределах 150–200 Ом.

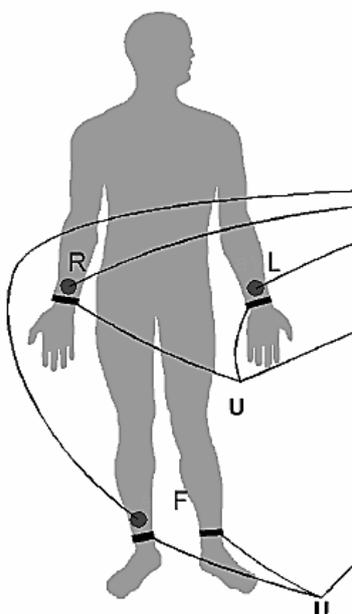


Рис. 11. Схема расположения электродов для «интегральной» реографии:

U – потенциометрический электрод, R – электрокардиографический электрод на правой руке, L – электрокардиографический электрод на левой руке, F – электрокардиографический электрод на ноге

Задание 2. Выполнить визуальный и количественный анализ полученных реокардиограмм (рис. 12).

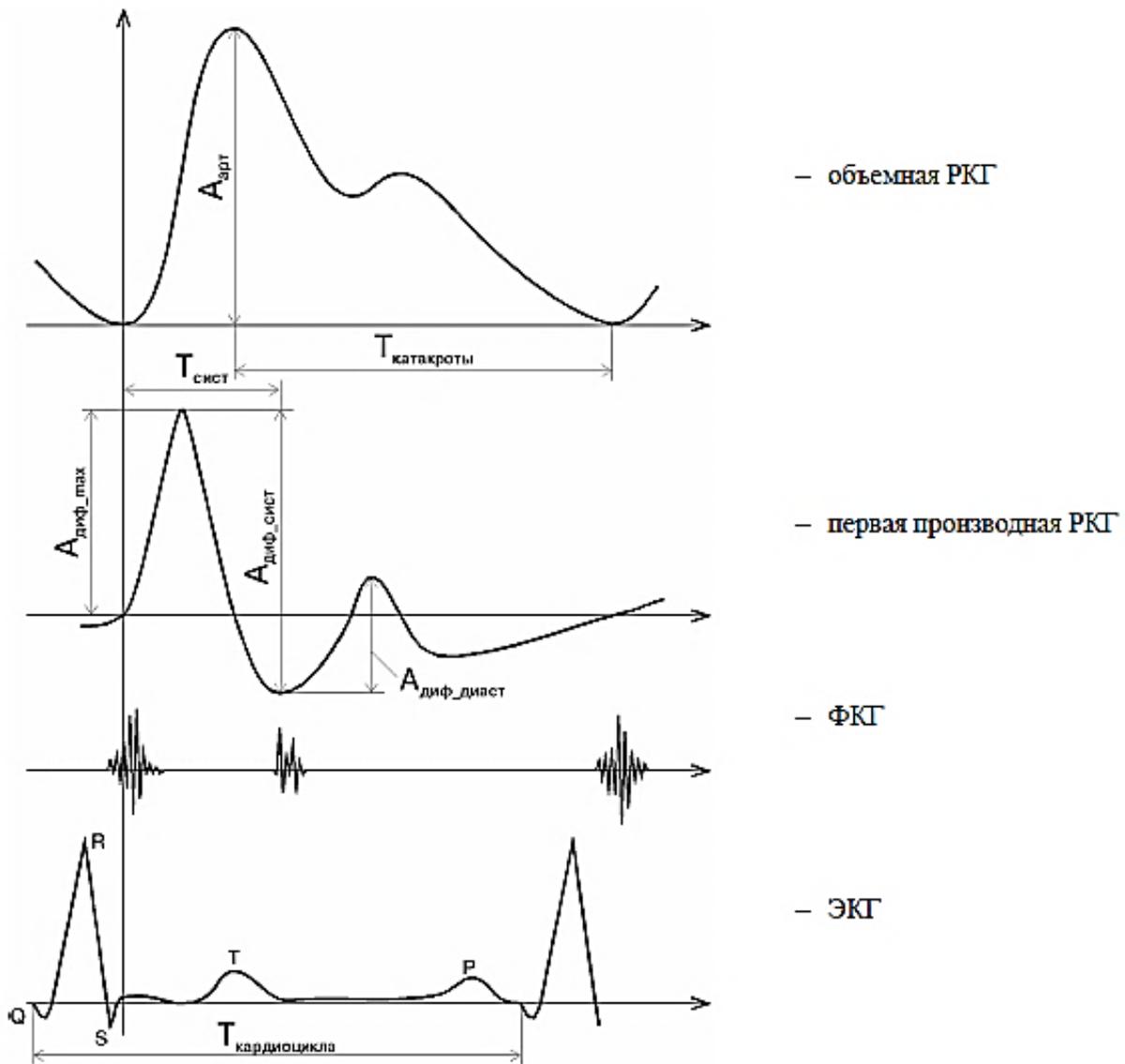


Рис. 12. Схема количественного анализа РКГ-волны

Основные показатели РКГ:

- ударный объем крови (УОК, мл):
 - а) по Кубичеку

$$УОК = \rho \times \frac{L^2}{Z_{\text{базовое}}^2} \times A_{\text{дифф_макс}} \times T_{\text{сист}},$$

где ρ – удельное сопротивление крови, равное 135 Ом/см, L – расстояние между электродами, $A_{\text{дифф_макс}}$ – амплитуда дифференцированной реограммы, $T_{\text{сист}}$ – период изгнания, $Z_{\text{базовое}}$ – базовый импеданс тела;

б) по данным «интегральной» реографии по М.И. Тищенко

$$УОК = K \times \frac{A_{арм} \times P^2 \times T_{кардио}}{0,1 \times Z_{базовое} \times T_{кат}},$$

где K – эмпирический коэффициент, равный 0,275 для мужчин и 0,247 для женщин, $A_{арм}$ – амплитуда основной реоволны (Ом), P – рост исследуемого (см), $Z_{базовое}$ – базисное сопротивление (Ом), $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла (с), $T_{кат}$ – длительность катакроты (с).

Ударный объем крови является важнейшим показателем центральной гемодинамики, количественно характеризует объем крови, выбрасываемой левым желудочком в аорту за одну систолу, служит первоосновой для вычисления большинства гемодинамических показателей. Норма УОК: 60–80 мл;

– ударный индекс (УИ, мл/м²):

$$УИ = \frac{УОК}{ПТ},$$

где $ПТ$ – площадь поверхности тела исследуемого в м²

$$ПТ = 2,4 \times \lg(a \times b) - 8,1,$$

где a – рост в см, b – вес обследуемого в кг.

Ударный индекс – показатель, который позволяет более точно оценить систолический выброс сердца по отношению к антропометрическим размерам тела пациента. Норма УИ: 38-50 мл/м²;

– минутный объем крови (МОК, л/мин):

$$МОК = УОК \times ЧСС \times 10^{-3},$$

где ЧСС определяется по формуле:

$$ЧСС = \frac{60}{T_{кардио}},$$

где $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла в с.

Минутный объем крови – количество крови, выбрасываемой левым желудочком в аорту за 1 мин. Характеризует не только инотропную, но и хронотропную функцию сердца. Норма: 3,5–5,24 л/мин.

– сердечный индекс (СИ, л/мин/м²):

$$СИ = \frac{МОК}{ПТ},$$

Сердечный индекс также является унифицированным показателем центральной гемодинамики по отношению к антропометриче-

ским показателям. Он признан одним из наиболее информативных параметров, характеризующих функциональное состояние левого желудочка. По значению СИ выделяют три типа гемодинамики: нормокинетический (эукинетический) ($СИ=N$), гиперкинетический ($СИ>N$), гипокинетический ($СИ<N$). Кроме того, выделяют еще несколько переходных гемодинамических состояний. Норма: 1,9–3,6 л/мин/м².

- объемная скорость выброса крови (ОСВ, мл/с):

$$ОСВ = \frac{УОК}{T_{сист}}$$

Норма: 190–265,7 мл/с.

- общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС, дин·см·с⁻⁵):

$$ОПСС = \frac{80 \times СрГД}{МОК},$$

где $СрГД$ – среднее гемодинамическое давление в мм рт. ст.

Рассчитывается $СрГД$ по формуле Хикема:

$$СрГД = \frac{САД - ДАД}{3} + ДАД,$$

ОПСС также является важнейшим показателем центральной гемодинамики, количественно отражающим постнагрузку на левый желудочек. Изменение этого параметра имеет направленность, прямо противоположную динамике сердечного выброса. У больных с сердечной недостаточностью повышение ОПСС служит важной компенсаторной реакцией по поддержанию на должном уровне системного кровотока. Норма ОПСС: 1200–2500 дин·см·с⁻⁵.

- удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС, у. е.):

$$УПСС = \frac{СрГД}{СИ},$$

УПСС имеет то же клиническое значение, что и ОПСС, но более точно отражает резистивность сосудистого русла по отношению к антропометрическим параметрам организма и более удобно для проведения статистических расчетов. Норма: 35–45 у.е.

Протокол обследования по РКГ должен включать характеристику сердечного выброса, пред- и постнагрузку, скорость объемного кровотока. Весьма важно правильно интерпретировать уровень АД и ЧСС. В протокол необходимо также включить тип центральной гемодинамики и оценку работы сердца.

Вопросы для самоконтроля

1. Правила и места наложения реографических электродов.
2. Показатели РВГ и РКГ и их расшифровка.
3. Принципы визуального анализа реограммы.

1.4. Эхокардиография

Цель работы: освоить первичные навыки по эхокардиографии (ЭхоКГ) для оценки нормальной ультразвуковой анатомии сердца с помощью измерения линейных размеров его полостей, толщины и движения стенок и клапанов, используя трансторакальный доступ и стандартные эхокардиографические изображения.

Материалы и оборудование: УЗИ-эхокардиограф «Mindray DC-8ехр» (Китай), электроды ЭКГ, контактный гель для датчика и электродов ЭКГ, кушетка, слабый мыльный раствор, ватные шарики.

Вопросы для самоподготовки:

1. Общие показания для проведения ЭхоКГ.
2. Положение больного на кушетке при проведении ЭхоКГ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Эхокардиография (ЭхоКГ) является одним из методов неинвазивного инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, позволяющий диагностировать врожденные пороки и клапанные поражения сердца, патологию миокарда, перикарда, опухоли сердца. В основе данного метода лежит регистрация полученных с помощью эхолокации отраженных от разных структур сердца ультразвуковых (УЗ) волн в одномерном М-режиме (масштаб мнимого изображения, «motion» – движение) и двумерном В-режиме (масштаб реального времени, «brightness» – яркость).

Физическая суть метода ЭхоКГ основывается на использовании прямого и обратного пьезоэффектов (рис. 13). Прямой пьезоэффект возникает, когда механическое давление на кристалл кварца, вызывает сдавливание и деформацию, которые и создают электрический импульс. Обратный пьезоэффект возникает тогда, когда сдавливание и деформация кристалла кварца осуществляется электрическим полем и, в результате генерируются УЗ-волны. Действие обоих пьезоэффектов реализовано в конструктивной особенности ультразвукового дат-

чика, в котором на контактирующей с кожей поверхности располагаются несколько десятков пьезокристаллов. Таким образом, при включенном датчике на пьезокристаллы подаётся электрический ток и, далее происходит генерация УЗ-волн. Все УЗ-волны, в свою очередь, проникая в тело человека, начинают отражаться от каждой границы раздела сред (кожа, подкожно-жировая клетчатка, грудные фасции, мышцы, переднее средостение, перикард и стенки сердца). При этом все отраженные УЗ-волны «возвращаются» к датчику, механически «ударяют» по пьезоэлементам, деформируют пьезокристалл и вызывают генерацию электрического импульса.

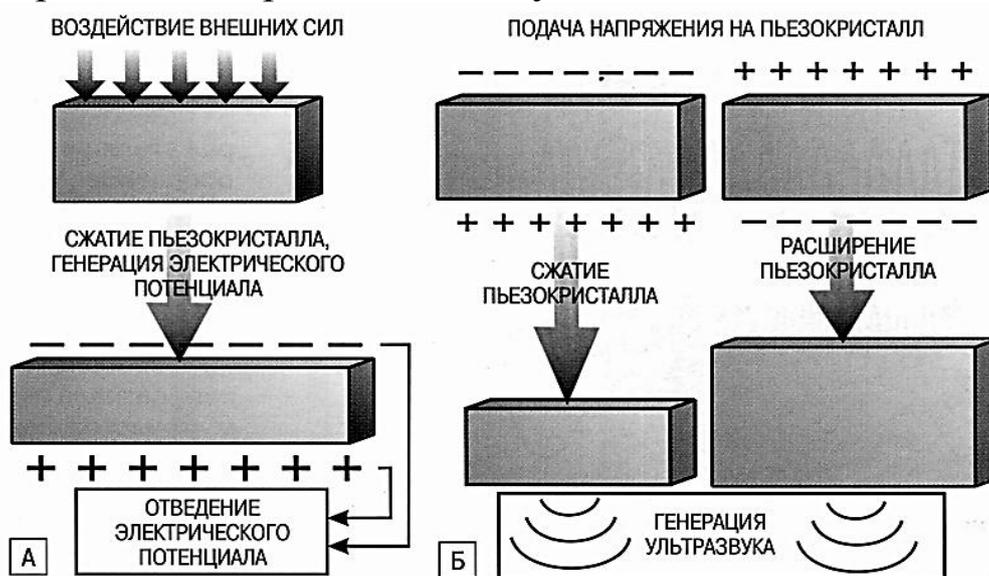


Рис. 13. Схема регистрации (А) и генерации (Б) ультразвуковой волны пьезокристаллом. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект

Затем все электрические импульсы по кабелю УЗ-датчика, подаются на электронные платы и схемы эхокардиографа, где производится их обработка и анализ как по интенсивности, так и «глубине залегания» всех отражающих границ раздела сред, в том числе стенок и наполненных кровью камер сердца. В результате, на мониторе УЗИ-аппарата формируется двумерное и/или одномерное изображение, получаемых «срезов сердца».

При этом абсолютно тот же принцип применяется при оценке скоростных характеристик сердечного и сосудистого кровотока с помощью эффекта Допплера. При этом УЗ-волны отражаются от форменных элементов крови, главным образом, от эритроцитов. С той лишь разницей, что частотные характеристики генерируемой пьезоэлементами волны и отраженной от эритроцита УЗ-волны, отличаются

ся друг от друга, в зависимости от скорости движения эритроцитов (потока крови), а также в зависимости, двигается кровоток к датчику или от датчика. Чем больше скорость движения эритроцитов, тем больше сдвиг частоты УЗ-сигнала, а если движение эритроцитов направлено в сторону датчика, то частота отражаемого от них сигнала увеличивается. В конечном счете, вся получаемая информация, благодаря микропроцессорным технологиям обрабатывается, анализируется и кодируется. Причем так, что различные параметры кровотока могут быть представлены в виде цвета, звука, спектра или графика. Таким образом, создается не только картинка сердечного или сосудистого кровотока, но также эффект присутствия (звуковое сопровождение движения крови). Вместе с тем, поскольку физиологические потоки крови, обычно находятся в диапазонах до 1 м/сек, а патологические скорости кровотока (стенозы или врожденные септальные дефекты) в диапазоне от 1 м/сек до 8 м/сек, в современной ЭхоКГ используют разные доплеровские режимы для оценки скоростных показателей кровотока (черно-белый и цветной импульсный, постоянно-волновой).

Методика ЭхоКГ предусматривает использование стандартных позиций (доступов) УЗ-датчика на грудной стенке, из которых получают стандартные изображения сердца в двумерном и одномерном режимах. К стандартным позициям датчика относятся: парастернальная, верхушечная (апикальная), субкостальная (из-под мечевидного отростка) и супрастернальная (из яремной ямки над грудиной). На рис. 14 приведена схема позиций УЗ-датчика при проведении ЭхоКГ.

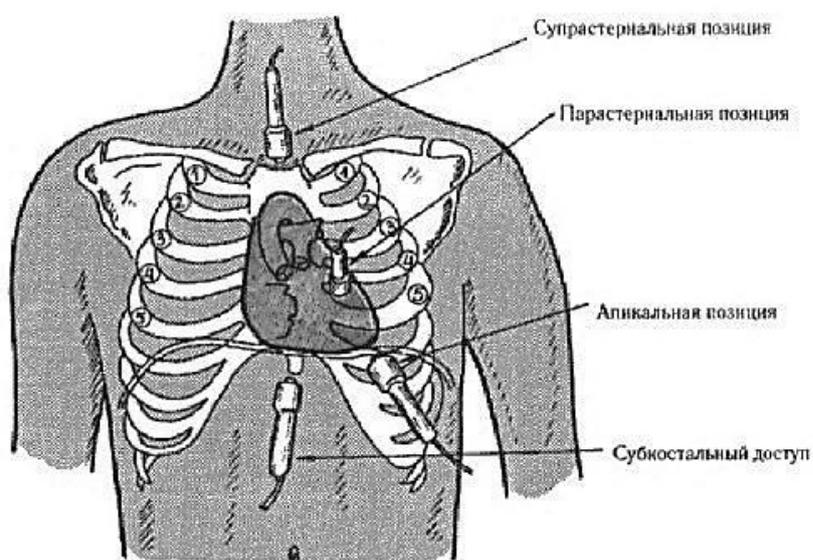


Рис. 14. Схема расположения УЗ-датчика при эхокардиографическом исследовании из различных стандартных доступов

Одномерный М-режим исторически возник первым и позволяет составить «слепое» представление о движении различных структур сердца, которые пересекает УЗ-луч, который не меняет своего направления. В этом режиме по вертикальной оси откладывается расстояние от той или иной структуры сердца до УЗ-датчика, а по горизонтальной оси – время. Так, на рис. 15 схематически показано направление ультразвукового луча от датчика, который установлен в III–IV межреберье по левой парастернальной линии. При этом луч послойно пересекает переднюю грудную стенку, переднюю стенку правого желудочка (ПЖ), межжелудочковую перегородку (МЖП), переднюю и заднюю створки митрального клапана (МК) и заднюю стенку левого желудочка (ЛЖ). На границе этих структур, включая кровь, происходит отражение УЗ-волны, улавливаемое тем же датчиком и, преобразуемое на экране дисплея в светящиеся точки различной яркости (чем плотнее структуры, тем ярче точки). Временная развертка этих движущихся точек позволяет наблюдать («визуализировать») изменение положения структур сердца (вверх-вниз) по отношению к датчику во время сердечного цикла. В итоге на мониторе возникает «мнимое изображение сердечных структур».

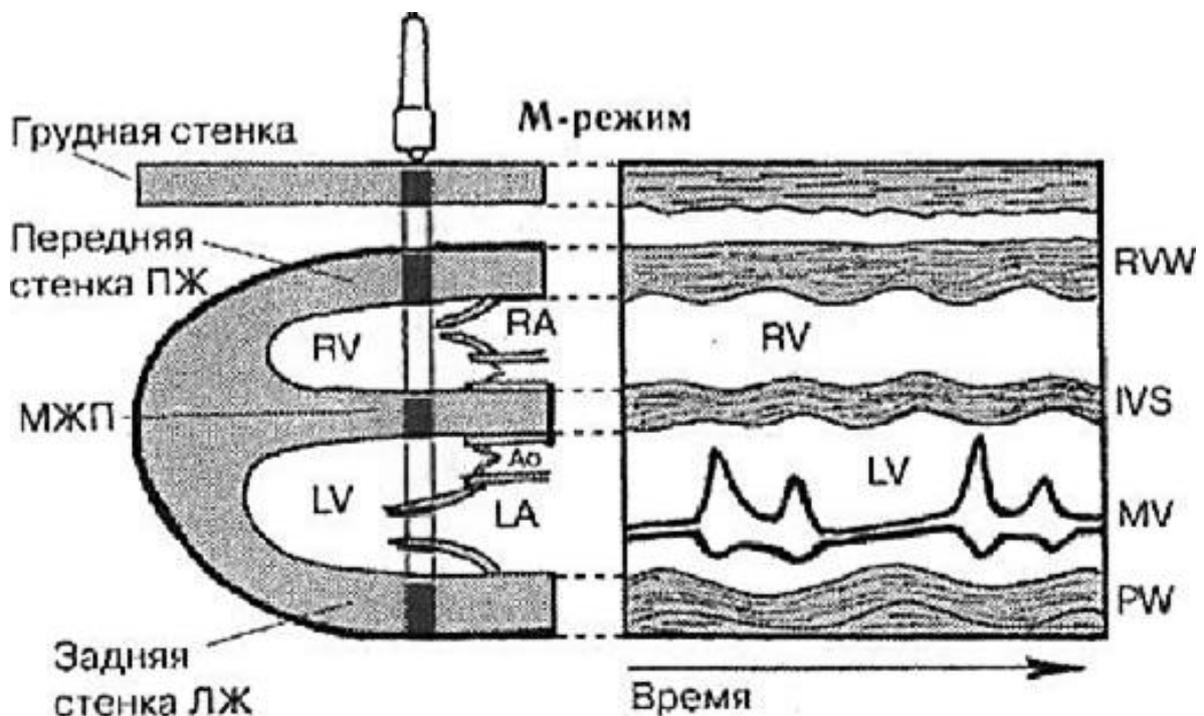


Рис. 15. Ультразвуковое изображение сердца в М-режиме (схема):
 LV и RV – левый и правый желудочки, LA и RA – левое и правое предсердия,
 IVS – межжелудочковая перегородка, MV – митральный клапан, PW – задняя
 стенка ЛЖ, Ao – аорта, RVW – передняя стенка ПЖ (Шиллер Н.Б., 2005)

В настоящее время М-режим является вспомогательным, когда нужно точнее измерить линейные размеры камер и толщину стенок сердца и/или сравнить нормо- и гипокинетичные участки миокарда.

Тогда как В-режим (двумерная ЭхоКГ или секторное сканирование) позволяет получать на мониторе в режиме реального времени чёткое плоскостное двумерное изображение сердца, когда «видно» расположение структур сердца в диапазоне определенного сектора сканирования (от 60° до 90°). На рис. 16 показана схема и реальный стоп-кадр продольного «ультразвукового среза» сердца, который был получен из парастерального доступа (датчик помещен в III–IV межреберье по левой парастеральной линии, а сканирующий сектор направлен вдоль длинной оси сердца).

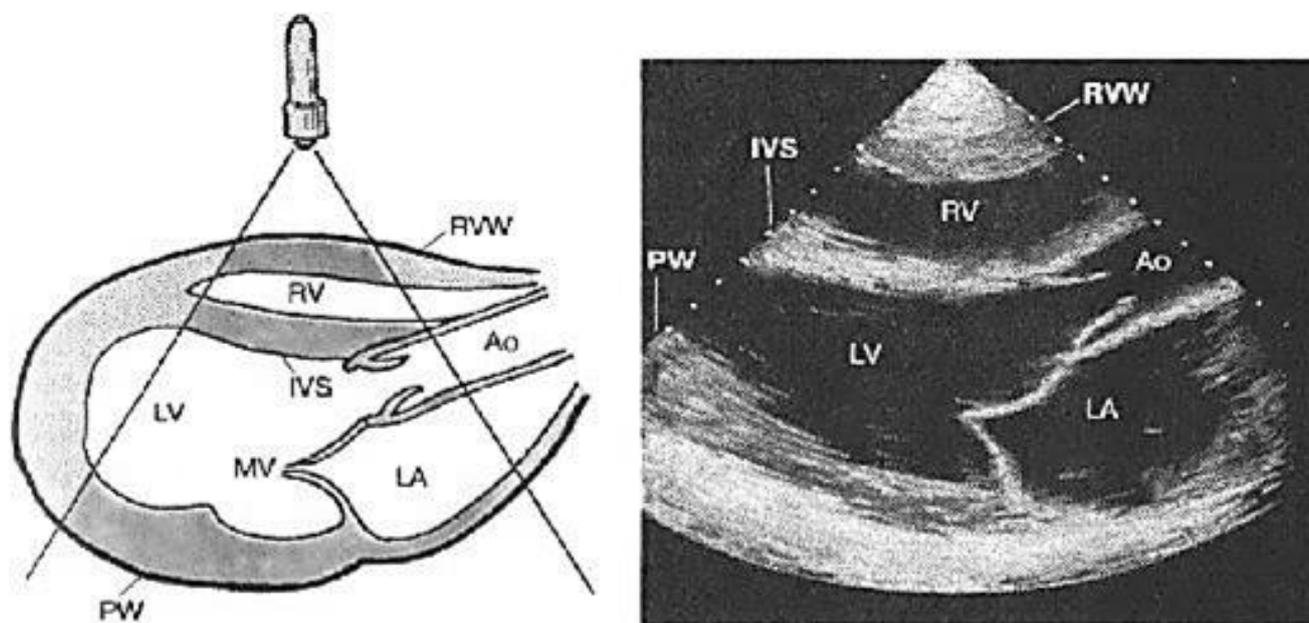


Рис. 16. Ультразвуковое изображение сердца в В-режиме (двумерная ЭхоКГ): LV и RV – левый и правый желудочки, LA и RA – левое и правое предсердия, IVS – межжелудочковая перегородка, MV – митральный клапан, PW – задняя стенка ЛЖ, Ao – аорта, RVW – передняя стенка ПЖ
(Саттон М.Г., Плапперт Т., 2010)

При этом видно взаимное расположение аорты (Ao) и аортального клапана (AoК), левого предсердия (ЛП), ПЖ, ЛЖ, МЖП, передней и задней створок МК, задней стенки ЛЖ, хорд и сосочковых мышц. Смена кадров (до 25–60 в мин) позволяет исследовать движение сердца в масштабе реального времени.

Именно из стандартного парастерального доступа начинается любое ЭхоКГ исследование, когда оценивается стандартное изображение сердца по длинной оси. Причём другим стандартным изобра-

жением является изображение сердца по короткой оси, также получаемое из парастерального доступа. Для этого достаточно, не смещая датчик относительно точки приложения в III–IV межреберье, повернуть его вокруг своей оси по часовой стрелке, примерно на 90°.

При этом к стандартным изображениям по короткой оси сердца из парастерального доступа относятся срез на уровне аортального и митрального клапана, а также сосочковых мышц (рис. 17).

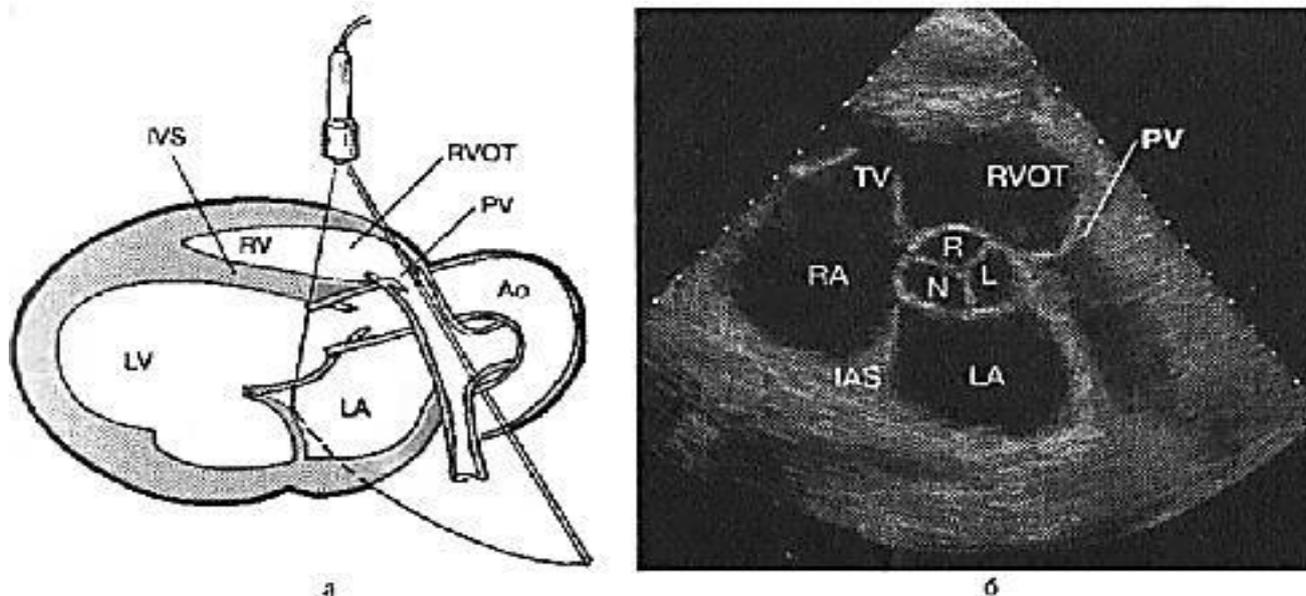


Рис. 17. Ультразвуковое изображение из левого парастерального доступа по короткой оси на уровне аортального клапана:

TV – трикуспидальный клапан; RVOT – выводной тракт ПЖ; IAS – межпредсердная перегородка; N, R и L – некоронарная, правая и левая аортальные створки по короткой оси; RA и LA – правое и левое предсердия

(Саттон М.Г., Плапперт Т., 2010)

Обязательными стандартными изображениями служат четырехкамерный, «пятикамерный» и «двухкамерный» срез сердца, а также продольный срез ЛЖ, получаемые из апикального доступа. Другими стандартными изображениями являются четырехкамерный ультразвуковой вид сердца, получаемый из субкостального доступа (когда датчик размещают под мечевидным отростком грудины) и супрастеральный доступ (когда ультразвуковой датчик помещают в яремную ямку).

В таблице 2 приводится список основных показателей ЭхоКГ здорового сердца взрослого человека.

Таблица 2

Эхокардиографические показатели в норме (Шиллер Н.Б., Осипов М.А., 2005)

<i>Масса миокарда левого желудочка (г)</i>					
Среднее значение	мужчины	135	Верхняя граница	мужчины	183
	женщины	95		женщины	141
<i>Индекс массы миокарда левого желудочка (г/м²)</i>					
Среднее значение	мужчины	71	Верхняя граница	мужчины	94
	женщины	62		женщины	89
<i>Конечно-диастолический объем (КДО) левого желудочка (ЛЖ)</i>					
Формула «площадь-длина» в апикальной 4-камерной позиции (мл)	мужчины	112±27 (65–193)			
	женщины	89±20 (59–136)			
Формула «площадь-длина» в апикальной 2-камерной позиции (мл)	мужчины	130±27 (73–201)			
	женщины	92±19 (53–146)			
По Simpson во взаимоперпендикулярных позициях (мл)	мужчины	111±22 (62–170)			
	женщины	80±12 (55–101)			
Конечный диастолический размер полости ЛЖ (см)				4,6–5,7	
Конечный систолический размер полости ЛЖ (см)				3,1–4,3	
Конечный систолический объем ЛЖ (мл)				45	
Толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) в диастолу (см)				1,1	
Толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ) в диастолу (см)				1,0	
Глобальная сократимость ЛЖ (фракция выброса, %)				55–60	
Ударный объем ЛЖ (мл)				60–100	
Минутный объем (л)				4,5–5,5 л	
<i>Правый желудочек (ПЖ)</i>					
Толщина стенки ПЖ (см)				0,5	
Передне-задний диастолический размер ПЖ (см)				до 2,7	
<i>Левое предсердие (ЛП)</i>					
Передне-задний диастолический размер ЛП (см)				3,3–3,9	
Конечно-диастолический объем ЛП (мл)			Индекс объема ЛП (мл/м ²)		
			Среднее значение	Верхняя граница	
Алгоритм «площадь-длина» в 2-камерной позиции	мужчины	50–82	24	41	
	женщины	36–57			
Алгоритм «площадь-длина» в 4-хкамерной позиции	мужчины	41–64	21	36	
	женщины	34–60			
Алгоритм Simpson в двух- и 4-камерной позициях	мужчины	41–65	21	32	
	женщины	32–52			
Просвет основания (корня) аорты (см)				1,8–3,0	
Просвет основания (корня) легочной артерии (см)				1,8–2,5	

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Знакомство с интерфейсом рабочей панели УЗИ-аппарата «Mindray DC-8exp». Отработка навыка работы с главными функциональными кнопками, тумблерами, клавишами и трекболом (вращающийся шар для перемещения курсора на экране монитора и измерения линейных размеров, а также «пролистывания» в режиме «стоп-кадра» записанных изображений), без участия пациента.

К главным элементам управления относят кнопки: «В» – начать исследование в двумерном режиме; «Freeze» – заморозка или «стоп-кадр»; «Color» – работа в цветном двумерном изображении; «PW» – режим импульсного доплера; «CW» – режим постоянно-волнового доплера; «M» – одномерный режим; «Update» – переключение из одного режима исследования в другой или смена активных окон на мониторе; «Caliper» – кнопка появления курсора быстрых линейных измерений (дистанций); «Measure» – кнопка для входа во встроенные программы автоматического или полуавтоматического измерения и расчета различных структур и камер сердца.

Задание 2. Отработка навыка получения на экране стандартных одно- и двумерных изображений у волонтера-студента при укладке его на кушетке с приподнятым головным концом в положении «на спине» или «на левом боку с поднятым левым локтем и заведенной под шею левой ладонью».

Задание 3. Отработка навыка простейших линейных измерений стоп-кадров стандартных одно- и двумерных изображений, включая навыки применения кнопок «Freeze» и «Update» для переключения из одного режима исследования в другой и смены активных окон на мониторе эхокардиографа.

Задание 4. Используя результаты реальных линейных размеров аорты, левого предсердия, правого желудочка и левого желудочка, а также межжелудочковой перегородки и задней стенки ЛЖ сравнить их с нормальными значениями, которые приведены в таблице 2.

Вопросы для самоконтроля

1. Физические принципы, пьезоэффект и суть метода ЭхоКГ.
2. Схема устройства и принципы работы датчика для ЭхоКГ.
3. Стандартные доступы и получаемые ЭхоКГ-изображения.

Глава 2

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Цель: освоить методы оценки функции внешнего дыхания.

Материалы и оборудование: прессотахоспирограф ПТС-14П-01 «Спиrolан» (ООО «Ланамедика», РФ) или спирограф микропроцессорный портативный СМП21/01-«Р-Д» (НПП «Монитор», РФ), шприц калибровочный (3 литра), носовой зажим, загубники пластиковые (одноразовые бумажные с фильтром), спирт этиловый 70 %, вата, бинт.

Вопросы для самоподготовки:

1. Показания для проведения спирографии.
2. Легочные объемы и емкости.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа. Процесс дыхания человека можно разделить на 3 этапа. Первый этап – внешнее, или легочное, дыхание. Это совокупность процессов, происходящих в легких и включающих в себя вентиляцию и легочный газообмен. Вентиляция представляет собой обмен газов между атмосферой и альвеолярным пространством. Легочный газообмен – обмен газов через альвеолярно-капиллярную мембрану по законам градиента парциального давления газов. Второй этап дыхания представляет собой транспорт газов кровью от легких ко всем органам организма. Третий этап – тканевое дыхание – совокупность процессов поглощения кислорода клеткой и выделение углекислого газа.

Вентиляция легких происходит в результате ритмичного изменения объемов грудной клетки и легких под влиянием усилий дыхательной мускулатуры. Благодаря наличию большого количества эластических и коллагеновых волокон и силе поверхностного натяжения

жидкости в альвеолах легкие обладают большой упругой силой – так называемой эластической тягой легких. Под действием этой силы легкие стремятся спастись. Для наполнения легких воздухом, их надо растянуть – либо за счет повышения давления в альвеолах, либо за счет снижения давления снаружи легких. Грудная клетка тоже обладает упругостью, но объем грудной клетки меняется в зависимости от давления в плевральной полости.

Во время спокойного вдоха происходит сокращение наружных косых межреберных мышц и диафрагмы, подъем ребер, отодвигание их кнаружи и уплощение диафрагмы. Сокращение мышц, участвующих во вдохе, снижает внутригрудное и альвеолярное давление, и в результате перепада давления (от более высокого к более низкому) воздух поступает в легкие. В форсированном дыхании принимают участие и вспомогательные мышцы: грудино-ключично-сосцевидная, лестничные, грудные, мышцы спины. Выдох, по существу, пассивен, но при форсированном дыхании может быть усилен сокращением брюшной мускулатуры. При выдохе эластическая тяга легких и грудной стенки повышает внутригрудное и альвеолярное давление, и ток воздуха приобретает обратное направление. Ритмичность, частота и глубина дыхания регулируются дыхательным центром, который обеспечивает соответствующий уровень альвеолярной вентиляции и достижение его с минимумом энергетических затрат.

Поскольку система внешнего дыхания включает совокупность компонентов: воздухопроводящие пути и альвеолярный аппарат легких, костно-мышечный каркас грудной клетки и плевры, дыхательная мускулатура, малый круг кровообращения, нейрогуморальная система регуляции дыхания, то нарушение любого составляющего может приводить к развитию дыхательной недостаточности.

Для оценки функции внешнего дыхания в клинической практике используют спирографическое исследование. Спирография – метод графической регистрации изменений легочных объемов и емкостей при выполнении естественных дыхательных движений и волевых форсированных дыхательных маневров. Спирография позволяет получить ряд показателей, которые описывают вентиляцию легких. В первую очередь, это статические объемы и емкости, которые характеризуют упругие свойства легких и грудной стенки, а также динамические показатели, которые определяют количество воздуха, вентилируемого через дыхательные пути во время вдоха и выдоха за единицу времени. Основные статические объемы и емкости (рис. 18):

- ДО (V_t) – дыхательный объем – объем воздуха, поступающий в легкие за 1 вдох при спокойном дыхании (500–800 мл). Часть ДО, участвующая в газообмене, называется альвеолярный объем и составляет примерно 2/3 ДО. Остальная 1/3 его составляет объем функционального мертвого пространства и состоит из анатомического мертвого пространства, включающего объем верхних дыхательных путей и бронхов первых 16 генераций (около 150–200 мл) и альвеолярного мертвого пространства, включающего объем альвеол, вентилируемых, но не перфузируемых.
- $PO_{вд}$ (IRV) – резервный объем вдоха – максимальный объем, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха.
- $PO_{выд}$ (ERV) – резервный объем выдоха – максимальный объем, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха.
- $E_{вд}$ (IC) – емкость вдоха – сумма ДО и $PO_{вд}$ – характеризует способность легочной ткани к растяжению.
- ЖЕЛ (VC) – жизненная емкость легких – сумма ДО, $PO_{вд}$ и $PO_{выд}$ – максимальный объем, который можно вдохнуть после максимально глубокого выдоха. ЖЕЛ взрослого мужчины находится в пределах 3,5–4 л, редко до 8 л, ЖЕЛ женщин на 0,5–1 л меньше. Общепринятой границей снижения ЖЕЛ является показатель ниже 80 % от должной величины.
- ООЛ (RV) – остаточный объем легких – объем, который остается в легких после максимально полного выдоха (в норме ООЛ у молодых людей не превышает 25–30 % от ОЕЛ, а у пожилых составляет около 35 % от ОЕЛ).
- ФОЕ (FRC) – функциональная остаточная емкость легких – объем воздуха, остающийся в легких на уровне спокойного выдоха, сумма $PO_{выд}$ и ООЛ (около 40–50 % ОЕЛ).
- ОЕЛ (ТС) – общая емкость легких – сумма ЖЕЛ и ООЛ – это максимальный объем, который могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха. Уменьшение ОЕЛ является основным признаком рестриктивного синдрома. Увеличение ООЛ и соответственно отношений ООЛ/ОЕЛ и ФОЕ/ОЕЛ является характерным признаком повышенной воздушности легких и, в частности, эмфиземы.

Показатели ДО, РОвд, РОвыд, $E_{вд}$, ЖЕЛ определяются при спирографическом исследовании непосредственно с помощью выполнения соответствующих маневров. Для нахождения ФОЕ, ООЛ и ОЕЛ необходимо применение конвекционных методов: метод разведения гелия или метод вымывания азота кислородом.

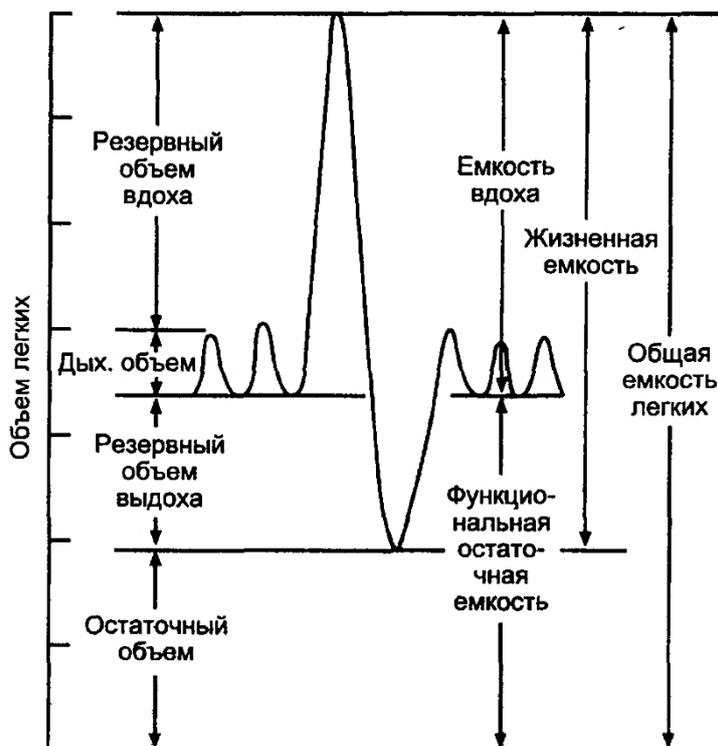


Рис. 18. Схема легочных объемов и емкостей

Среди динамических показателей функции внешнего дыхания необходимо отметить следующие:

- ФЖЕЛ (FVC) – максимальный объем газа, выдыхаемый форсированно после полного глубоко вдоха. У здоровых людей ЖЕЛ и ФЖЕЛ равны или ЖЕЛ превышает ФЖЕЛ на 100–150 мл.
- ОФВ₁ (FEV₁) – объем форсированного выдоха за первую секунду. Это один из основных показателей, характеризующих вентиляцию легких.

Он снижается при любых нарушениях: при обструктивных за счет замедления форсированного выдоха, и, в меньшей степени, при рестриктивных – за счет уменьшения всех легочных объемов. ОФВ₁ отражает, главным образом, скорость выдоха в начальной и средней его части и не зависит от скорости в конце форсированного выдоха. ОФВ₁ применяется для мониторинга функции дыхания. Установлено, что у

здоровых людей в возрасте от 20 до 60 лет $ОФВ_1$ составляет более 70%.

- индекс Тиффно (FEV_1/VC , %) – соотношение $ОФВ_1/ЖЕЛ$, выраженное в процентах. Отражает состояние проходимости дыхательных путей в целом.
- $МОС_{25}$ (MEF_{25}) – мгновенная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 25 % ФЖЕЛ. Показатель отражает проходимость крупных бронхов.
- $МОС_{50}$ (MEF_{50}) – мгновенная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 50 % ФЖЕЛ. Показатель отражает проходимость средних бронхов.
- $МОС_{75}$ (MEF_{75}) – мгновенная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 75 % ФЖЕЛ. Отражает проходимость мелких бронхов.

Степень снижения $МОС$ по мере выдоха от 25 до 75 % ФЖЕЛ отражает динамику сопротивления, оказываемого аппаратом вентиляции дыханию. Эти показатели имеют наибольшую ценность при диагностике начальных нарушений бронхиальной проходимости.

- $СОС_{25-75}$ (FEF_{25-75}) – средняя объемная скорость форсированного выдоха от 25 до 75 % ФЖЕЛ. Показатель прежде всего отражает состояние мелких дыхательных путей, более информативен, чем $ОФВ_1$ при выявлении ранних обструктивных нарушений, не зависит от усилия.
- $ПОС_{выд}$ (PEF) – пиковая (максимальная) объемная скорость выдоха, достигаемая в процессе выдоха первых 20 % ФЖЕЛ.

Наиболее оптимальным представлением динамических параметров вентиляции легких является кривая отношений поток-объем (по оси абсцисс откладывается объем воздушного потока, в л, по оси ординат – объемная скорость потока, в л/с). В норме у здорового человека кривая «поток-объем» напоминает треугольник, основанием которого является ФЖЕЛ (рис. 19). Качественный анализ кривой может дать важную информацию о состоянии респираторного тракта, в его основе лежат клиничко-патофизиологические варианты форм недостаточности внешнего дыхания, предложенные Н.Н. Канаевым (1980).

Для количественной оценки вентиляционной функции легких, полученные при исследовании числовые результаты сопоставляют с величинами, которые для лиц данного возраста, роста и пола считаются нормальными, их называют должными величинами. Должные

величины рассчитываются по специальным формулам, разработанным в результате обследования больших групп здоровых, некурящих лиц. Соотношение фактически полученных у пациента показателей с должными величинами, выраженное в процентном отношении, позволяет оценить степень отклонения параметра от нормы и составить суждение о нарушениях системы внешнего дыхания. В нашей стране получила широкое распространение сводная система должных величин, разработанная Р.Ф. Клементом и соавторами.

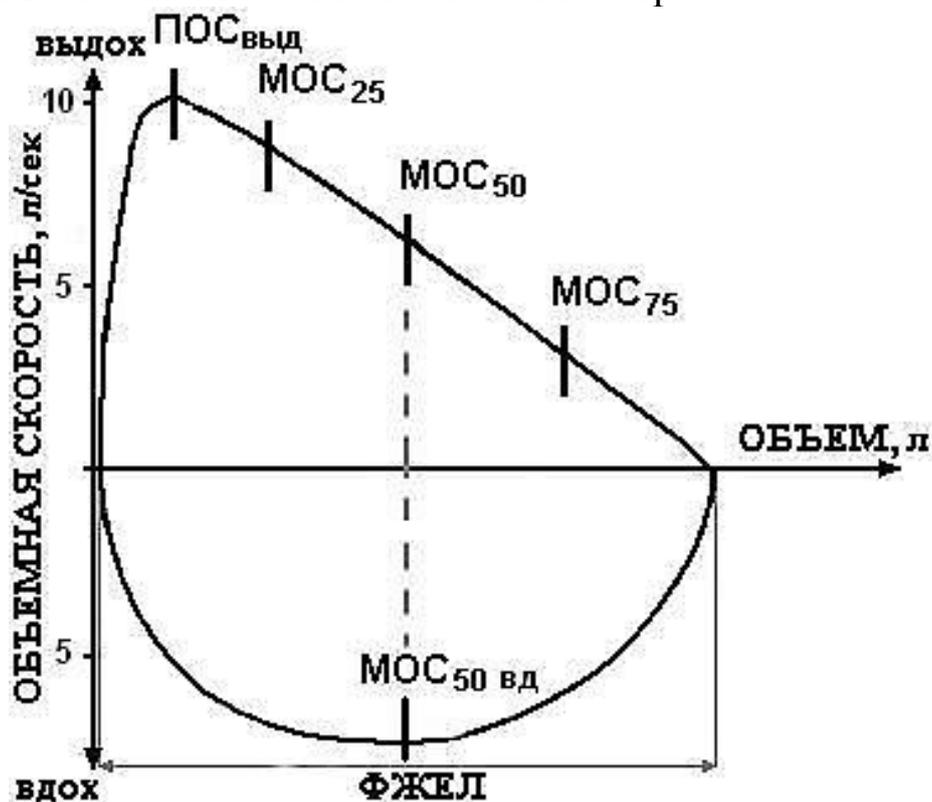


Рис. 19. Кривая «поток-объем»

При проведении исследования важно также учитывать, что поскольку температура воздуха в легких в общем случае отличается от температуры окружающего атмосферного воздуха, то для соблюдения точности измерений необходимо проводить коррекцию измеренных величин с учетом изменения температуры, давления и влажности вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Обычно принимают, что в легких температура воздуха составляет 37 °С, давление – 760 мм рт. ст., он насыщен парами воды.

Принято различать несколько систем измерений (табл. 3), которые различаются по приведению состояния газа к стандартным условиям по температуре, давлению и влажности воздуха.

Стандартные условия измерения в спирографии

Обозначение	Стандартизованное состояние
BTPS	Body temperature and pressure, saturated – температура и давление в легких, газ насыщен
ATPS	Ambient temperature and pressure, saturated – температура и давление атмосферное, газ насыщен водяным паром
ATP	Ambient temperature and pressure – температура и давление атмосферное, не насыщен водяным паром, соответствует обычному окружающему воздуху
STPD	Standard temperature and pressure, dry – стандартная температура (0 °C) и давление (760 мм рт. ст.), сухой газ

Система BTPS соответствует условиям в легких и в выдыхаемом воздухе непосредственно сразу после выдоха, а ATPS – охлажденному до внешней температуры выдыхаемому воздуху. Современные спирографы производят автоматическую коррекцию измерений в соответствии с заданной системой измерений.

Наряду с количественной оценкой показателей при спирографии проводится и качественная оценка нарушений (рис. 20), т. е. определяется какой тип вентиляционных нарушений преобладает:

- обструктивный тип нарушений характеризуется затруднением выдоха, когда просвет воздухопроводящих путей на выдохе меньше, чем на вдохе. При этом значения $ОФВ_1$ и $СОС_{25-75}$ уменьшаются. ЖЕЛ долгое время остается нормальной, однако, при тяжелых обструктивных процессах она всегда снижена. При этом ОЕЛ может не измениться (происходит снижение ЖЕЛ и увеличение ООЛ) или увеличивается за счет ООЛ. Индекс Тиффно уменьшен, особенно при еще нормальном значении ЖЕЛ;
- рестриктивный тип нарушений характеризуется снижением ОЕЛ и примерно пропорциональным уменьшением всех составляющих ее объемов. Поэтому обычно при спирографии, если не определен ООЛ, о рестриктивном синдроме можно судить по уменьшению ЖЕЛ и пропорциональному уменьшению ее составляющих: $PO_{\text{выд}}$, $PO_{\text{вд}}$, $E_{\text{вд}}$. Визуально спирограмма воспринимается как уменьшенная копия нормальной. $ОФВ_1$ остается нормальным, если нет резкого уменьшения ЖЕЛ. Индекс Тиффно при рестрикции в норме или выше

нормы. Значение пиковой объемной скорости форсированного выдоха остается нормальной. $СОС_{25-75}$ изменяется мало;

- смешанный тип нарушений вентиляционной функции легких полностью соответствует обструктивному варианту нарушений со сниженной ЖЕЛ. Диагностика этого типа нарушения проводится на основе анализа структуры ОЕЛ, когда признаки обструкции сочетаются с уменьшением ООЛ и ОЕЛ.

В случае выявления у обследуемого пациента обструктивного нарушения функции внешнего дыхания ему проводятся бронходилатационные пробы с целью оценки обратимости бронхообструкции (что в некоторой степени помогает в разграничении бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких), выявления предполагаемого механизма обструкции, уточнения динамики и прогноза течения заболевания, подбора оптимальной лекарственной терапии. Принцип проб заключается в сравнении спирографических показателей до и после использования бронхолитика (β_2 -агонисты короткого действия или антихолинэргические препараты). Общепринятым стандартом положительной бронходилатационной пробы является прирост $ОФВ_1$ более чем на 12 % от исходного уровня или увеличение более 200 мл.

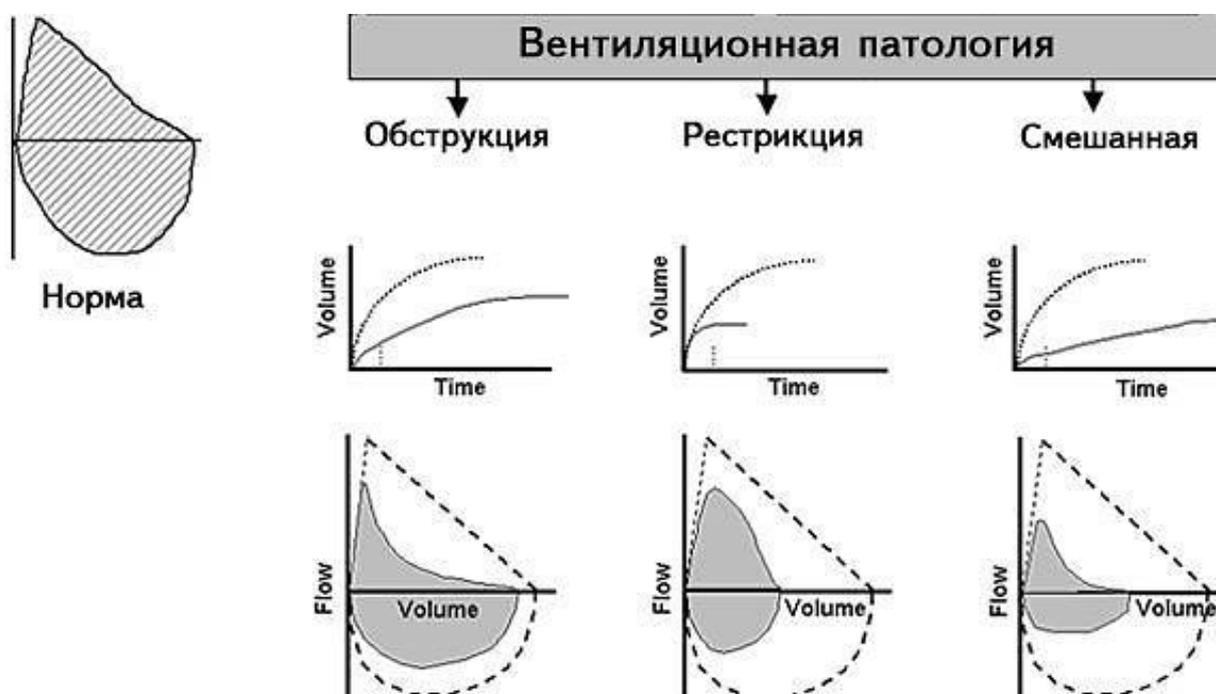


Рис. 20. Изменение формы кривой «поток-объем» при различных типах вентиляционной патологии:

Volume – объем, Time – время, Flow – поток

У пациентов, имеющих симптомы бронхиальной астмы, но показатели пневмотахографии которых остаются в пределах нормы, могут оказаться полезными исследования реакции дыхательных путей на фармакологические и физические раздражители (бронхопровокационные пробы). Зачастую в педиатрии широко используют тесты с дозированной физической нагрузкой, тогда как у взрослых применяются бронхоконстрикторные пробы с метахолином (или гистамином).

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору. В методику измерительной части прибора заложен принцип пропорциональности изменения давления изменению скорости базового потока. Колебания давления с помощью датчика давления преобразуются в электрический сигнал, который передается в компьютер. Программа обработки производит преобразование исходного сигнала в данные о расходе и объеме регистрируемого потока. Перед началом исследования необходимо под контролем преподавателя произвести калибровку прибора при помощи 3-литрового калибровочного шприца. Мундштуки (загубники) обработать спиртом этиловым.

Исследование проводится в положении сидя или стоя пациента. Обследуемого присоединяют к спирографу посредством загубника, на нос накладывают специальный носовой зажим для предотвращения утечки воздуха через носовые ходы. Затем, с целью адаптации, испытуемый спокойно делает 3–4 вдоха и выдоха в пневмотахографическую трубку, после чего приступает к последовательному выполнению маневров.

При выполнении маневров очень важным представляется достижение их воспроизводимости. В соответствии со стандартом проведения спирографии результаты могут считаться достоверными, если, по крайней мере, 3 маневра укладываются в границы воспроизводимости. Если после выполнения трех маневров не удалось достичь их воспроизводимости, то выполнение маневров должно быть продолжено. Если после выполнения 8 маневров трех воспроизводимых получить не удалось, обследование должно быть приостановлено. Для анализа принимается наилучшая попытка маневра. Воспроизводимость любого показателя считается очень высокой, если его разброс в процессе одного исследования находится в пределах 2,5–5 %.

Задание 2. Выполните следующие маневры:

а) маневр МОД (минутного объема дыхания): в этом тесте пациент спокойно дышит в трубку спирографа в течение заданного времени (15, 30 или 60 с). Чем больше длительность теста – тем точнее будут рассчитаны параметры теста. При выполнении теста МОД определяются следующие параметры: ДО, ЧД (частота дыхания), МОД;

б) маневр ЖЕЛ: пациент сначала выполняет 2–3 цикла спокойного вдоха–выдоха. Затем с уровня спокойного дыхания совершает полный вдох, затем полный выдох и переходит к спокойному дыханию – в этом случае будет измерена ЖЕЛ_{выд}. Возможен другой вариант: с уровня спокойного дыхания пациент совершает полный выдох, затем полный вдох и переходит к спокойному дыханию – в этом случае будет измерена ЖЕЛ_{вд}. При выполнении теста ЖЕЛ определяются следующие параметры: ЖЕЛ, ДО, РО_{вд}, РО_{выд}, E_{вд}.

Критерии правильного выполнения маневра ЖЕЛ:

- предшествующий выдох не должен быть форсированным;
- глубокий вдох не должен быть быстрым, примерная продолжительность 5–6 с;
- скорость вдоха должна быть постоянной.

Наиболее частыми дефектами при исследовании ЖЕЛ являются:

- попытки приложить форсирующие усилия на вдохе или выдохе;
- задержка дыхания на высоте вдоха;
- попытка максимальной вентиляции (частое, неглубокое дыхание);
- кашель;
- утечка воздуха из углов рта;
- закрытие мундштука языком, сжатие мундштука зубами;
- отсутствие воспроизводимости ЖЕЛ как минимум в трех попытках;

в) маневр ФЖЕЛ: пациент сначала выполняет 2–3 цикла спокойного вдоха–выдоха, затем выполняется полный вдох и после него – полный форсированный выдох (выдох с максимальной скоростью и усилием) и возврат к спокойному дыханию. При выполнении форсированного выдоха определяются следующие параметры: ФЖЕЛ, ОФВ₁, ОФВ₁/ЖЕЛ, ПОС, МОС_{25,50,75}, СОС₂₅₋₇₅ и др.

Критерии правильного выполнения маневра ФЖЕЛ:

- быстрое достижение пика скорости в первые 0,1 с при выдохе первых 20 % ФЖЕЛ;
- остроконечная вершина кривой;
- плавное равномерное уменьшение скоростных показателей к концу выдоха;
- сохранение каскада скоростей ($ПОС > МОС_{25} > МОС_{50} > МОС_{75}$);
- продолжительность форсированного выдоха должна быть не менее 6 с у взрослых;
- проведено как минимум 3 удовлетворительные пробы.

Наиболее частыми дефектами при выполнении пробы ФЖЕЛ являются:

- нефорсированное начало, малая скорость выдоха вначале, кривая принимает П-образный вид;
- непостоянное усилие на протяжении форсированного выдоха;
- кашель;
- быстрое прекращение маневра;
- натуживание во время маневра;
- утечка воздуха из углов рта;
- закрытие мундштука языком, сжатие зубами;
- «довдыхание» во время маневра;

г) маневр МВЛ (максимальной вентиляции легких): исследование проводится только в положении сидя, пациенту предлагается в произвольной форме дышать так глубоко и часто, как только он сможет в течение 12–15 с. Частота дыхания при маневре нестандартизована, идеальный вариант 90–110 дыхательных движений в мин с глубиной дыхания – 50 % ЖЕЛ. При выполнении маневра рассчитывается: МВЛ (MVV), отношение $MVV / (40 \cdot FEV_1)$. Если отношение меньше 0,8, то у пациента следует подозревать нервно-мышечные нарушения. В клинических условиях маневр МВЛ проводится редко, так как не имеет особой диагностической значимости в пульмонологической практике и в значительной степени заменен $ОФВ_1$.

Задание 3. Выполнить интерпретацию результатов спирографического исследования и сделать заключение.

Анализ строится на сравнении зарегистрированных объемных и скоростных показателей с должными величинами и проводится в несколько этапов:

- оценка правильности выполнения маневров;

- оценка отклонения полученных показателей от должных;
- выявление признаков обструктивного или рестриктивного синдромов.

Вопросы для самоконтроля

1. Условия проведения спирографии.
2. Кривая «поток-объем» и ее характеристика.
3. Маневр ФЖЕЛ: порядок выполнения и основные параметры.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов.

1. ЕСЛИ СИНУСОВЫЙ УЗЕЛ ПЕРЕСТАЕТ ВЫРАБАТЫВАТЬ ИМПУЛЬСЫ, ТО
 - 1) начинают работать другие водители ритма
 - 2) произойдет остановка сердца
 - 3) сердечный ритм урежается
 - 4) ЭКГ не изменится

2. ЕСЛИ ПРОИЗОШЕЛ ОБРЫВ ЭЛЕКТРОДА ОТ ЛЕВОЙ РУКИ, НАВОДКА БУДЕТ В ОТВЕДЕНИЯХ
 - 1) AVF, AVR, AVL
 - 2) II и AVR
 - 3) II и AVF
 - 4) I и III

3. ЕСЛИ ПРОИЗОШЕЛ ОБРЫВ ЭЛЕКТРОДА С ЧЕРНОЙ МАРКИРОВКОЙ, НАВОДКА БУДЕТ В ОТВЕДЕНИЯХ
 - 1) II и III
 - 2) I и III
 - 3) 12 общепринятых
 - 4) AVF, AVR, AVL

4. ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ОТВЕДЕНИЯ V3 АКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОД НАХОДИТСЯ НА
 - 1) правой руке
 - 2) грудной клетке
 - 3) правой ноге
 - 4) левой руке

5. I СТАНДАРТНОЕ ОТВЕДЕНИЕ ОБРАЗУЕТСЯ ПРИ ПОПАРНОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ
 - 1) левой руки (-), левой ноги (+)
 - 2) левой ноги (+), правой ноги (-)

- 3) левой руки (–), правой руки (+)
- 4) левой руки (+), правой руки (–)

6. ЗУБЕЦ R ОТРАЖАЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО

- 1) левому предсердию
- 2) правому предсердию
- 3) обоим предсердиям
- 4) левому желудочку

7. КОМПЛЕКС QRST ОТРАЖАЕТ

- 1) электрическую систолу желудочков
- 2) реполяризацию желудочков
- 3) деполяризацию желудочков
- 4) реполяризацию предсердий

8. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИНТЕРВАЛА PQ РАВНА

- 1) 0,12–0,20 с
- 2) 0,08–0,20 с
- 3) 0,12–0,22 с
- 4) 0,12–0,18 с

9. СТАНДАРТНЫМИ ОТВЕДЕНИЯМИ ЭКГ НАЗЫВАЮТ

- 1) любые отведения от конечностей
- 2) однополюсные отведения от конечностей
- 3) двухполюсные отведения от конечностей
- 4) грудные отведения

10. ПРИ НОРМАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСИ СЕРДЦА МАКСИМАЛЬНЫЙ ЗУБЕЦ R РЕГИСТРИРУЕТСЯ В ОТВЕДЕНИИ

- 1) AVR
- 2) III
- 3) AVL
- 4) II

11. СЕГМЕНТ ST ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) распространению возбуждения по желудочкам
- 2) полному возбуждению желудочков
- 3) реполяризации предсердий
- 4) реполяризации желудочков

12. ФУНКЦИЕЙ АВТОМАТИЗМА ЯВЛЯЕТСЯ СПОСОБНОСТЬ СЕРДЦА

- 1) вырабатывать электрические импульсы
- 2) проводить возбуждение
- 3) возбуждаться под влиянием импульса
- 4) сокращаться в ответ на возбуждение

13. ПРИ СКОРОСТИ ЗАПИСИ ЭКГ 50 ММ/С 1 ММ РАВЕН

- 1) 0,1 с
- 2) 0,02 с
- 3) 0,2 с
- 4) 0,04 с

14. ЦЕНТРОМ АВТОМАТИЗМА ПЕРВОГО ПОРЯДКА ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) синусовый узел
- 2) атриовентрикулярный узел
- 3) пучок Гиса
- 4) волокна Пуркинье

15. ОТВЕДЕНИЯ V_7-V_9 ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) усиленными
- 2) стандартными
- 3) грудными
- 4) дополнительными

16. ЗУБЕЦ Т ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ОТРАЖАЕТ

- 1) реполяризацию предсердий
- 2) реполяризацию желудочков
- 3) проведение импульса по межжелудочковой перегородке
- 4) проведение импульса по волокнам Пуркинье

17. ПО ФОРМУЛЕ $(60 : RR)$ РАССЧИТЫВАЕТСЯ

- 1) ЧСС
- 2) систолический показатель
- 3) электрическая систола
- 4) QT

18. ИМПЕДАНС ЭТО –

- 1) полное сопротивление клетки
- 2) емкостное сопротивление клетки

- 3) омическое сопротивление клетки
- 4) сопротивление электродов

19. ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА В РЕОГРАФИИ РЕГИСТРИРУЕТСЯ ДЛЯ

- 1) регистрации и удаления артефактов
- 2) определения электрической оси сердца
- 3) определения скорости распространения пульсовой волны
- 4) расчета реографического индекса

20. АМПЛИТУДА РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА

- 1) дифференциалу реографического индекса
- 2) скорости распространения пульсовой волны
- 3) кровонаполнению правого желудочка
- 4) кровонаполнению в исследуемом участке

21. ИНЦИЗУРА НА РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) моменту прихода пульсовой волны в исследуемый участок
- 2) моменту закрывания клапанов аорты
- 3) объему крови в исследуемом участке
- 4) растяжимости стенок артерий в исследуемом участке

22. ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ РЕОГРАФИИ ИСПОЛЬЗУЮТ ОТВЕДЕНИЯ

- 1) тетраполярные
- 2) биполярные
- 3) монополярные
- 4) униполярные

23. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОСТАТОЧНАЯ ЕМКОСТЬ ЛЕГКИХ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ

- 1) дыхательный объем и остаточный объем
- 2) жизненную емкость легких и остаточный объем
- 3) дыхательный объем и резервный объем выдоха
- 4) резервный объем выдоха и остаточный объем

24. ОБСТРУКТИВНОЕ НАРУШЕНИЕ ДЫХАНИЯ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ НА КРИВОЙ «ПОТОК-ОБЪЕМ»

- 1) снижением скоростных показателей при относительно нормальных объемных показателях
- 2) снижением скоростных и объемных показателей
- 3) снижением жизненной емкости легких (ЖЕЛ) при относительно нормальных скоростных показателях
- 4) увеличением скоростных показателей при относительно нормальных объемных показателях

25. ДИНАМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) минутный объем дыхания (МОД), максимальная вентиляция легких (МВЛ), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ)
- 2) резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), дыхательный объем (ДО), общая емкость легких (ОЕЛ)
- 3) жизненная емкость легких (ЖЕЛ), резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), функциональная остаточная емкость легких (ФОЕЛ)
- 4) форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), функциональная остаточная емкость легких (ФОЕЛ)

26. ОСТАТОЧНЫЙ ОБЪЕМ ВХОДИТ В СТРУКТУРУ

- 1) жизненной емкости легких (ЖЕЛ)
- 2) остаточной емкости легких (ОЕЛ)
- 3) максимальной вентиляции легких (МВЛ)
- 4) форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ)

27. ЖИЗНЕННОЙ ЕМКОСТЬЮ ЛЕГКИХ НАЗЫВАЕТСЯ ОБЪЕМ ВОЗДУХА, КОТОРЫЙ ЧЕЛОВЕК

- 1) спокойно выдыхает после максимального вдоха
- 2) максимально вдыхает после спокойного выдоха
- 3) максимально выдыхает после спокойного вдоха
- 4) максимально выдыхает после максимального вдоха

28. РЕЗЕРВНЫМ ОБЪЕМОМ ВЫДОХА ЯВЛЯЕТСЯ ОБЪЕМ ВОЗДУХА, КОТОРЫЙ ЧЕЛОВЕК

- 1) максимально выдыхает после максимального вдоха
- 2) спокойно выдыхает после спокойного вдоха

- 3) максимально выдыхает после спокойного выдоха
- 4) спокойно выдыхает после максимального вдоха

29. ДЫХАТЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЪЕМ ВОЗДУХА, КОТОРЫЙ ЧЕЛОВЕК

- 1) выдыхает после спокойного выдоха
- 2) спокойно выдыхает после максимального вдоха
- 3) максимально выдыхает после максимального вдоха
- 4) спокойно выдыхает после спокойного вдоха

30. ЛУЧШЕ ВСЕГО ПОКАЗЫВАЕТ БРОНХИАЛЬНУЮ ОБСТРУКЦИЮ

- 1) проба Тиффно
- 2) жизненная емкость легких (ЖЕЛ)
- 3) максимальная вентиляция легких (МВЛ)
- 4) остаточный объем

31. ПО КРИВОЙ «ПОТОК-ОБЪЁМ» МОЖНО ОПРЕДЕЛЯТЬ

- 1) структуру объемов лёгких
- 2) объём «мёртвого пространства»
- 3) работу дыхания
- 4) уровни бронхиальной обструкции

32. БРОНХИАЛЬНАЯ АСТМА МОЖЕТ СЛУЖИТЬ ПРИМЕРОМ НАРУШЕНИЙ

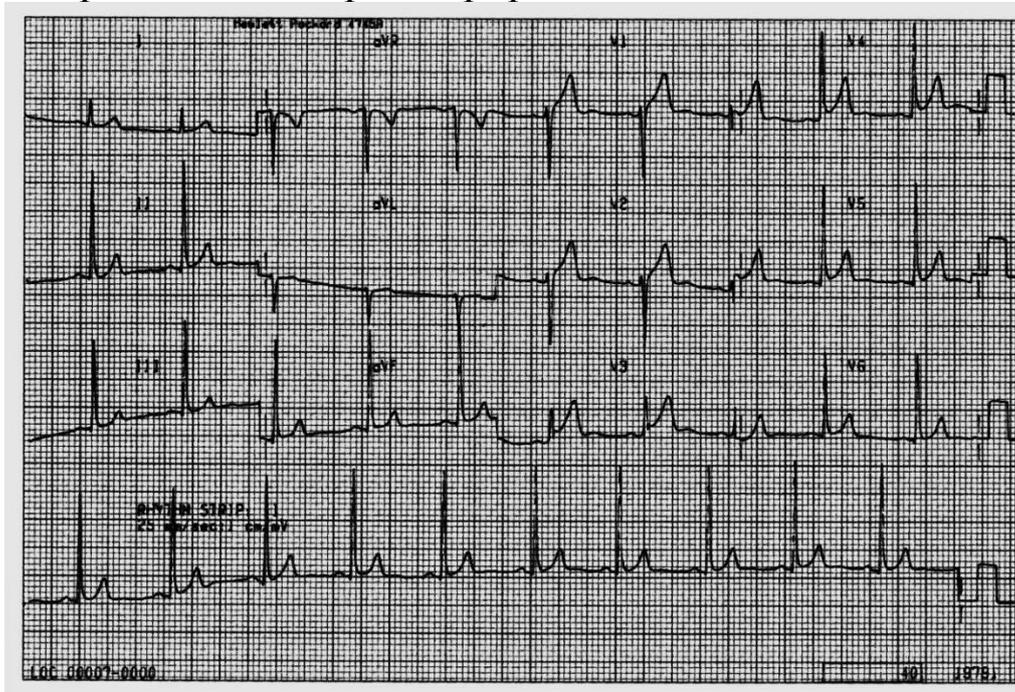
- 1) рестриктивных
- 2) обструктивных
- 3) когнитивных
- 4) дегенеративных

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Номер задания	Номер ответа						
1	1	9	3	17	1	25	1
2	4	10	4	18	1	26	2
3	3	11	2	19	3	27	4
4	2	12	1	20	4	28	3
5	4	13	2	21	2	29	4
6	3	14	1	22	1	30	1
7	1	15	4	23	4	31	4
8	1	16	2	24	1	32	2

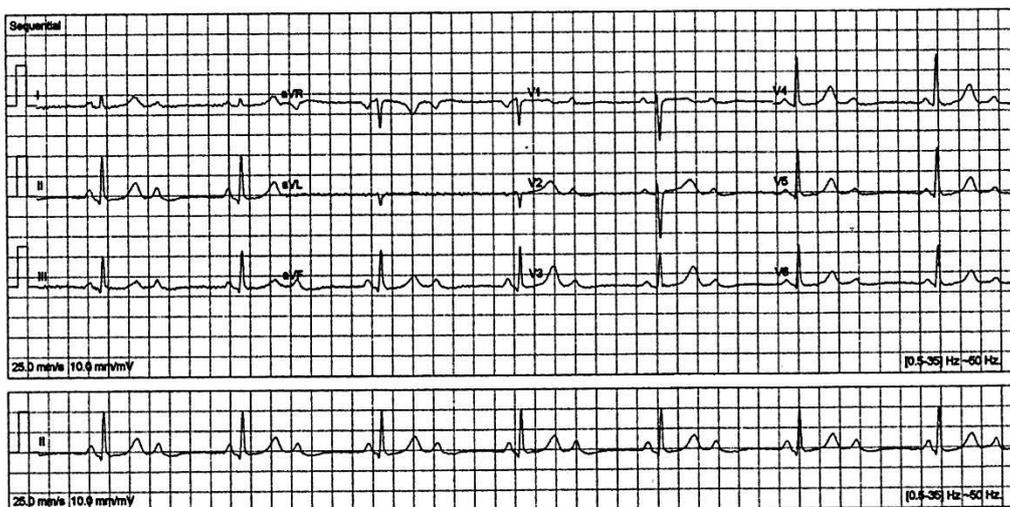
СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1. В поликлинику обратился молодой человек в возрасте 22 лет для прохождения медицинского осмотра для военкомата. Жалоб не предъявляет. Зарегистрирована ЭКГ.



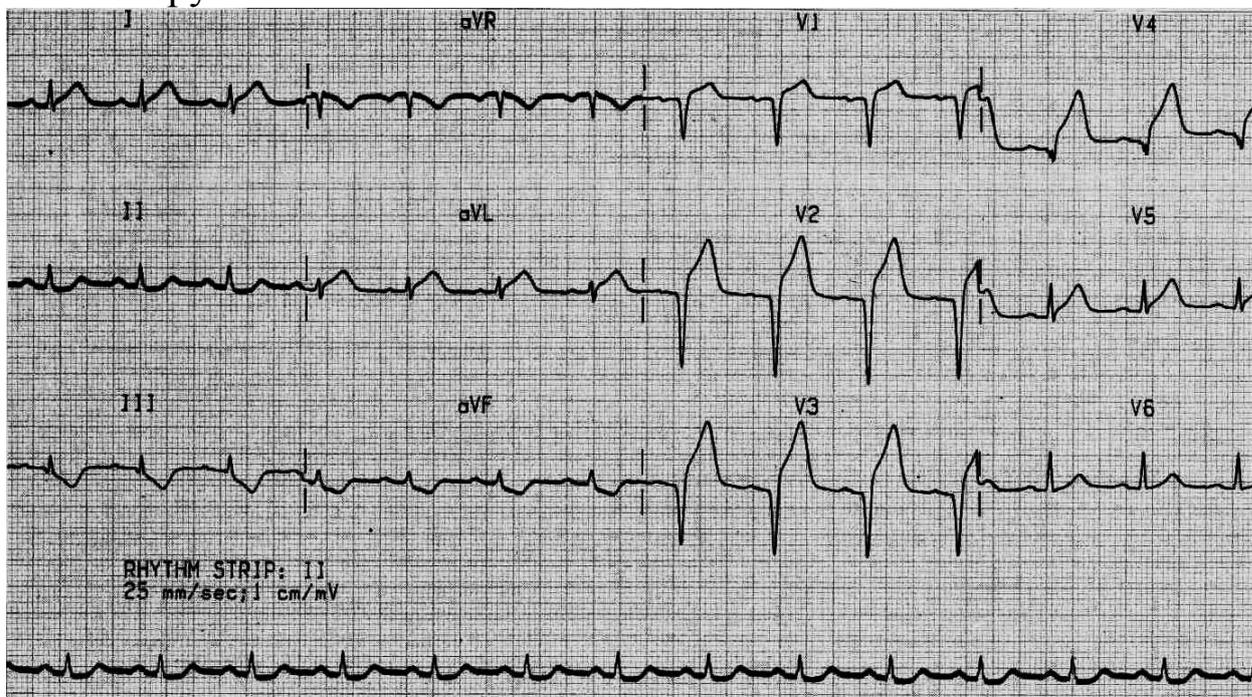
1. Проанализируйте полученную ЭКГ.
2. Сделайте заключение.

Задача № 2. Пациент 54 г., женщина. ЭКГ снята во время прохождения диспансеризации. Жалоб не предъявляет.



1. Сделайте заключение.
2. Какие дополнительные исследования необходимо провести для уточнения диагноза?

Задача № 3. Женщина в возрасте 37 лет самостоятельно обратилась в поликлинику по месту жительства, предъявляя жалобы на боли в груди и одышку, которые возникли накануне. Пациентка занимает ответственную должность в крупной финансовой организации. Боли появились днем после возвращения с совещания, одышку заметила ближе к вечеру.



1. Проанализируйте полученную ЭКГ.
2. Сделайте заключение.

Задача № 4. Пациент пришел к врачу второй раз для реовазографии спустя 15 лет (кривая № 1 – предыдущая, под № 2 – текущая реовазограмма):



1. Какие произошли изменения, с чем эти изменения могут быть связаны?
2. Предположите диагноз.

Задача № 5. У пациента отмечается очень частое обморочное состояние, АД регулярно пониженное – 100/60 мм рт. ст., в карточке пациента ставили диагноз «Вегето-сосудистая дистония».

1. Какие изменения на реограмме ожидается зарегистрировать?
2. Какие дополнительные исследования необходимо провести для уточнения диагноза?

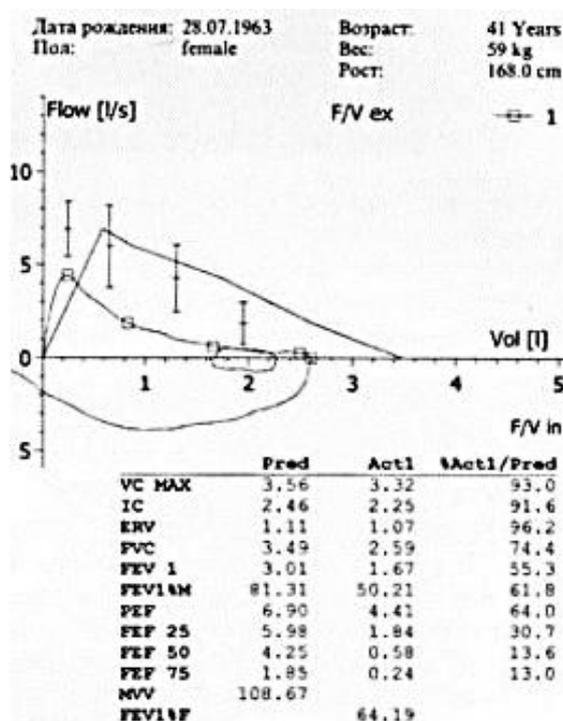
Задача №6. Спирография – метод графической регистрации изменения легочных объемов в процессе выполнения спокойных и форсированных дыхательных маневров.

1. Существуют ли противопоказания к спирографии?
2. О каких изменениях говорит уменьшение ЖЕЛ (жизненная емкость легких) у пациента?

Задача № 7. В исследовании петли «поток-объем» получено значительное снижение ПОС и МОС₂₅.

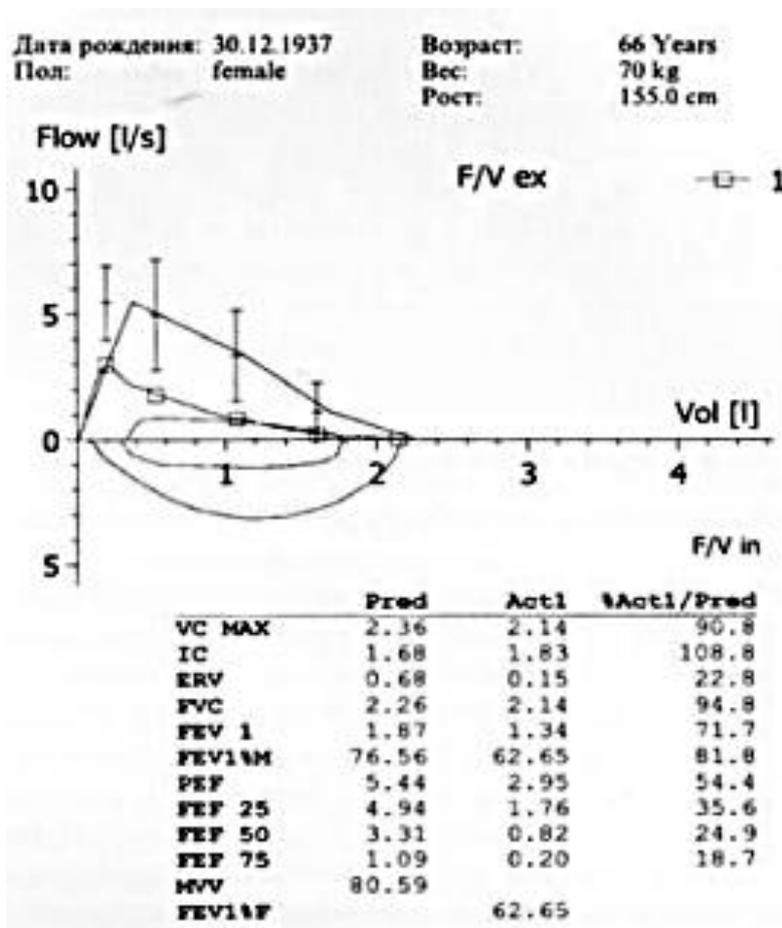
1. Укажите тип вентиляционного нарушения.
2. Назовите уровень повреждения в аппарате внешнего дыхания.

Задача № 8. Больной Н. 41 г., обратился к врачу с жалобами на сильный кашель с мокротой и одышку. Не курит. Работает строителем более 20 лет, часто контактирует с цементом. Результаты исследования:



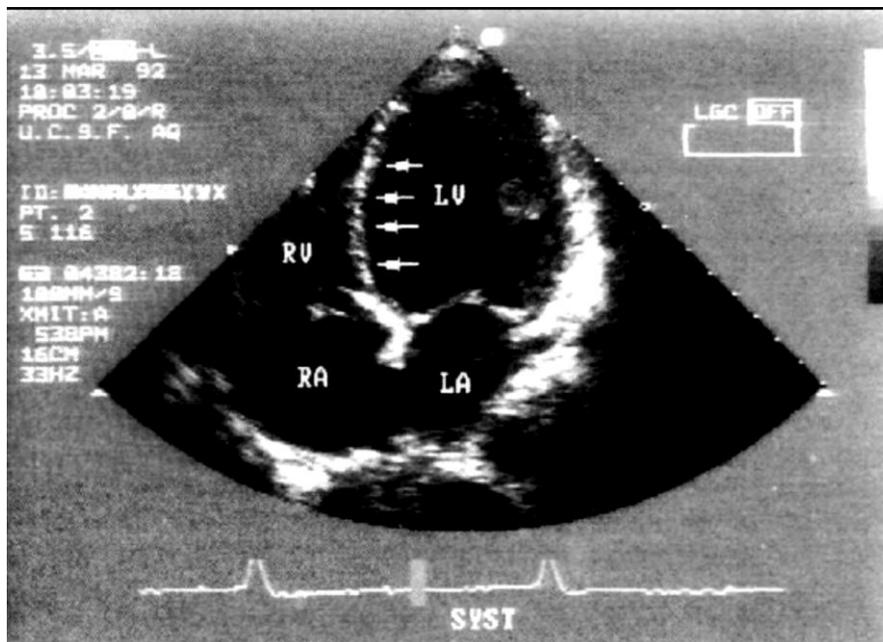
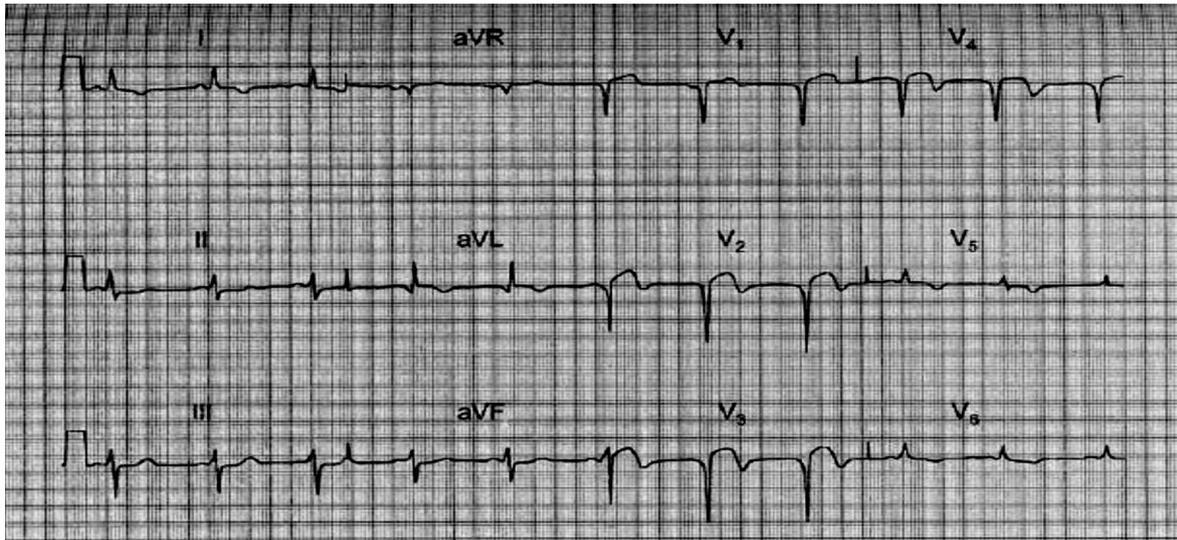
1. Предложите возможный диагноз.
2. Объясните причину вентиляционных нарушений.

Задача № 9. Больной В. 66 л., обратился к врачу с жалобами на ежедневные приступы удушья, особенно затруднен выдох, общую слабость, недомогание, страдает аллергией на пыльцу ольхи. Болен 5 лет, указанные жалобы возникают ежегодно в июне, в июле все симптомы исчезают. У матери и бабушки также отмечались приступы удушья.



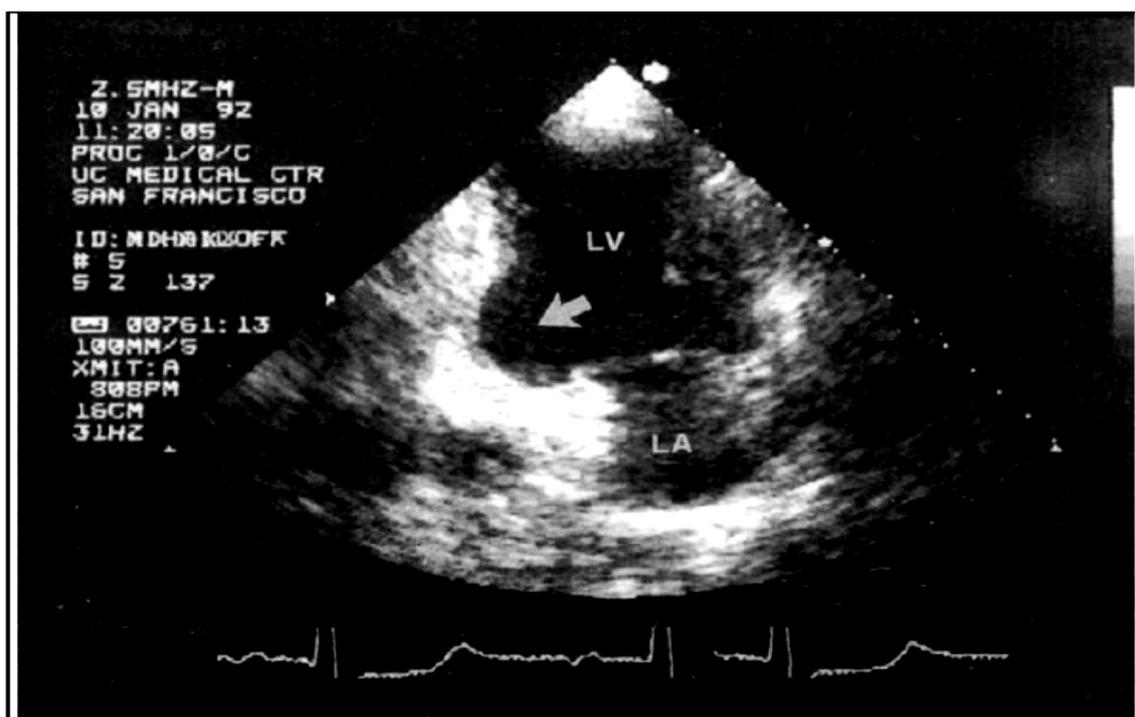
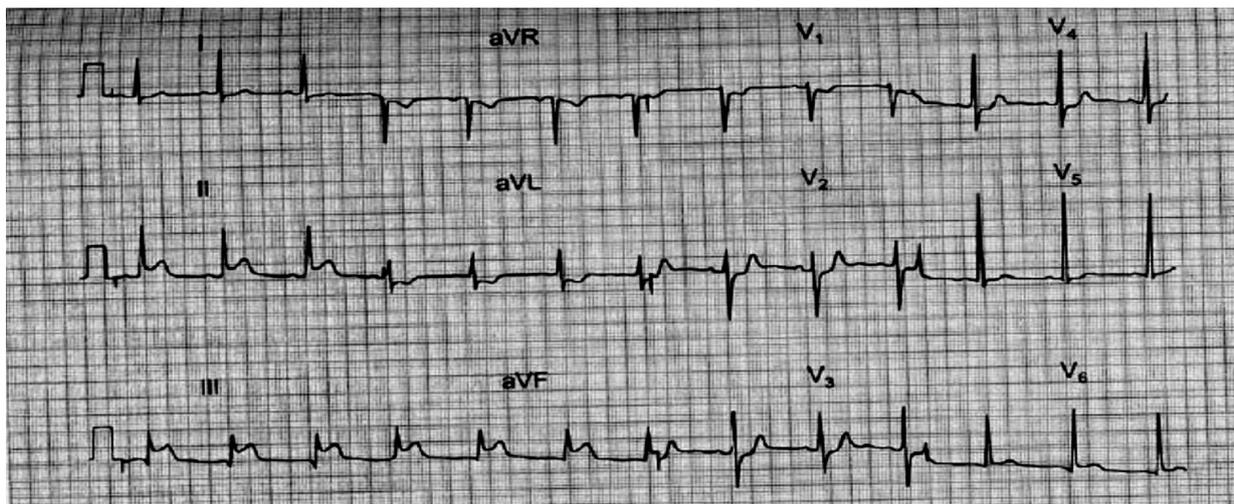
1. Предложите возможный диагноз.
2. Объясните причину вентиляционных нарушений.

Задача № 10. Мужчина 50 л., доставлен в больницу с резкой болью в грудной клетке и иррадиацией в левую руку, продолжительностью до 4 часов. В приёмном отделении была выполнена ЭКГ и ЭхоКГ. Из анамнеза выяснено, что подобные, но не столь выраженные боли, стали беспокоить ещё неделю назад при подъёме на 4-й этаж, которые проходили самостоятельно в покое. При этом в день госпитализации, сильные за грудиной боли возникли после выраженного психоэмоционального стресса. И, поскольку болевой приступ не прекращался несколько часов, вызвали скорую помощь.



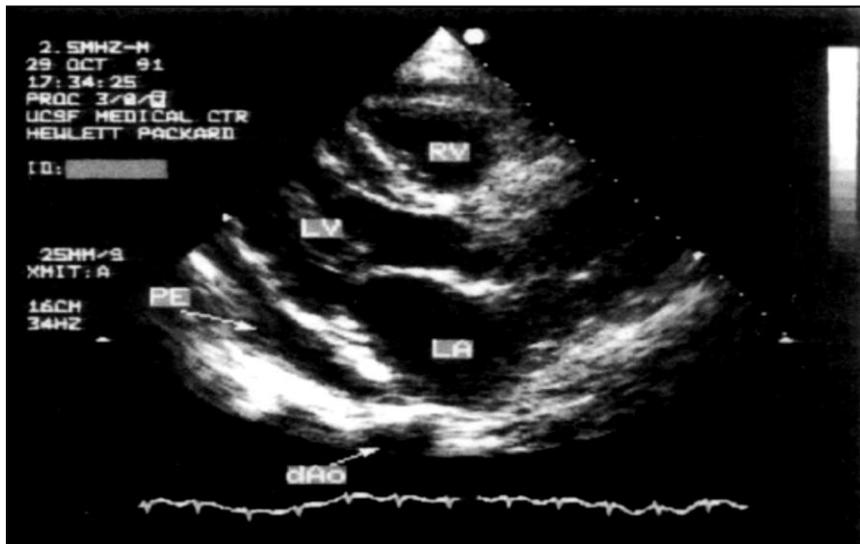
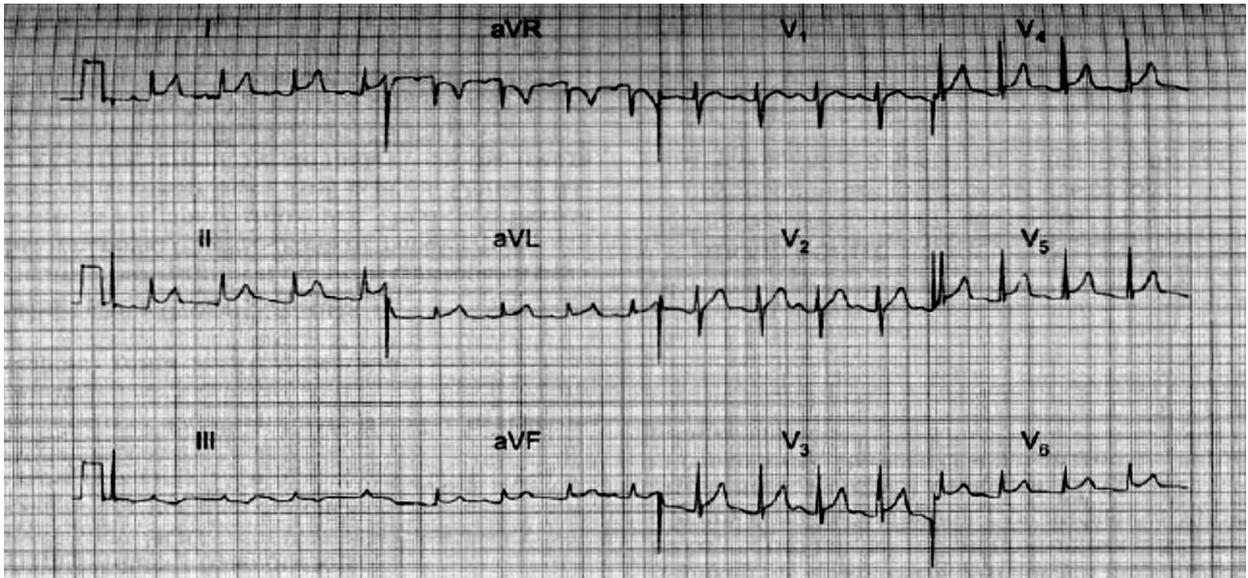
1. *Сделайте заключение по представленной ЭхоКГ.*
2. *Какой патологии больше всего соответствует клиническая картина, анамнез, данные ЭКГ и ЭхоКГ?*

Задача № 11. Пациентка 65 л., 9 лет назад перенесла крупноочаговый задний инфаркт миокарда. В последние месяцы боли в сердце стали и частыми и интенсивными. Сегодня ночью проснулась от сильных загрудинных болей сжимающего характера с иррадиацией в левую руку и нижнюю челюсть. После последовательного в течение часа приёма 4 таблеток нитроглицерина состояние улучшилось, больная уснула, но под утро боли возобновились, поэтому вызвала скорую помощь. Бригадой «скорой помощи» была снята ЭКГ, а в приёмном отделении выполнена ЭхоКГ.



1. Сделайте заключение по представленной ЭхоКГ.
2. Какой патологии больше всего соответствует клиническая картина, анамнез, данные ЭКГ и ЭхоКГ?

Задача 12. Мужчина 28 л., поступил с резкой загрудинной болью, одышкой, температурой 39 °С, глухостью тонов сердца на верхушке и набухшими шейными венами. Из анамнеза выяснено, что пациент две недели назад на зимней охоте, сильно переохладился. Больному была снята ЭКГ и выполнена ЭхоКГ.



1. *Сделайте заключение по представленной ЭхоКГ.*
2. *Какой патологии больше всего соответствует клиническая картина, анамнез, данные ЭКГ и ЭхоКГ?*

ОТВЕТЫ НА СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1.

Синусовая тахикардия (ЧСС 93 уд/мин). Синдром ранней реполяризации желудочков/ неспецифические изменения сегмента ST. Вариант нормальной ЭКГ.

Задача № 2.

Синусовая брадикардия (ЧСС 44 уд/мин). АВ-блокада 2 степени, 2 тип (2:1). Для уточнения типа блокады необходимо провести суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру.

Задача № 3.

Ритм синусовый, ЧСС 85 уд/мин. Обширный инфаркт миокарда передней и боковой стенок левого желудочка.

Задача № 4.

Кривая №2 в отличие от кривой № 1 более сглажена, низкоамплитудная, инцизура и дикротический зубец практически не выражены. Такие изменения возможны при снижении растяжимости и эластичности магистральных сосудов. Следовательно, можно предположить атеросклероз магистральных сосудов.

Задача № 5.

На реограмме обычно отмечается: повышение амплитуды систолической волны, заострение анакроты, углубление инцизуры, диастолический зубец приближается к вершине анакроты, катакрота резко спадает и приближается к изолинии. Возможно появление дополнительных дикротических зубцов.

Задача № 6.

Спирографию невозможно провести при затруднении подсоединения пациента к прибору (трахеостома, челюстно-лицевые травмы), ограничении полноценных дыхательных движений (боли, деформации грудной клетки), отсутствии контакта с пациентом (дети младше-

го возраста, умственно неполноценные, наличие языкового барьера и т. д.). Форсированные маневры следует выполнять с осторожностью при пневмотораксе, недавнем инфаркте миокарда, в послеоперационном периоде, при кровохарканье, тяжелом общем состоянии. Снижение ЖЕЛ чаще говорит об ограничительных, рестриктивных изменениях. Внутригрудные причины чаще связаны с диффузным фиброзом легких и проводящих путей различной природы, аденоматозом, застоем в малом круге кровообращения, отеком легких, плевритом, пневмотораксом, опухолями легких и средостения, увеличением сердца, резекцией легких и т. д.

Задача № 7.

Так как снижены только ПОС и МОС₂₅ мы можем судить об обструктивных нарушениях на уровне крупных бронхов и трахеи. Такое возможно при приступе бронхиальной астмы, при сдавлении верхних дыхательных путей опухолевым процессом.

Задача № 8.

Умеренная (средняя, II) степень обструкции, ОФВ₁ (FEV₁) – 55,3 % от должной величины, норма ОФВ₁ ≥ 80 %.

Задача № 9.

Умеренные признаки бронхиальной обструкции со значительным нарушением бронхиальной проходимости на уровне средних и мелких бронхов. ОФВ₁ (FEV₁) – 71,7 % от должной величины, МОС₂₅ (FEF₇₅) – 18,7 % от должной величины.

Задача № 10.

На ЭхоКГ отмечена дилатация левого желудочка (с тенденцией к сферичности), а также усиление эхоплотности, гипо- и акинез межжелудочковой перегородки (показано стрелками). Жалобы, данные ЭКГ и ЭхоКГ могут быть проявлением острой фазы инфаркта миокарда в передне-перегородочной и верхушечной стенках левого желудочка.

Задача № 11.

На двумерной ЭхоКГ стрелкой отмечена резкая деформация контура и истончение задне-базальной стенки левого желудочка, обусловленные аневризмой. Жалобы, анамнез заболевания, данные ЭКГ

и ЭхоКГ указывают на хроническую аневризму задне-базальной стенки левого желудочка как осложнение после обширного инфаркта миокарда левого желудочка в прошлом и, возможно, «свежего» острого инфаркта миокарда в вокруг зоны «рубца».

Задача № 12.

На ЭхоКГ стрелкой отмечен pericardial effusion (PE) в виде широкой полоски (до 14 мм) эхонегативного пространства вокруг сердца. Жалобы, анамнез заболевания, данные ЭКГ и ЭхоКГ указывают на острый инфекционный выпотной перикардит.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Антонов, В. Ф. Физика и биофизика [Текст] : курс лекций для студентов медицинских вузов : учебное пособие для студентов медицинских вузов / В. Ф. Антонов, А. В. Коржуев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 240 с.
2. Лекции по биофизике [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям : 04.08.00 – Медицинская биохимия, 04.09.00 – Медицинская биофизика, 04.10.00 – Медицинская кибернетика / М. Б. Баскаков [и др.] ; Сибирский медицинский университет (Томск). – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2009. – 200 с. : Режим доступа: <http://irbis64.medlib.tomsk.ru>.
3. Самойлов, В. О. Медицинская биофизика [Электронный ресурс] : учебник / В. О. Самойлов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 605 с. : Режим доступа: <http://www.books-up.ru>.
4. Яковлев, В. М. Клиническая компьютерная электрокардиология: методы и методологии компьютерной диагностики [Текст] : монография = Clinical computer electrocardiology : methods and methodology of computer electrocardiological diagnostics / В. М. Яковлев, Р. С. Карпов ; НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН (Томск), Ставропольская медицинская академия (Ставрополь). – Томск : STT, 2011. – 592 с.

Дополнительная

1. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика [Электронный ресурс] : учебник для студентов медицинских специальностей высших учебных заведений / А. Н. Ремизов. – 4-е изд., испр. и перераб. – Электрон. текстовые дан. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. : Режим доступа: <http://irbis64.medlib.tomsk.ru>
2. Шиллер, Н. Б. Клиническая эхокардиография [Текст] : руководство / Н. Б. Шиллер, М. А. Осипов. – 2-е изд. – М. : Практика, 2005. – 663 с.
3. Мурашко, В. В. Электрокардиография [Текст] : учебное пособие / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский. – 12-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2014. – 320 с.
4. Стручков, П. В. Спирометрия [Текст] : руководство для врачей / П. В. Стручков, Д. В. Дроздов, О. Ф. Лукина. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 96 с.

Учебное издание

Авторы:

Носарев Алексей Валерьевич, Ким Виталий Николаевич,
Бирулина Юлия Георгиевна, Ковалев Игорь Викторович,
Гусакова Светлана Валерьевна, Петрова Ирина Викторовна,
Смаглий Людмила Вячеславовна

**ПРАКТИКУМ
ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ДИАГНОСТИКЕ**

ЧАСТЬ I

Учебное пособие

Редактор Коломийцев А.Ю.
Технический редактор Коломийцева О.В.
Обложка Гончаров С.Б.

Издательство СибГМУ
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107
тел. 8(382-2) 51-41-53
E-mail: otd.redaktor@ssmu.ru

Подписано в печать 30.01.2019 г.
Формат 60x84 $\frac{1}{6}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура «Times». Печ. лист 4,4. Авт. л. 2,4.
Тираж 100 экз. Заказ № 6

Отпечатано в Издательстве СибГМУ
634050, Томск, ул. Московский тракт, 2
E-mail: lab.poligrafii@ssmu.ru