

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

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

# **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ В ПРЕВЕНТИВНОЙ КАРДИОЛОГИИ**

Учебное пособие

ТОМСК  
Издательство СибГМУ  
2020

УДК 616.12-039.71-072.7-072.85(075.8)

ББК 54.101-43я73

Ф 947

**Авторы:**

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

**Функциональные нагрузочные пробы в превентивной кардиологии:** учебное пособие / В.Н. Ким и [др.]. – Томск: Изд-во СибГМУ. – 2020. – 70 с.

Данное учебное пособие содержит описание практических работ по наиболее информативным функциональным нагрузочным пробам, используемым для доклинической оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека. В каждой работе приведено теоретическое обоснование проводимой пробы, подробное изложение стандарта операционной процедуры для правильного выполнения методики. Кроме того, в пособии представлены тематические тестовые задания и ситуационные задачи для самоконтроля студентов.

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

**УДК 616.12-039.71-072.7-072.85(075.8)**

**ББК 54.101-43я73**

**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 №2 от 10 июня 2020 г.).*

© Издательство СибГМУ, 2020

© Ким В.Н., Носарев А.В., Бирулина Ю.Г., Ковалев И.В.,  
Гусакова С.В., Петрова И.В., Смаглий Л.В., 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
<b>ГЛАВА 1. ПРОБЫ С НАГРУЗКОЙ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Проба с физической нагрузкой на велоэргометре.....	5
1.2. Двухступенчатая стандартизованная проба Мастера .....	17
<b>ГЛАВА 2. ПРОБЫ С НАГРУЗКОЙ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЭХОКАРДИОГРАММЫ.....</b>	<b>22</b>
2.1. Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой .....	22
<b>ГЛАВА 3. ПРОБЫ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО РЕАКЦИИ КРОВОТОКА И СТЕНКИ СОСУДА НА ГИПЕРЕМИЮ.....</b>	<b>33</b>
3.1. Реографическая окклюзионная проба.....	33
3.2. Ультразвуковая проба на сосудах по D.S. Celermajer.....	38
Тестовые задания.....	43
Ситуационные задачи .....	54
Ответы на тестовые задания .....	64
Ответы на ситуационные задачи .....	65
Рекомендуемая литература .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Современные функциональные нагрузочные пробы (ФНП) являются важнейшим разделом диагностического процесса в клинической и превентивной кардиологии. Особенность ответной реакции сердечно-сосудистой системы (ССС) на психологическую, физическую либо фармакологическую нагрузку позволяют выявлять скрытно или нетипично протекающую ишемическую болезнь сердца (ИБС), нарушения ритма и проводимости, кардиомиопатии, пороки сердца и другие сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Вместе с тем, ФНП помогают изучать резервы коронарного кровообращения и физической работоспособности, эффективность консервативной терапии, хирургического вмешательства и реабилитационных мероприятий, а также определять прогноз, имеющейся у больного кардиоваскулярной патологии.

Кроме того, ФНП являются обязательными для экспертной оценки уровня здоровья, максимальной работоспособности и адаптационного потенциала организма у лиц экстремальных профессий, например, военных, летчиков, представителей МВД, МЧС, спортсменов и т. д. Причём, как в рамках профессионального допуска, так и с целью раннего обнаружения ССЗ у данной категории населения, входящей в группу «высокого риска». Поэтому, из большого разнообразия функциональных проб, используемых в современной клинической кардиологии, в настоящем издании представлены как простые в применении нагрузочные пробы, включая у детей, так и высокотехнологичные современные тесты для экспертных целей. В этой связи, основываясь на собственном опыте, в пособие также включены актуальные для профилактической кардиологии ФНП, позволяющие исследовать эндотелий-зависимую вазодилатацию (ЭЗВД) плечевой артерии и микроциркуляторное русло предплечья на фоне пробы с реактивной гиперемией (ПРГ), помогающие диагностировать дисфункцию эндотелия и сосудистую патологию на раннем доклиническом этапе.

Настоящее учебное пособие направлено на изучение студентами, обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета 30.05.02 – Медицинская биофизика и 30.05.03 – Медицинская кибернетика, дополнительных методов обследования сердечно-сосудистой системы, включая их практическое выполнение и трактовку полученных результатов.

## ГЛАВА 1

### ПРОБЫ С НАГРУЗКОЙ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

#### 1.1. Проба с физической нагрузкой на велоэргометре

**Цель работы:** ознакомиться со стандартом операционной процедуры и освоить первичные навыки проведения функциональной пробы с помощью велоэргометрии (ВЭМ) для выявления скрытой коронарной недостаточности (СКН) у практически здоровых лиц.

**Материалы и оборудование:** стресс-система нагрузочного тестирования «SHILLER AT104 / ERG 911BP» (Швейцария); кушетка; этиловый спирт 70%; вата; секундомер; аптечка для оказания экстренной медицинской помощи; дефибриллятор.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Показания и противопоказания для пробы на велоэргометре.
2. Критерии прекращения велоэргометрической пробы.
3. Методика проведения велоэргометрии.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрокардиография (ЭКГ) является сравнительно простым, информативным и самым распространенным методом функционального исследования ССС. Причём для точной и быстрой диагностики инфаркта миокарда, нарушений сердечного ритма и проводимости методика ЭКГ по-прежнему остаётся незаменимой. В основе способа лежит регистрация биопотенциалов и электродвижущей силы (ЭДС) одиночного мышечного волокна или целого сердца, которые возможно регистрировать, устанавливая электроды не только на поверхности возбудимой ткани, но также в проводящей среде, окружающей источник. При этом, благодаря существованию вокруг источника тока электрического поля, возникающий диполь создает в окружающей его среде силовые линии, идущие от положительного к отрицательному заряду диполя. Прикрепляя электроды в любые точки электрического поля, можно зарегистрировать его разность потенциалов, не-

сущую информацию об ЭДС источника тока. В результате «конфигурация ЭКГ» (форма и амплитуда электрокардиографических комплексов) будет зависеть от направления вектора диполя по отношению к электродам отведения, а точнее, по отношению к направлению каждой оси электрокардиографического отведения. В таком случае, осью конкретного отведения принято называть гипотетическую прямую линию, которая соединяет положительный электрод, помещённый в любой точке электрического поля с электродом, расположенным в центре источника тока (т. е. в центре диполя) и, являющимся отрицательным полюсом данного отведения. Таким образом, оси электрокардиографических отведений могут располагаться в электрическом поле как параллельно или перпендикулярно, так и под углом к направлению диполя.

В сердечной мышце одновременно (в каждый момент систолического сокращения) возникает возбуждение многих участков миокарда, во время которого направление векторов деполяризации и реполяризации может различаться. При этом важно, что электрокардиограф регистрирует результирующую ЭДС сердца именно для данного момента возбуждения. Кроме того, существенное влияние на амплитуду всех электрокардиографических зубцов оказывает расстояние от исследуемого электрода до источника тока. Величина зубцов ЭКГ обратно пропорциональна квадрату расстояния от электрода до источника тока. Поэтому, располагая электроды на поверхности тела, можно регистрировать на ЭКГ изменения электрического поля сердца во время деполяризации и реполяризации миокарда, вызванные изменениями, как величины, так и ориентации сердечного диполя на протяжении всего возбуждения сердца.

В физиологических условиях волна возбуждения сердца возникает в синоатриальном узле (СА-узле) или узле, называемым узлом Кисса-Флека, и устремляется по миокарду правого предсердия по трем внутриузловым трактам: переднему Бахмана, среднему Венкебаха и заднему Тореля. Причём, собственно возбуждение СА-узла на ЭКГ не регистрируется. Передний тракт идет по передневерхней стенке правого предсердия и разделяется на две ветви у межпредсердной перегородки: одна идёт к атриовентрикулярному узлу (АВ-соединение), другая направляется к левому предсердию, которое получает импульс с задержкой 0,02 с. Средний тракт идет по межпредсердной перегородке к АВ-соединению, задний тракт – к атриовентрикулярному узлу по нижней части межпредсердной перегородки. От заднего тракта

ответвляются волокна к стенке правого предсердия. Скорость прохождения возбуждения по предсердиям достигает 1 м/с. Процесс деполяризации предсердий записывается на ЭКГ в виде зубца Р (рис. 1).

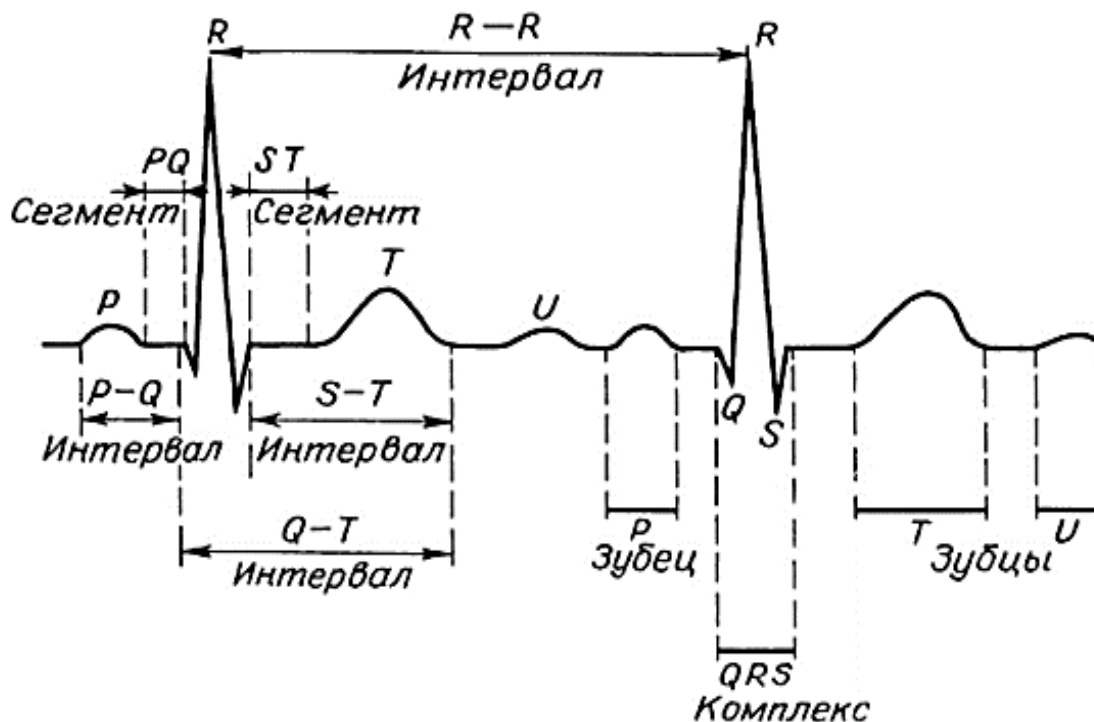


Рис. 1. Нормальная ЭКГ

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 связано с электрофизиологическими особенностями проводящей ткани АВ-узла. Скорость проведения возбуждения по ней варьирует от 5 до 20 см/с. Величины разности потенциалов, возникающие в этот период в сердце, весьма малы, поэтому на ЭКГ регистрируется изоэлектрический сегмент PQ.

Процесс деполяризации желудочков отображается 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). Завершается деполяризация базальными зонами межжелудочковой перегородки правого и левого желудочков (зубец S).

При полном охвате возбуждением желудочков разность потенциалов отсутствует и, поэтому на ЭКГ регистрируется изоэлектрическая

линия – сегмент ST. Процесс реполяризации желудочков отражается на ЭКГ формированием зубца T. При этом вектор деполяризации направлен сверху вниз, от эндокарда к эпикарду, тогда как вектор реполяризации – от эпикарда к эндокарду. Изменения разности потенциалов на поверхности тела, которые возникают во время работы сердца, регистрируются с помощью 12 отведений: 3 стандартных (I, II, III), 3 усиленных (aVR, aVF, aVL) и 6 грудных (V<sub>1</sub>–V<sub>6</sub>) (рис. 2).

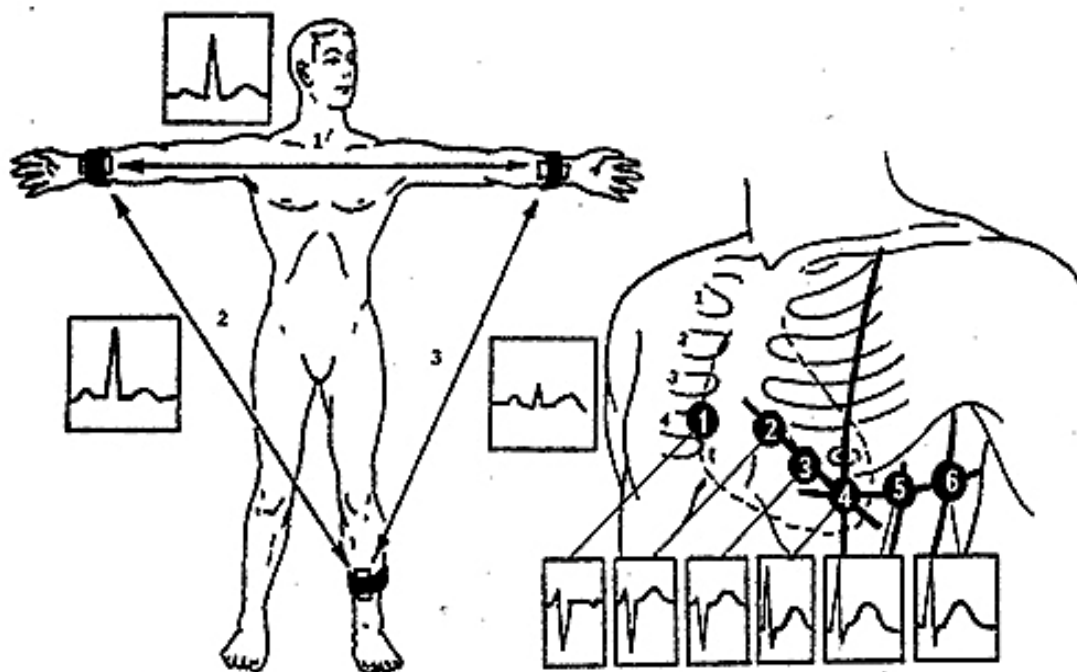


Рис. 2. Формирование отведений ЭКГ

Так, стандартные двухполюсные отведения отображают 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 размещён 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, помещённым на грудной клетке и объединённым электродом Вильсона (образуемым при соединении через дополнительные сопротивления трех конечностей).

Вместе с тем, электрокардиографические отведения помогают не только диагностировать ишемию, повреждение или некроз сердечной мышцы, не только определять давность возникновения острого ин-



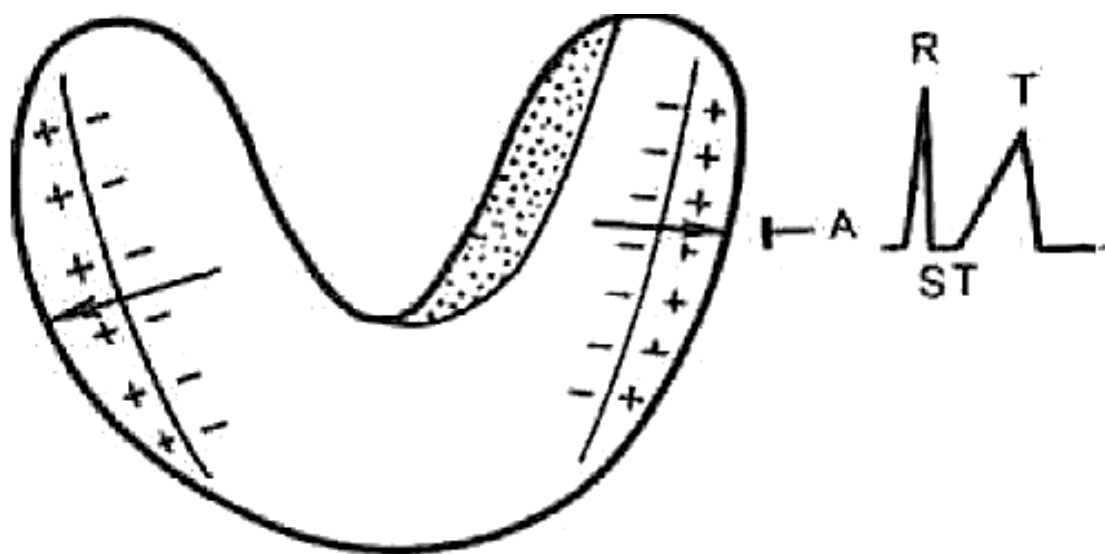
фаркта миокарда, но также позволяют достаточно точно показать его топографию в желудочке. Области изменённой структуры миокарда определяются по тем электрокардиографическим отведениям, в которых наблюдаются характерные для инфаркта изменения. При этом локализация повреждённых участков миокарда, определяемая с помощью ЭКГ, в основном, соответствует анатомии. Так, грудные отведения с V1 по V3 отражают передне-септальную стенку левого желудочка (ЛЖ). Отведения V3-V4 соответствуют передней стенке, отведения V5-V6, I, II и aVL выявляют патологические изменения в боковой стенке, а отведения II, III и aVF отображают функциональное состояние задне-диафрагмальной области ЛЖ.

Кроме того, наличие патологических изменений в тех или иных электрокардиографических отведениях, позволяет косвенно высказывать суждение о поражении той или иной коронарной артерии. В частности, отображение ишемических изменений в отведениях V1-V6, I, II и aVL, как правило, свидетельствуют о возникновении стенозирующего атеросклероза в системе левой коронарной артерии, а появление коронарных признаков в отведениях II, III и aVF, обычно указывают на развитие гемодинамически значимых атеросклеротических бляшек в системе правой коронарной артерии. Допускаемая, при этом, некоторая вариативность топической оценки локализации очага повреждения, зависит от левого или правого типа коронарного кровоснабжения различных областей сердца. В этой связи, точная диагностика локализации и степени стеноза венечных артерий, а также типа кровоснабжения и зон повреждения миокарда может быть выполнена только на основании коронаровентрикулографии.

Таким образом, поскольку выраженная психофизическая нагрузка или фармакологическое воздействие приводят к существенному возрастанию потребности миокарда в кислороде и, соответственно, к повышению притока крови в венечные сосуды, функциональные нагрузочные тесты, оцениваемые по изменениям ЭКГ и, сегодня, сохраняют свою актуальность в ранней диагностике скрытой коронарной недостаточности. Возникающее при проведении теста с физической нагрузкой, резкое несоответствие между потребностью миокарда в кислороде и его поступлением к сердечной мышце, вследствие стенозирующего коронарного атеросклероза, позволяет обнаруживать неадекватное работе кровоснабжение миокарда и, обусловленные данным обстоятельством ишемию, аритмию или нарушение проводимости на ЭКГ. При этом следует ещё раз подчеркнуть, что глав-

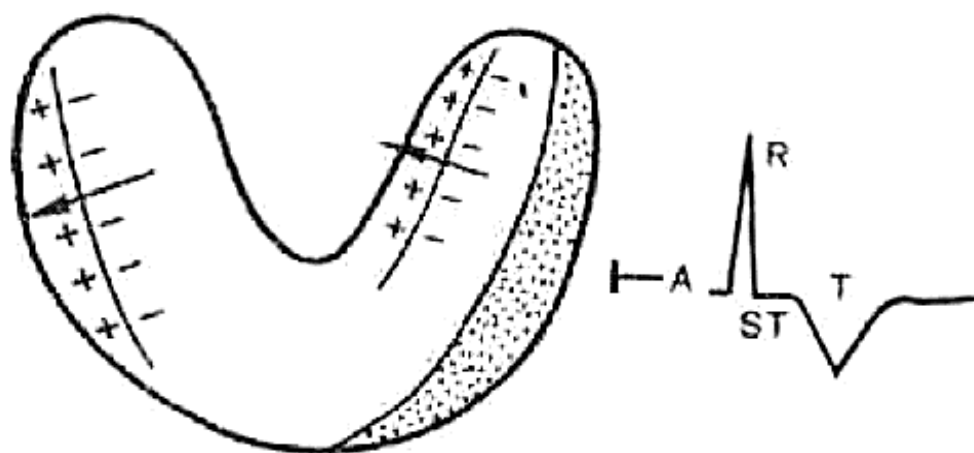
ным критерием СКН являются ишемические изменения ЭКГ. Это важно, поскольку во время ишемии миокарда, когда замедляется биоэлектрические процессы и, из клеток выводится калий, тем не менее, микро- и макроскопические сдвиги в сердечной мышце, отсутствуют. Ишемические нарушения, как правило, больше и чаще развиваются у эндокарда, чем у эпикарда. Это обусловлено тем, что эндокардиальные участки миокарда снабжаются кровью хуже, чем эпикардиальные слои, а также тем, что эндокард испытывает значимо большее давление со стороны крови, содержащейся в желудочках.

При ишемии характерно изменение зубца Т, но комплекс QRS и сегмент ST имеют обычный вид. В частности, при субэндокардиальной ишемии миокарда зубец Т регистрируется высоким, положительным, симметричным и уширенным (так называемый «высокий коронарный зубец Т») (рис. 3). И, напротив, в случае возникновения субэпикардиальной ишемии миокарда под электродом, зубец Т записывается глубоким, отрицательным, симметричным и уширенным (рис. 4).

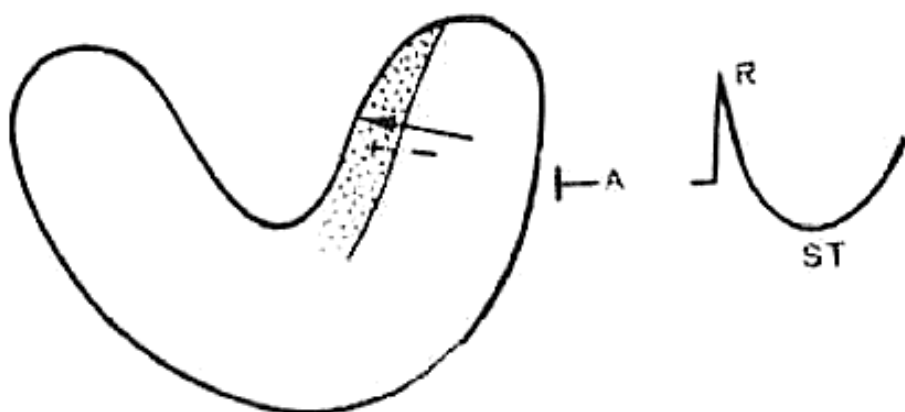


*Рис. 3. Субэндокардиальная ишемия под электродом.  
Зубец Т высокий, положительный, симметричный (Орлов В.Н., 2017)*

Тем не менее, наиболее надёжным электрокардиографическим проявлением ишемии миокарда в реальной жизненной ситуации и критерием прекращения нагрузки во время велоэргометрической (ВЭМ), фармакологической либо электростимуляционной проб, является смещение сегмента ST на 1 мм и более, выше или ниже от изолинии ЭКГ (рис. 5–8).



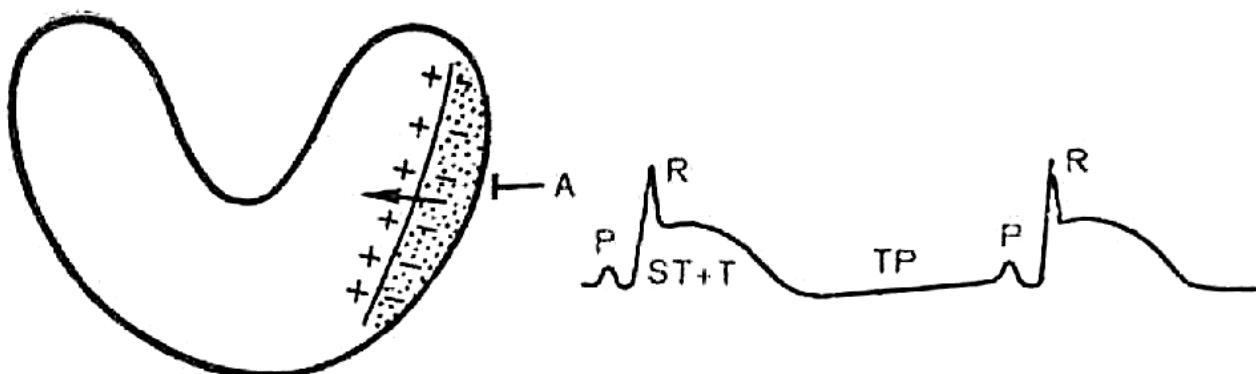
*Рис. 4. Субэпикардальная ишемия под электродом.  
Зубец T глубокий, отрицательный, симметричный (Орлов В.Н., 2017)*



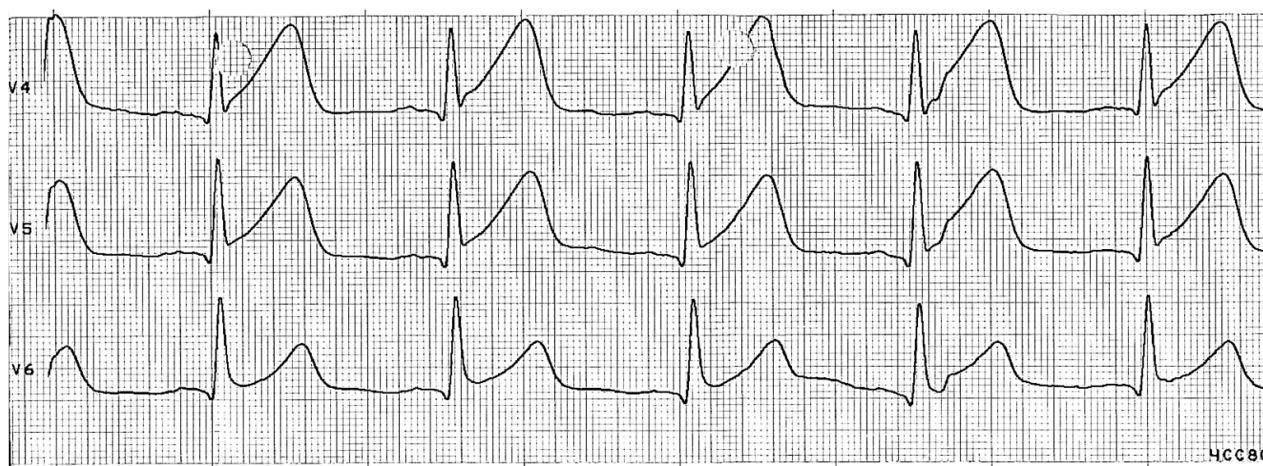
*Рис. 5. Субэндокардиальная ишемия под электродом.  
Депрессия сегмента ST ниже изолинии с дугой, обращенной выпуклостью книзу (Орлов В.Н., 2017)*



*Рис. 6. Субэндокардиальная ишемия под электродом.  
Депрессия сегмента ST*



*Рис. 7. Субэпикардальная ишемия под электродом.  
Подъем сегмента ST выше изолинии с дугой, обращенной выпуклостью кверху  
(Орлов В.Н., 2017)*



*Рис. 8. Субэпикардальная ишемия под электродом.  
Подъем сегмента ST*

Среди других недвусмысленных критериев прекращения пробы с нагрузкой, при диагностике СКН, в первую очередь являются: 1) достижение 75% от возрастного уровня ЧСС; 2) типичный приступ стенокардии; 3) угрожающие нарушения ритма и проводимости; 4) повышение систолического АД более 200 мм рт. ст. либо снижение систолического АД на 20 мм рт. ст.; 5) неврологические симптомы: головные боли, головокружения, нарушения зрения, координации движений; 6) появление болей в ногах по типу «перемежающейся хромоты»; 7) появление одышки, приступов удушья; 8) утомление испытуемого, или его отказ от дальнейшего выполнения пробы; 9) в целях предосторожности по решению врача, проводящего исследование.

Вместе с тем, с учётом скрининговых задач в профилактической медицине, общими показаниями к применению ФНП в превентивной кардиологии считается всё же экспертная оценка максимальной рабо-

тоспособности у представителей экстремальных профессий с определением функциональных границ адаптационного потенциала кардиореспираторной и нейроэндокринной систем. Результат теста помогает интерпретировать адекватность тренирующей или экстремальной нагрузки, обнаруживать ранние патологические изменения, чтобы в конечном итоге, улучшить подготовку профессиональных спортсменов, пилотов-испытателей, бойцов спецподразделений и т.п. Другим важным показанием к проведению ФНП является выявление СКН.

В завершение теоретического блока, необходимо уделить отдельное внимание безопасности, при проведении нагрузочной пробы. Даже при самом скрупулезном выполнении всех требований к выполнению ФНП, всё же возможны осложнения, включая и серьезные. Одни осложнения вызваны психологической неподготовленностью, другие вегетососудистыми реакциями. Наибольшую тревогу вызывает опасность провоцирования выраженной коронарной недостаточности. Тогда как сами приступы стенокардии, купируемые приёмом нитроглицерина либо проходящие после прекращения пробы, осложнением не считаются. Вот почему в превентивной медицине, несмотря на то, что среди ключевых показаний для выполнения ФНП, выявление СКН не является первоочередным, тем не менее, проводить данную процедуру разрешено только квалифицированным врачам, знающим в совершенстве ЭКГ и сердечно-лёгочную реанимацию. Поэтому кабинеты, в которых проводят функциональные пробы, должны быть оснащены дефибриллятором и медикаментами для оказания неотложной помощи, включая инъекционные формы наркотических и ненаркотических анальгетиков, нитроглицерин, лидокаин, новокаинамид, мезатон, норадреналин, пренизолон, строфантин, гидрокарбонат натрия, лазикс и 5% раствор глюкозы. Строгое соблюдение методологии ФНП, возможность мониторингового слежения за ЭКГ, АД и квалификация врача, позволяют гарантировать безопасность. Также врач обязан предоставить испытуемому информацию о деталях процедуры, предупредить о возможности осложнений и, получить его добровольное согласие.

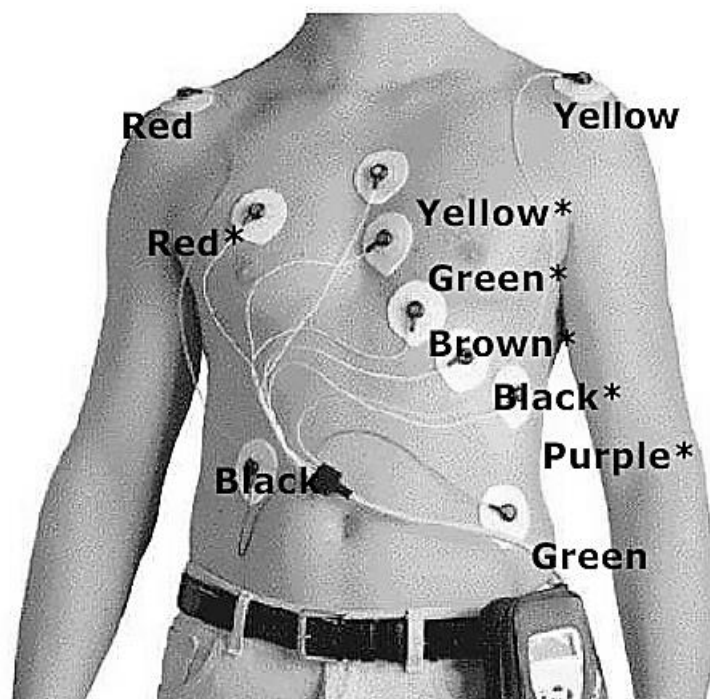
## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Задание 1.** Внимательно ознакомиться с деталями СОП проведения ВЭМ. Проверить техническую исправность системы нагрузочного тестирования, заземление аппаратуры, наличие электродного геля, дефибриллятора и аптечки (рис. 9).

Кроме того, особое внимание необходимо уделить тому, что для ВЭМ применяется 10-электродный кабель ЭКГ. Поэтому студенты должны уверенно ориентироваться в цветной маркировке и ясно представлять точки прикрепления электродов ЭКГ на теле испытуемого (рис. 10).



*Рис. 9. Система нагрузочного тестирования «SHILLER AT104/ERG 911BP»*



*Рис. 10. Прикрепление 10 электродов ЭКГ при проведении ВЭМ:  
\* – грудные электроды (С)*

С1 (красный) – четвертое межреберье по правому краю грудины;

С2 (желтый) – четвертое межреберье по левому краю грудины;  
С3 (зеленый) – между С4 и С2 на равном расстоянии;  
С4 (коричневый) – по среднеключичной линии в пятом межреберье;  
С5 (черный) – по передней подмышечной линии на уровне прикрепления электрода С4;  
С6 (фиолетовый) – по средней подмышечной линии на уровне С4, С5;  
L (желтый) – слегка ниже левой ключицы;  
R (красный) – слегка ниже правой ключицы;  
F (зеленый) – по нижнему краю ребер или на уровне пупка по левой среднеключичной линии;  
N (черный) – по нижнему краю ребер или на уровне пупка по правой среднеключичной линии.

### **СОП проведения велоэргометрии:**

1. Произведите идентификацию испытуемого.
2. Произведите гигиену рук до и после диагностической процедуры (Европейский стандарт EN-1500).
3. Проинформируйте испытуемого о деталях исследования.
4. Произведите измерение АД.
5. Занесите в протокол исследования результаты измерения АД.
6. При проведении ВЭМ соблюдайте следующие условия:
  - 6.1. Убедитесь, что в помещении тепло и испытуемый расслаблен.
  - 6.2. Побрейте, если это необходимо, участки наложения электродов перед тем, как их очистить и обезжирить.
  - 6.3. Тщательно очистите область наложения спиртовым тампоном.
  - 6.4. Нанесите слой геля на кожу в зоне наложения электрода.
  - 6.5. Прикрепите электроды на кожу испытуемого, как продемонстрировано на рисунке 10.
  - 6.6. Зарегистрируйте ЭКГ покоя.
  - 6.7. Запустите на компьютере протокол выполнения непрерывного ступенеобразно возрастающего каждые 3 мин теста с начальной нагрузкой 300 кгм/мин (50 Вт), одновременно дайте испытуемому команду начинать вращение педалей и внимательно контролируйте ЭКГ на мониторе. При этом начальная нагрузка 300 кгм/мин обычно рекомендуется у практически здоровых лиц, тогда как у старшей возрастной группы либо больных кардиальной патологией, начальная нагрузка обычно составляет 150 кгм/мин (25 Вт).

- 6.8. Через каждые 3 мин производите измерение АД, в том числе после окончания пробы и прекращения вращения педалей.
- 6.9. Регулярно проводите опрос испытуемого о его самочувствии.
- 6.10. После окончания исследования снимите электроды.
- 6.11. Помогите испытуемому спуститься с велоэргометра.
- 6.12. Произведите обработку рук.
- 6.13. Произведите обработку электродов и рабочего места.
- 6.14. Начинайте обработку и анализ компьютерных данных выполненной пробы с физической нагрузкой.

## **7. Примечание:**

- 7.1. За 3 часа до начала исследования исключить прием пищи.
- 7.2. Исследование не проводится после стрессовых ситуаций.
- 7.3. Необходимо владеть полной информацией о принимаемых пациентом препаратах до начала ВЭМ, поскольку вопрос о приеме или отмене лекарств решается кардиологом индивидуально и, данная рекомендация не относится к антикоагулянтам, противодиабетическим препаратам и другим жизненно важным медикаментам.
- 7.4. Также перед ВЭМ требуется консультация кардиолога по вопросу целесообразности и выявления возможных противопоказаний.
- 7.5. Правильное наложение электродов является ключевым условием регистрации электрокардиограмм высокого качества.

**Задание 2.** С помощью преподавателя студенты самостоятельно воспроизводят СОП велоэргометрии на испытуемом-студенте и затем приступают к анализу и интерпретации зарегистрированных электрокардиографических данных. При анализе ЭКГ, исходя из главных показаний к проведению ВЭМ, в первую очередь, необходимо обращать внимание на депрессию или подъёмы сегмента ST, возникновение угрожающих нарушений ритма и проводимости, а также появление коронарных зубцов T. Диагностическая ценность изменений резко возрастает, если они сопровождаются типичным приступом загрудинной боли. На рисунке 11 показана последовательность развития классического ишемического каскада и неинвазивные методы верификации ИБС.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите основные критерии прекращения нагрузки для ВЭМ.



2. Назовите основные осложнения во время проведения ВЭМ.
3. Перечислите содержимое аптечки для проведения ВЭМ.

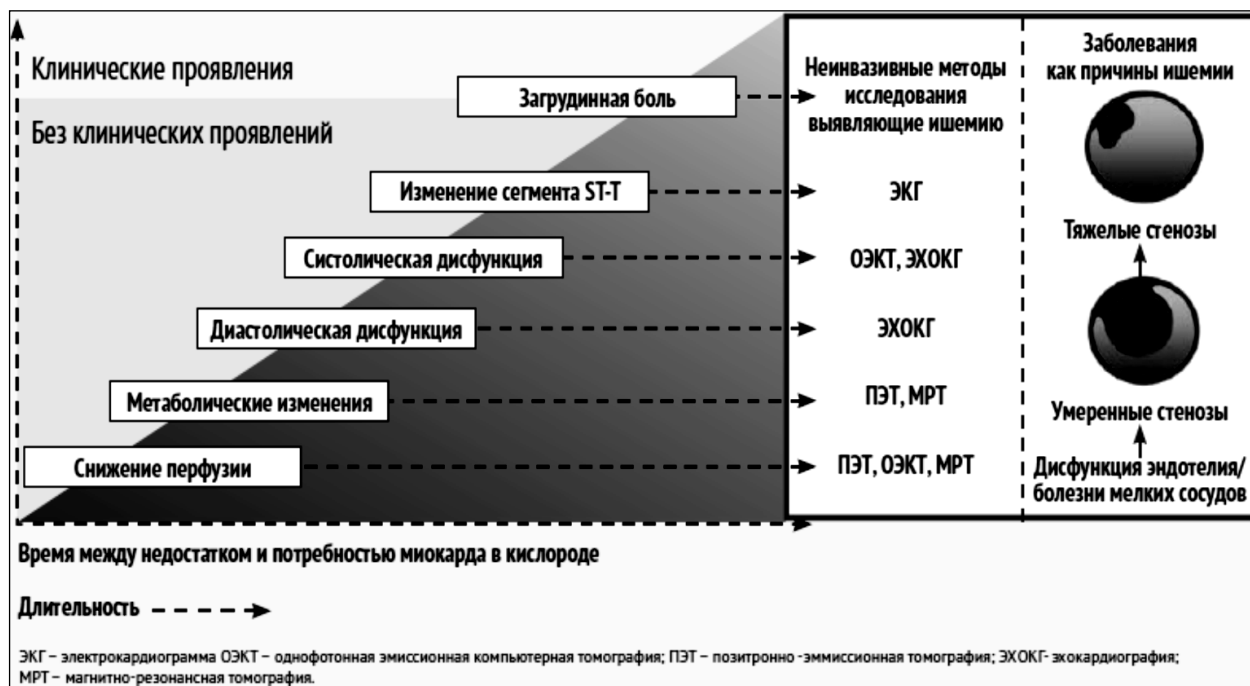


Рис. 11. Классическая последовательность ишемического каскада  
(Adopted from Mieres et al. Am. Fam. Physician. 2006)

## 1.2. Двухступенчатая стандартизованная проба Мастера

**Цель работы:** освоить СОП и первичный навык проведения пробы Мастера для выявления СКН у практически здоровых лиц.

**Материалы и оборудование:** ЭКГ-аппарат «АКСИОН» (Россия); двухступенчатая лестница (длина 65 см, высота 45 см, высота и ширина ступени 22,5 см); тонометр, кушетка; этиловый спирт 70%; вата; секундомер; аптечка для оказания неотложной медицинской помощи; дефибриллятор.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. На каких показателях стандартизована проба Мастера.
2. Общие показания для проведения пробы Мастера.
3. Методология проведения пробы Мастера.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Американский учёный А. Master и соавт., стандартизовали пробу с 1,5-минутной нагрузкой с учётом пола, массы тела и возраста пациентов. Используя данные параметры, исследователями была разрабо-

тана таблица, основанная на нормализации в течение 2 мин изменившихся показателей уровней артериального давления и частоты пульса. Методология стандартизированной пробы заключается в проведении дозированной физической работы, когда испытуемый в определенном ритме восходит и спускается по двухступенчатой лестнице в течение 1,5 мин. В дальнейшем тест, так и стал называться двухступенчатой пробой Мастера. Также в оригинальном исполнении ритм и скорость проведения пробы задавал метроном. У испытуемого сначала регистрировалась исходная электрокардиограмма (до выполнения нагрузки) в 12 общепринятых отведениях и затем ЭКГ сразу по окончании пробы и, последовательно, через 2, 4, 6, 10 и 15 мин после нагрузки.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Задание 1.** Внимательно изучить СОП выполнения стандартизированной двухступенчатой пробы Мастера. Перед ФНП следует ещё раз ознакомиться с инструкцией к электрокардиографу, проверить его заземление, наличие электродного контактного спрея, секундомера, тонометра, двухступенчатой лесенки, дефибриллятора и аптечки. Также следует иметь в виду, что сначала у больного, лежащего на кушетке в свободной позе, измеряют АД, накладывают электроды и записывают ЭКГ в покое. Участки кожи перед наложением электродов обезжириваются раствором с этиловым спиртом, а электроды обрабатываются гелем. Выставляется скорость движения ленты 50 мм/с и калибровочный сигнал 10 мм/мВ. Далее, используя таблицу 1 с учётом пола, возраста и массы тела больного, нужно определить количество ступеней (число восхождений), которые следует пройти за 1,5 мин. При этом у практически здоровых лиц проводят, так называемую двойную пробу Мастера (продолжительность осуществления нагрузки 3 мин).

Проба включает выполнение дозированной физической нагрузки, когда испытуемый в определенном ритме ходит по двухступенчатой лестнице в течение 3 мин. Секундомер помогает определить ритм и скорость выполнения пробы.

После записи в положении лежа исходной ЭКГ (в покое) в 12 общепринятых отведениях, испытуемый встает и, не снимая электродов, выполняет пробу Мастера. Для этого необходимо подниматься с одной стороны лестницы, каждый раз приставляя на ступеньке ногу к ноге, а спускаться, с другой; потом, стоя на полу, разворачиваться на 180° и снова совершать подъем и спуск. Или при наличии

односторонней двухступенчатой лестницы, сначала приставным шагом подниматься и, спиной также приставным шагом, спускаться вниз. Темп восхождения должен быть: на счет «и раз, и два» – 60 шаг/мин. По истечении 3 мин, пробу прекращают и, затем последовательно: через 2, 4, 6, 10 и 15 мин после нее, записывают ЭКГ и измеряют уровень АД. На протяжении всего времени проведения пробы электроды ЭКГ остаются на испытуемом. Таким образом, как только студенты изучили СОП пробы Мастера, разрешается под контролем преподавателя приступать к её проведению.

Таблица 1

*Стандартизованные показатели пробы Мастера для взрослых*

Масса тела, кг	Возраст, годы									
	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
<i>Мужчины</i>										
50-54	27	27	26	25	25	24	23	23	22	21
55-58	26	27	26	24	24	23	23	22	21	20
59-63	25	26	25	24	23	23	22	21	20	20
64-67	24	25	24	24	23	22	21	20	20	19
68-72	24	25	24	23	22	21	20	20	19	18
73-76	23	24	23	22	22	21	20	19	18	18
77-81	22	23	23	22	22	20	19	18	18	17
82-86	21	23	22	21	20	19	19	18	17	16
87-90	20	22	21	21	20	19	18	17	16	15
91-95	19	21	21	20	19	18	17	16	16	15
96-99	18	21	20	19	18	17	17	16	15	14
100-104	17	20	22	19	18	17	16	15	14	13
<i>Женщины</i>										
41-45	27	26	25	24	23	22	22	21	20	19
46-49	26	26	25	24	23	22	21	20	19	18
50-54	25	25	24	23	22	21	20	19	18	17
55-58	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17
59-63	23	23	22	21	20	19	19	18	17	16
64-67	22	22	21	20	19	19	18	17	16	16
68-72	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15
73-76	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14
77-81	19	18	18	17	17	16	16	15	14	13
82-86	18	17	17	17	16	16	15	14	14	13
87-90	17	16	16	16	15	15	14	13	13	12
91-95	16	15	15	15	14	14	13	13	12	11
96-99	15	14	14	14	13	13	13	12	11	11
100-104	14	13	13	13	13	12	12	11	11	10

В заключение необходимо подчеркнуть, что в настоящее время двухступенчатая проба Мастера не столь распространена, однако её диагностическое значение, по-прежнему остаётся востребованным. Проба широко использовалась в прошлые годы во многих клиниках и, до сих пор является, чуть ли не единственным стандартизированным методом оценки состояния кардиоваскулярной системы. Больше того, было научно доказано полное совпадение результатов при проведении пробы Мастера и велоэргометрии (В.П. Лупанов, 1974). Бесспорным достоинством данной ФНП является то, что она технически проста в исполнении, не требует сложных специальных приборов, может эффективно применяться у детей (табл. 2), а также позволяет объективно оценивать адаптационные особенности организма. В частности, на основе результатов двухступенчатой пробы Мастера, можно оценивать тип реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку и период восстановления.

Таблица 2

*Стандартизованные показатели пробы Мастера для детей*

Возраст, годы	Масса, кг									
	18-22	23-26	27-30	31-35	36-40	41-45	46-49	50-53	54-58	59-63
5-9	27	27	26	25	25	24	23	23	22	21
10-14	26	27	26	24	24	23	23	22	21	20
15-18	25	26	25	24	23	23	22	21	20	20

**Нормотонический тип:** увеличение ЧСС, соответствующее величине прироста АД пульсового; АД диастолическое не меняется.

**Гипотонический тип:** ЧСС возрастает на 120–150%; АД пульсовое увеличивается лишь на 15–20% или даже уменьшается.

**Гипертонический тип:** увеличивается ЧСС, значительно повышается АД систолическое (до 160–180 мм рт. ст.), АД диастолическое – до 90–100 мм рт. ст.

**Адекватное восстановление:** показатели АД и ЧСС возвращаются к исходному уровню в пределах 3–5 мин.

**Удовлетворительное восстановление:** отклонение АД и ЧСС выше допустимого уровня (реакции нормотонического типа) с восстановлением их к 6–7 мин.

**Неудовлетворительное восстановление (патологическое):** значимое отклонение АД и ЧСС от исходного уровня до 10-й минуты восстановительного периода и больше.

Существенным недостатком двухступенчатой пробы Мастера является то, что эмоциональные моменты, играющие у многих больных ключевую роль в возникновении приступа стенокардии, в ней не «дозированы»: настроение больного, окружающая обстановка, присутствие врача могут иметь в этом отношении положительное или отрицательное действие. Также не учитывается тренированность сердца, характер предыдущей деятельности человека (умственная либо физическая), его образ жизни. Впрочем, эти недостатки в такой же мере, могут быть отнесены ко всем ФНП.

В завершение следует подчеркнуть, что студенты получают возможность не только овладеть техникой выполнения двухступенчатой пробы Мастера, но также узнать, что данная проба, по-прежнему востребована в профилактической кардиологии. Особенно при проведении массовых скрининговых осмотров, а также в спортивной практике, когда требуется просто, надёжно и быстро оценить состояние ССС, реакцию на физическую нагрузку и, в том числе оперативно оценить процесс восстановления и адаптации организма у здоровых лиц, входящих в группу риска развития ССЗ.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите преимущества пробы Мастера в сравнении с ВЭМ.
2. Назовите недостатки пробы Мастера в сравнении с ВЭМ.
3. Назовите типы реакции ССС на фоне пробы Мастера.

## ГЛАВА 2

### ПРОБЫ С НАГРУЗКОЙ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЭХОКАРДИОГРАММЫ

#### 2.1. Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой

**Цель работы:** изучить СОП и приобрести первичные навыки выполнения стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на велоэргометре у практически здоровых лиц.

**Материалы и оборудование:** эхокардиограф с опцией для стресс-ЭхоКГ «TOSHIBA APLIO ARTIDA» (Япония); система нагрузочного тестирования «SHILLER AT104/ERG 911BP» (Швейцария); монитор для слежения за ЭКГ в 12 отведениях и АД; акустический гель, дефибриллятор; аптечка для экстренной помощи.

**Вопросы для самоподготовки:**

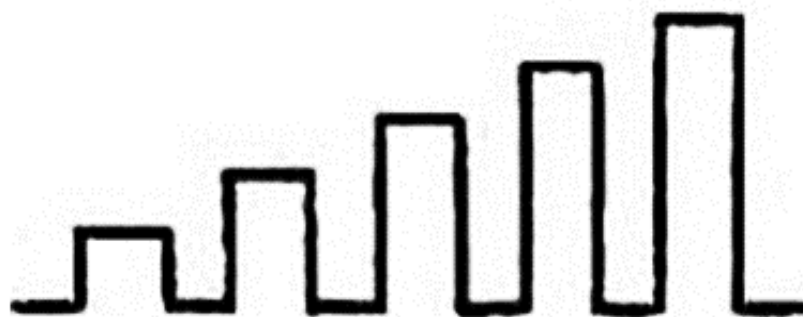
1. Показания для проведения стресс-ЭхоКГ.
2. Противопоказания для проведения стресс-ЭхоКГ.
3. Стандарт операционной процедуры стресс-ЭхоКГ.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) – это комбинация двух диагностических методик – двухмерной Эхо-КГ и пробы с физической, фармакологической нагрузкой либо электрической стимуляцией. Ключевым критерием ишемии миокарда является возникновение транзиторных нарушений локальной сократимости в ответ на стрессовую нагрузку. Согласно рекомендациям Европейской эхокардиографической ассоциации, метод стресс-ЭхоКГ обладает сходной точностью и прогностической значимостью с радионуклидными методами, однако стресс-ЭхоКГ является более экономичным, безопасным и оперативным методом функциональной диагностики.

Для проведения стресс-ЭхоКГ чаще используется физическая нагрузка на велоэргометре в положении лежа или сидя. Главное достоинство применения физической нагрузки – её физиологичность и способность воспроизводить реальную ситуацию, которая обуслов-

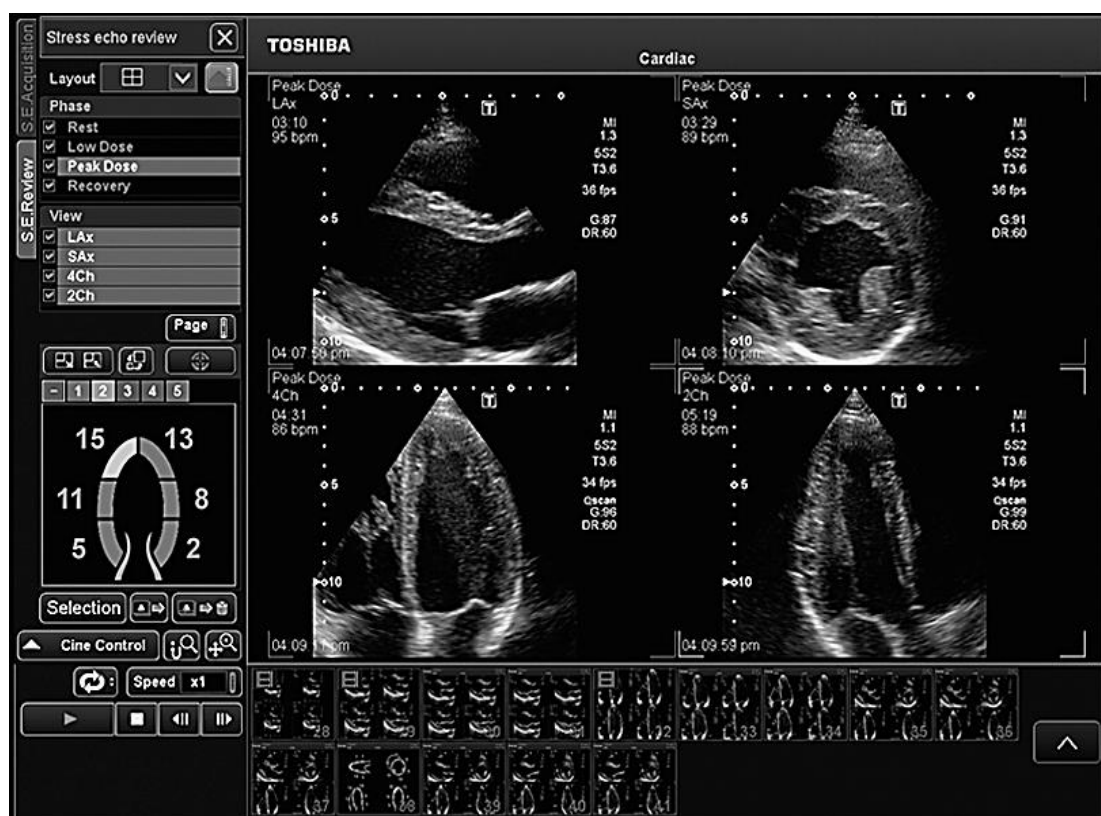
ливают ишемизацию миокарда у пациентов. Её недостаток заключается в трудности проведения ЭхоКГ во время нагрузки, поскольку проба с физической нагрузкой сопровождается изменением положения тела испытуемого и одышкой, что серьёзно препятствует качественной эхолокации миокарда. В частности, во время нагрузки на тредмиле или велоэргометре в сидячем положении проводить ЭхоКГ практически невозможно, поэтому ультразвуковую визуализацию выполняют после завершения нагрузки, однако не позже, чем через 2 мин после её окончания. Считается, что в течение 90–120 с после прекращения нагрузки, появившиеся индуцированные нарушения сегментарной сократимости не исчезают, в связи с чем, осуществление ЭхоКГ сразу после окончания максимальной нагрузки – аккуратный метод выявления ишемии миокарда (Presti С.Ф. et al., 1988). Велоэргометрия в лежачем положении удобней для выполнения стресс-ЭхоКГ и прекращения нагрузки при возникновении зон гипокинезии, что повышает безопасность метода. Однако главный недостаток лежачего положения заключается в том, что в большинстве случаев во время исследования, так и не удаётся добиться максимальной частоты сердечных сокращений, поскольку раньше, из-за неудобной позы, наступает усталость. В связи с чем стресс-ЭхоКГ в комбинации с ВЭМ проводится в СибГМУ по стандартной ступенеобразно возрастающей схеме с 5-минутными периодами отдыха (рис. 12).



*Рис. 12. Ступенеобразно возрастающая схема «в положении сидя» с начальной нагрузкой 50 Вт, с 5-минутным отдыхом, повышением нагрузки вдвое и, затем на величину исходного уровня (Орлов В.Н., 2017)*

Другим недостатком метода стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой, фармакологической пробой либо электростимуляцией является прямая зависимость результата теста от квалификации исследователя, будь то врач или техник. Кроме того, важную роль играет технологи-

ческое оснащение ультразвукового прибора. Это обязательно должен быть цифровой эхокардиограф экспертного класса с опцией «стресс-ЭхоКГ» и, возможностью разделения экрана монитора, минимум на 4 части, продолжительной кино-петлѐй и, достаточным объѐмом памяти жесткого диска. На рисунке 13 показан рабочий «4-оконный экран монитора», на котором представлены синхронизированные стандартные ЭхоКГ-видеоизображения, позволяющие быстро и точно отслеживать динамику сократимости миокарда ЛЖ во время стресс-ЭхоКГ.



*Рис. 13. Стандартный 4-оконный экран монитора эхокардиографа «Toshiba» при проведении методики стресс-ЭхоКГ*

Таким образом, использование современных компьютерных технологий в значительной мере повысило точность и безопасность осуществления методики стресс-ЭхоКГ как «в режиме реального», так и «отсроченного времени» (с помощью записанных в память видеофайлов всей процедуры). При этом у врачей-исследователей появилась высокотехнологичная возможность наблюдать, регистрировать и анализировать влияние физической нагрузки, фармакологических препаратов и электростимуляции на сократительную функцию левого желудочка.



Вместе с тем, история развития анализа и количественной оценки нарушений локальной сократимости началась в 1989 г., когда экспертами ASE (American Society of Echocardiography) была рекомендована 16-сегментная модель (рис. 14), в соответствии с которой, поперечное изображение левого желудочка делится на 6 базальных, 6 средних и 4 апикальных сегментов. Следует подчеркнуть, что для своего времени 16-сегментная модель ЛЖ была прогрессивна, так как полностью отвечала техническим возможностям ультразвуковых приборов тех лет.

### 16 SEGMENT MODEL

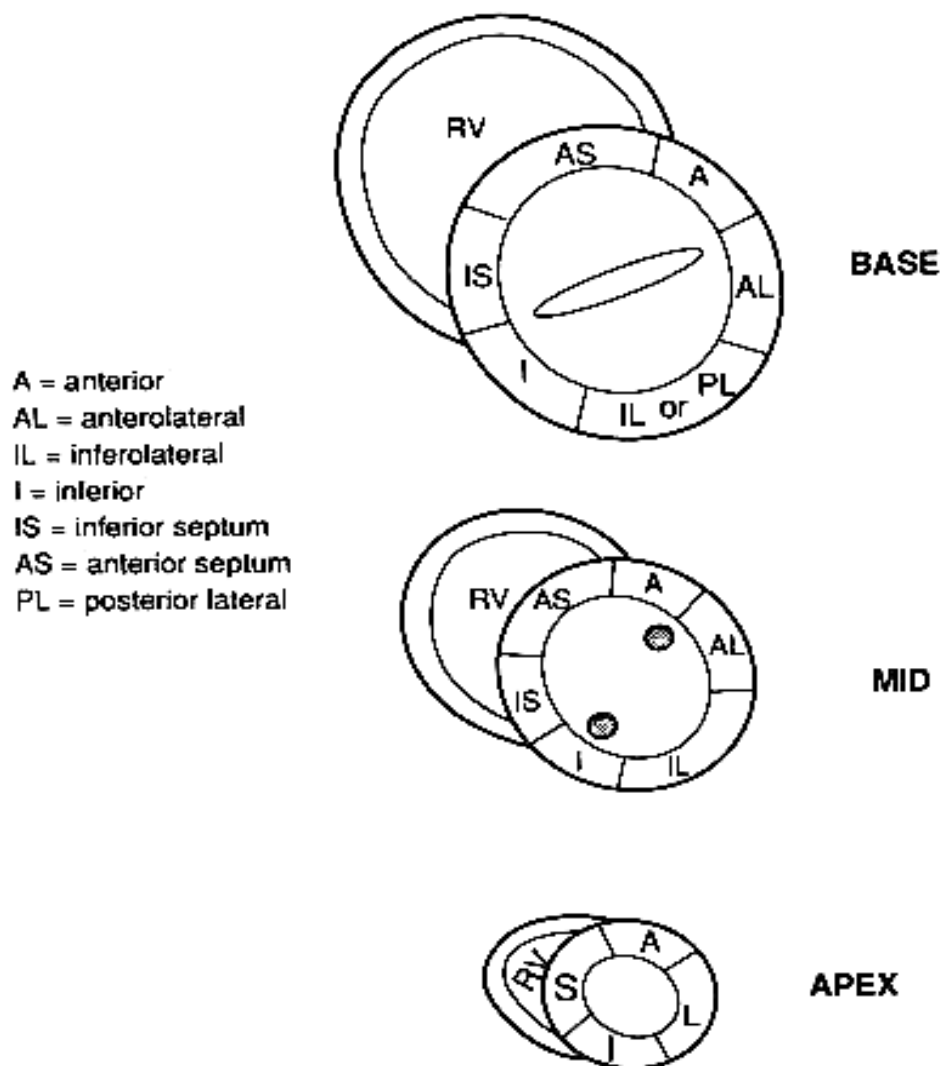


Рис. 14. Схема 16-сегментной модели деления миокарда ЛЖ:

RV – правый желудочек; BASE – базальные отделы ЛЖ; MID – средние отделы ЛЖ; APEX – верхушечные отделы ЛЖ. Сегменты миокарда левого желудочка:

A – передний; AL – переднебоковой; AS – переднеперегородочный;

IS – заднеперегородочный; I – задний; PL(IL) – заднебоковой;

S – перегородочный; L – боковой

Впрочем, и сегодня 16-сегментная модель, не потеряла свою актуальность. Притом, что в радионуклидном методе, магнитно-резонансной и компьютерной томографии в среднем оценивается больше сегментов.

Поэтому, когда в 2002 г. появились эхокардиографы экспертного уровня, рабочая группа экспертов из Американской ассоциации сердца (АНА) по сегментарному делению миокарда и регистрации способов визуализации, предложила универсальное 17-сегментное деление ЛЖ для всех визуализирующих методов исследования (рис. 15), когда к имеющимся 16 сегментам, оцениваемым в поперечно- и продольно-осевых проекциях, добавили исследование собственно верхушки ЛЖ.

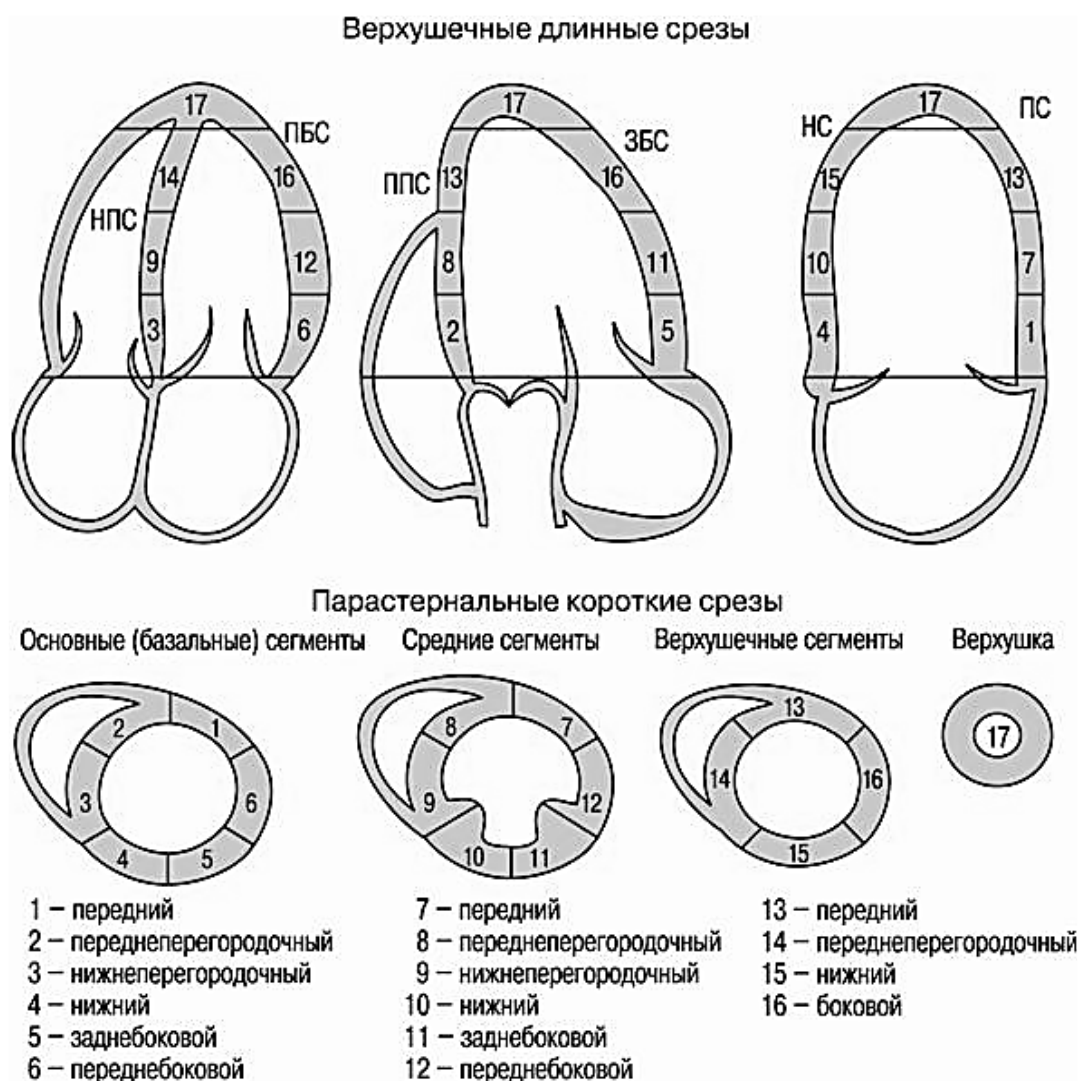


Рис. 15. Схема 17-сегментарной модели левого желудочка, предложенная Американской ассоциацией сердца (АНА) в 2002 г.

Тем не менее, надо отметить, что всё же для метода стресс-ЭхоКГ более информативной моделью, по-прежнему остаётся 16-сегментная, так как в норме, верхушка ЛЖ фактически не двигается. Поэтому 17-сегментное деление, главным образом используется

для оценки перфузии верхушки сердца, при сравнении различных визуализирующих методов исследования в кардиологии. Помимо этого, 17-сегментная модель разделения позволяет высказывать предположение о примерном распределении коронарного кровотока и, соответственно, более предметно судить о стенозах той или иной артерии, к примеру, на основании радионуклидной диагностики (рис. 16).

Вместе с тем, следует помнить, что стресс-ЭхоКГ – это метод, который проводится в тех случаях, имеются неинформативность ЭКГ и ЭхоКГ в покое, а результаты ВЭМ сомнительные или отрицательные.

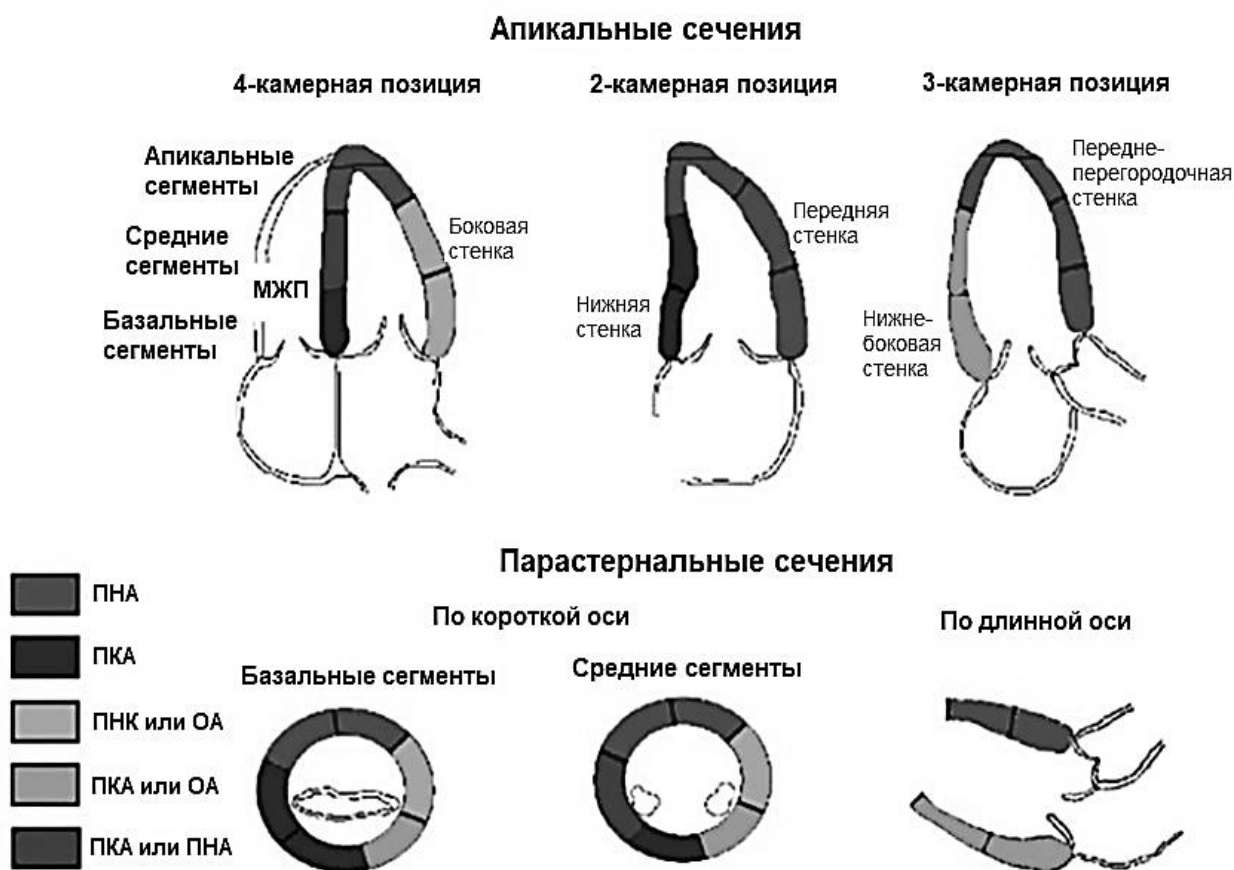


Рис. 16. Схема 17-сегментного деления ЛЖ с распределением коронарного кровоснабжения: МЖП – межжелудочковая перегородка; ОА – огибающая артерия; ПКА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия

Таким образом, стресс-ЭхоКГ проводят в следующих случаях:

- диагностика ИБС;
- оценка прогноза и определение риска у пациентов, перенесших инфаркт миокарда;
- оценка риска сердечно-сосудистых осложнений перед проведением операции;

- установление кардиологических причин одышки;
- контроль эффективности проводимого лечения;
- определение степени трудоспособности;
- оценка кардиоваскулярной системы после выполнения операции по восстановлению кровотока в миокарде;
- определение локализации ишемии;
- оценка степени компенсированных клапанных стенозов.

Также необходимо учитывать, что в процессе проведения стресс-ЭхоКГ измеряются динамические показатели миокарда ЛЖ, которые могут видоизменяться в зависимости от внешних условий. В связи с этим, существуют правила для проведения стресс-ЭхоКГ, соблюдение которых помогают получить максимально информативные и достоверные результаты. Например, необходимо учитывать, что нитраты, бета-блокаторы и другие медикаменты влияют на преднагрузку и сосудистый тонус, могут существенным образом, исказить результат стресс-ЭхоКГ. Поэтому в день исследования, предпочтительно отменить использование «кардиоактивных» препаратов. При этом, если во время пробы возникает приступ стенокардии, применяют быстродействующие нитраты в виде спрея.

Помимо этого, за день до проведения стресс-ЭхоКГ исключаются продукты, содержащие кофеин или танин (крепкий чай, кофе). Эти вещества влияют на АД и сократительную функцию миокарда, что может привести к искажению результата исследования. Отдельное внимание уделяется никотину. Из-за его спазмирующего воздействия, снижается перфузия всех тканей, включая миокард. Поэтому за день до исследования, необходимо отказаться от курения. Также пристальное внимание должно быть обращено на противопоказания для метода стресс-ЭхоКГ. Несмотря на относительную безопасность, тем не менее, данная диагностическая процедура имеет довольно большое количество противопоказаний:

- обострение ИБС, первые 2 недели после инфаркта миокарда;
- аневризмы ЛЖ различной локализации;
- стенокардия 3–4 функционального класса;
- декомпенсированная сердечная недостаточность;
- тяжёлый аортальный стеноз;
- расслаивающая аневризма аорты;
- аритмии; анемия тяжелой степени
- выраженные блокады, уровень АД выше 200/110 мм рт. ст.;

- острые и подострые воспалительные поражения сердца;
- беременность, гипертиреоз, тяжелый сахарный диабет;
- ожирение 3 степени (для ВЭМ-пробы);
- болезни пищевода;
- непереносимость препаратов.

Таким образом, у практически здоровых лиц в норме ответ миокарда на стресс-тест вызывает гиперкинетическое движение и увеличение систолического утолщения всех его стенок; рост фракции выброса; уменьшение размеров полости ЛЖ, измеряемого в поперечной проекции. Гиперкинетическое движение стенок и адекватное систолическое утолщение миокарда являются ключевыми признаками непораженного ишемией миокарда. Патологическая реакция на стресс-нагрузку проявляется возникновением регионарных и глобальных нарушений сократимости ЛЖ и гемодинамики. При оценке результатов пробы, тест считается положительным, если во время нагрузки нарушается сократимость, по меньшей мере, двух сегментов ЛЖ. Для полуколичественной оценки локальной сократимости рассчитываются индексы нарушения регионарной сократимости (ИНРС) в состоянии покоя и на пике пробы. Чтобы рассчитать ИНРС, сократимость каждого сегмента оценивают в баллах: нормальная сократимость – 1; гипокинезия – 2; акинезия – 3; дискинезия – 4; аневризма – 5 баллов. Недостаточно чётко визуализированные сегменты не учитывают. После этого, полученная общая сумма баллов делится на количество учитываемых сегментов. На рисунках 17 и 18 представлено как на эхокардиографах экспертного уровня маркируются сегменты ЛЖ, причём не только баллами, но также и цветом: 1 – зеленый; 2 – желтый; 3 – синий; 4 – оранжевый; 5 – красный.

По значениям показателя ИНРС выделяют 4 степени тяжести нарушений регионарной сократимости (РС) левого желудочка:

- 1) ИНРС = 1,0 и менее – нормальная РС;
- 2) ИНРС = 1,1–1,49 – легкая степень нарушения РС;
- 3) ИНРС = 1,5–1,99 – средняя степень нарушений РС;
- 4) ИНРС = 2,0 и более – тяжелая степень нарушений РС.

Также используется система индексов для оценки тяжести нарушений регионарной сократимости миокарда ЛЖ (табл. 3).



Рис. 17. В левой части экрана сегменты ЛЖ маркируются от 1 до 5, исходя из нормы и степени нарушения сократимости



Рис. 18. На экране представлен полуавтоматический способ расчёта индекса нарушений регионарной сократимости (ИНРС)

Система индексов для оценки тяжести нарушений локальной сократимости

Движение стенки	ИНРС	Систолическое движение эндокарда	Систолическое утолщение миокарда
Нормокинез	1	Нормальное, внутрь	Нормальное (не менее 30%)
Гипокинез	2	Умеренно снижено, внутрь	Снижено, но не отсутствует
Акинез	3	Отсутствует	Отсутствует
Дискинез	4	Отсутствует или выпячивание стенки наружу	Отсутствует или уменьшение систолического утолщения
Аневризма	5	Диастолическая деформация	Отсутствует

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Задание 1.** Изучить СОП выполнения стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой сидя на велоэргометре по стандартной схеме ступеннеобразно возрастающей пробы с 5-минутными периодами отдыха. Перед проведением пробы следует проверить техническую исправность стресс-системы «SHILLER AT104/ERG 911BP» (Швейцария) и запустить опцию «Стресс-ЭхоКГ» на сканере «TOSHIBA APLIO ARTIDA» (Япония). Кроме того, необходимо проверить заземление приборов, наличие электродного геля и акустического геля для ультразвукового исследования, сфигмоманометра, дефибриллятора и аптечки для оказания неотложной медицинской помощи.

### СОП проведения стресс-ЭхоКГ:

1. Произведите идентификацию испытуемого.
2. Произведите гигиену рук до и после диагностической процедуры (Европейский стандарт EN–1500).
3. Проинформируйте испытуемого о деталях исследования.
4. Произведите измерение АД.
5. Занесите в протокол исследования результаты измерения АД.
6. Для СОП стресс-ЭхоКГ соблюдайте следующие условия:
  - 6.1. Убедитесь, что в помещении тепло и испытуемый расслаблен.
  - 6.2. Подготовьте испытуемого для проведения СОП ВЭМ (см. выше).
  - 6.3. Сохраните «кинопетлю» исходных (референсных) ЭхоКГ файлов для сравнения с ЭхоКГ-показателями в течение нагрузки.

6.4. Активируйте протокол ступенеобразно возрастающей пробы с 5-минутными периодами нагрузки и отдыха с начальной нагрузкой 300 кгм/мин (50 Вт) у мужчин и увеличением следующей нагрузки вдвое, а затем каждую последующую нагрузку на 50 Вт; одновременно дайте испытуемому команду начинать вращение педалей и, следите за ЭКГ. Начальная нагрузка 300 кгм/мин обычно рекомендуется у практически здоровых мужчин, тогда как у старшей возрастной группы, больных кардиальной патологией и/или у практически здоровых женщин старше 40 лет начальная ступень обычно составляет 100–200 кгм/мин, но чаще 150 кгм/мин (25 Вт).

6.5. Через каждые 5 мин, во время отдыха, после окончания пробы и прекращения вращения педалей регистрируются АД и ЭхоКГ.

6.6. Регулярно проводите опрос испытуемого о его самочувствии.

6.7. После окончания стресс-ЭхоКГ снимите электроды.

6.8. Помогите испытуемому спуститься с велоэргометра.

6.9. Произведите обработку рук.

6.10. Произведите обработку электродов и рабочего места.

6.11. Начинайте обработку и анализ эхокардиографических данных.

## **7. Примечание:**

7.1. За 4 ч до начала исследования не стоит принимать пищу.

7.2. Исследование не проводится после стрессовых ситуаций.

7.3. Нужно владеть сведениями о принимаемых больным лекарствах.

7.4. Стресс-ЭхоКГ требует консультацию кардиолога по вопросу целесообразности и выявления возможных противопоказаний.

7.5. «Хорошее ультразвуковое окно» как возможность регистрировать ЭхоКГ-изображения отличного или удовлетворительного качества из стандартных ЭхоКГ-доступов (точек приложения датчика к грудной клетке пациента) – главное условие успешной стресс-ЭхоКГ.

**Задание 2.** С помощью преподавателя студенты самостоятельно воспроизводят СОП стресс-ЭхоКГ с ВЭМ-пробой на испытуемых студентах и приступают к анализу полученных данных.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. ЭхоКГ-критерии нарушения локальной сократимости.
2. Ранжирование в баллах локальной сократимости (от 1 до 5).
3. Ограничения проведения стресс-ЭхоКГ сидя на велоэргометре.



## ГЛАВА 3

### ПРОБЫ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПО РЕАКЦИИ КРОВОТОКА И СТЕНКИ СОСУДА НА ГИПЕРЕМИЮ

#### 3.1. Реографическая окклюзионная проба

**Цель работы:** освоить СОП выполнения реографической окклюзионной пробы с реактивной гиперемией (ПРГ) сосудов предплечья и осуществить анализ полученных результатов.

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

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Принцип метода реографии.
2. Показания для реографической окклюзионной пробы.
3. Компоненты кривой РВГ.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Реовазография (РВГ) – является неинвазивным, безопасным, высокочувствительным способом графической регистрации показателей кровоснабжения верхних и нижних конечностей, в основе которого заложен принцип определения изменений электрического сопротивления тканей, вызванных изменяющимся кровенаполнением во время нагрузки либо патологией сосудистой системы. Согласно закону Ома, сила электрического тока обратно пропорциональна сопротивлению. Полное электрическое сопротивление (импеданс) живых тканей образуется из основного (омического) и дополнительного (реактивного). Последнее возникает при прохождении электрического тока вследствие процессов поляризации клеточных мембран. Основное сопротивление, в свою очередь, складывается из постоянного, зависящего от характера органа и его структуры, и переменного, вызванного динамикой кровенаполнения в результате работы сердца. Поскольку, кровь обладает наибольшей электропроводностью, по сравнению с

другими тканями, повышение кровенаполнения органа обуславливает повышение электропроводности и уменьшение сопротивления и, наоборот, при снижении кровенаполнения органа происходит повышение электрического сопротивления. Поэтому при осуществлении метода реографии, надо учитывать, что эта методика основана на измерении малых изменений сопротивления (0,05%), в связи с чем, различные помехи могут привести к значимому искажению полезного сигнала.

Таким образом, главный принцип работы реографа базируется на пропускании тока высокой частоты и малой силы (30–175 кГц, 1–10 мА) при помощи электродов через исследуемую конечность и, регистрации изменений импеданса ткани (главным образом, за счёт реактивной составляющей). Затем регистрируемый сигнал усиливается с помощью детектора и в дальнейшем, с применением фильтров, выделяется его низкочастотная составляющая, представляющая собой узнаваемую реовазографическую кривую (реограмма). Форма и амплитудные характеристики реограммы зависят от четырех компонентов: 1) состояния проходимости и тонуса сосудистого русла; 2) пропульсионной способности сердца; 3) свойств зондирующего тока; 4) площади электродов. Последние два параметра являются стандартными. Основные элементы реограммы представлены на рисунке 19.

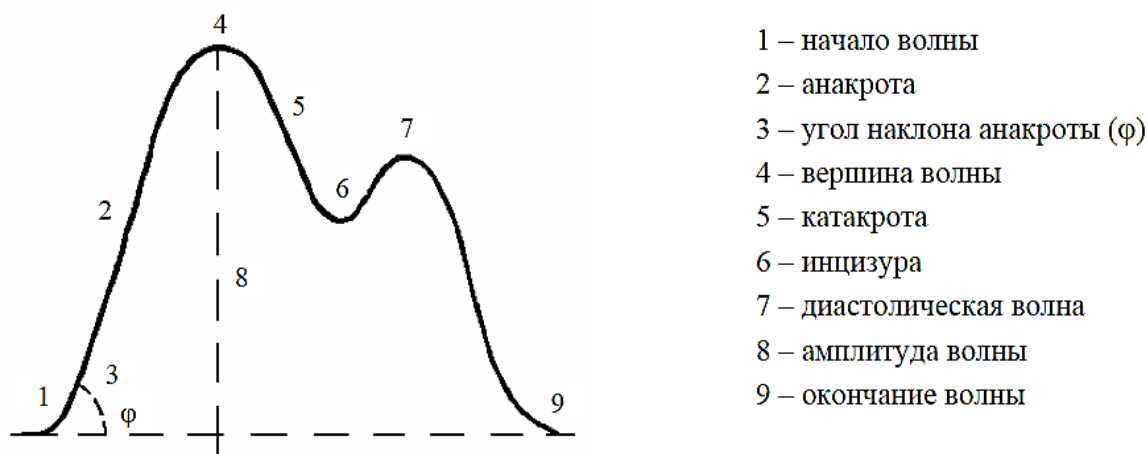


Рис. 19. Основные элементы реограммы

Анакрота характеризует преимущественно приток крови в исследуемый орган. При этом ее нижняя часть отражает состояние тонуса и эластичность крупных артерий, а верхняя – средних и мелких артерий. Вершина волны соответствует точке наибольшей скорости изменения импеданса ткани, и 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 вызвано отражением крови от полулунных клапанов и зависит от периферического сосудистого сопротивления. Выраженность и высота диастолической волны, в основном зависят от состояния мелких артерий, артериол и венул. Реовазографическая кривая в норме имеет вполне устойчивую конфигурацию и, изменения её регулярности зависят только от нарушения сердечного ритма или дыхания. Регулярность реографических волн существенно изменяется при некоторых видах патологии, например, при наличии клинически выраженной сосудистой дистонии, тогда как форма реографической волны зависит, главным образом, от состояния сосудистой стенки. Поэтому при ее патологических изменениях существенно меняется конфигурация отдельных частей и вершины реографической кривой, угла наклона восходящей части, выраженности и местонахождения диастолической волны. В дальнейшем, с помощью компьютеризированной программы, отбираются качественно зарегистрированные участки реограммы для математической обработки и количественного анализа проведенной окклюзионной ПРГ (рис. 20).

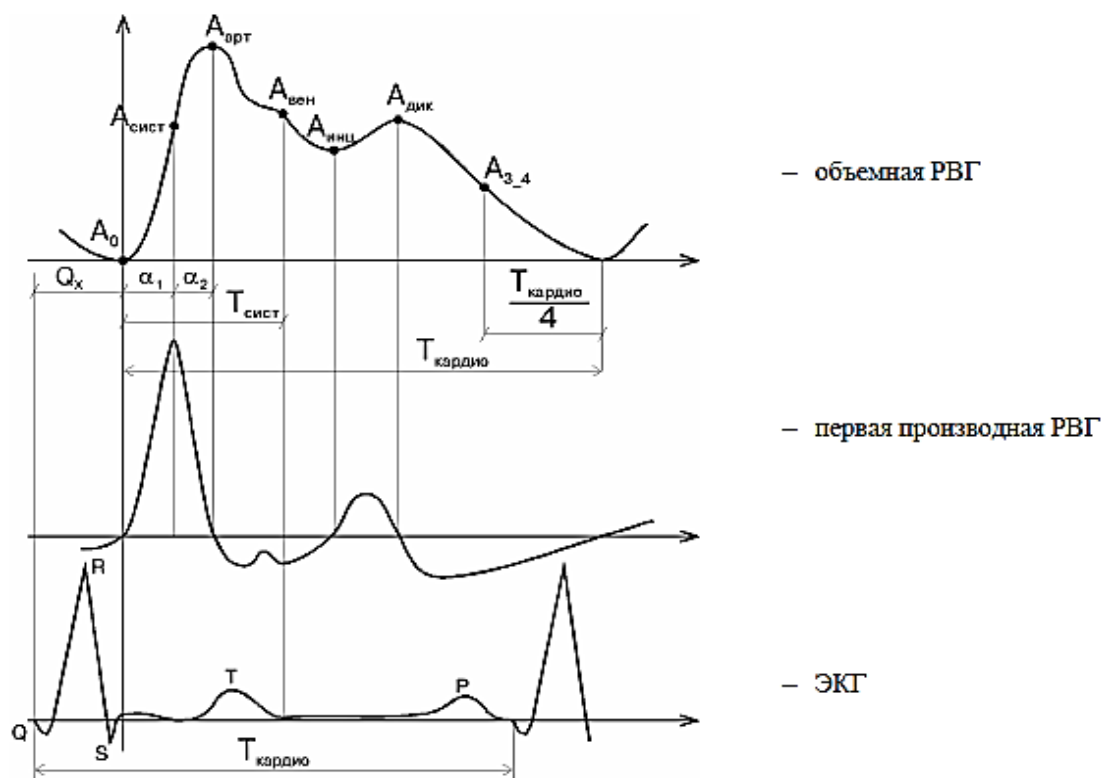


Рис. 20. Схема количественного анализа РВГ-волны

Показатели, используемые для анализа реографической кривой, 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 ( $\alpha$ ), время быстрого и медленного наполнения ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , 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).

Главным показателем оценки РВГ пробы с реактивной гиперемией предплечья является реографический индекс. Нормальный прирост РИ равен 30–40%. Средние величины некоторых количественных показателей реографической кривой в норме, приведены в таблице 4.

Таблица 4

*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	1,0	2,4	0,35	0,8	1,0	2,2
АЧП $АЧП = \frac{РИ}{T_{кардио}}$	у.е.	0,5- 0,75	0,8- 1,2	1,0- 1,5	2,4- 3,6	0,35- 0,5	0,8- 1,2	1,0- 1,5	2,2- 3,3

В завершение, все же надо признать, что сегодня для современной клинической медицины диагностическая ценность реографии не столь высока. Однако для решения скрининговых задач и оценки состояния микроциркуляторного русла, особенно при осуществлении ФНП, эта неинвазивная методика, по-прежнему, востребована. Так, в СибГМУ для комплексной оценки периферического кровообращения

активно используются комбинированные ПРГ: реографическая проба на сосудах предплечья и модифицированная ультразвуковая проба на плечевой артерии по D.S. Celermajer с соавт. (1992). При этом реографическая проба позволяет оценивать резерв микроциркуляторного артериального русла, состояние периферического сосудистого сопротивления и венозного оттока, а ультразвуковая проба оценивает эндотелий-зависимую вазодилатацию (ЭЗВД) магистральных артерий во время ПРГ у лиц с факторами риска развития атеросклероза (ФРА). Поскольку известно, что курение табака, высокие уровни АД и холестерина, избыточный вес, вызванный повышенным поступлением энергетических субстратов с пищей и гиподинамией, приводят к повреждению эндотелия. Поэтому функциональные пробы очень информативны у спортсменов и других представителей экстремальных профессий при оценке работоспособности и восстановления после регулярных нагрузок, уровень которых напрямую зависят от состояния кардиоваскулярной системы.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Задание 1.** Изучить СОП реографической пробы с реактивной гиперемией сосудов предплечья. Перед выполнением пробы необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией к прибору, проверить заземление, исправность электродов для выполнения РВГ и синхронной записи ЭКГ. Для оценки состояния кровообращения предплечья электроды РВГ закрепляются в области локтевой впадины и запястья. Используют ленточные электроды из электропроводящей ткани, смоченные натрием хлоридом 0,9%. Для электродов ЭКГ применяют электродный гель либо спрей. Участки кожи под электродами необходимо предварительно обработать спиртом этиловым. Перед процедурой испытуемый должен отдохнуть и расслабиться. Следует отказаться от курения, не менее чем за 2 ч до пробы.

### **СОП пробы с реактивной гиперемией сосудов предплечья:**

1. Произведите идентификацию испытуемого.
2. Произведите гигиену рук до и после диагностической процедуры (Европейский стандарт EN-1500).
3. Проинформируйте испытуемого о деталях исследования.
4. Испытуемый ложится на кушетку, освободив руку от одежды.
5. Убедитесь, что в помещении тепло и испытуемый расслаблен.
6. Наложите РВГ-электроды на запястье-локтевую ямку правой руки.

7. Наложите ЭКГ-электроды и манжету сфигмоманометра на плечо.
8. В исходном состоянии покоя зарегистрируйте АД, ЭКГ и РВГ.
9. Накачайте в манжету воздух до давления 300 мм рт. ст. на 5 мин.
10. После декомпрессии манжеты сфигмоманометра, в конце 1-й, 3-й и 10-й мин регистрируйте показатели ЭКГ, РВГ и АД.

**Задание 2.** С помощью преподавателя студенты самостоятельно воспроизводят СОП реографической пробы с реактивной гиперемией сосудов предплечья на испытуемых-студентах.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Стандарт операционной процедуры ПРГ сосудов предплечья.
2. Перечислить основные элементы реографической кривой.
3. Назвать отделы регионарного сосудистого русла оценивает РВГ.

### **3.2. Ультразвуковая проба на сосудах по D.S. Celermajer**

**Цель работы:** освоить СОП выполнения ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией (ПРГ) на плечевой артерии (ПА) и провести анализ полученных результатов.

**Материалы и оборудование:** эхокардиограф экспертного класса с линейным датчиком «TOSHIBA APLIO ARTIDA» (Япония); сфигмоманометр, электроды, кушетка, акустический гель, сухие салфетки.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Показания для ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией.
2. Сдвиговая деформация и эндотелий-зависимый релаксирующий фактор сосудистого эндотелия.
3. Методология ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Прежде чем рассмотреть методологические аспекты выполнения ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией на ПА, необходимо заострить внимание на актуальных физиологических нюансах анатомии и функции сосудистого эндотелия магистральных сосудов мышечно-эластического (смешанного) типа, таких как сонные, венечные, подключичные, плечевые, бедренные и т. п., обеспечивающие приток крови к тканям. А также вспомнить функцию мышечных сосудов малого диаметра и микроциркуляции: артериолы, капилляры,

регулирующие периферическое сосудистое сопротивление, обменные процессы и переход крови из капиллярной сети в венозное русло. Поэтому идея использовать комбинацию проб, является инновационной, поскольку позволяет с помощью реографической методики оценивать микроциркуляцию, а ультразвуковым способом изучать ЭЗВД и состояние стенок магистральных артерий, обеспечивающих приток крови к работающей мускулатуре (В.Н. Ким и др., 2006). Особенно это актуально при оценке максимальной работоспособности у спортсменов, лиц экстремальных профессий, а также представителей группы риска с ФРА.

С 70-х годов XX века началась новая эра в понимании локальной регуляции сосудистого тонуса. Была предложена гипотеза о том, что сенсорным элементом, благодаря которому артерии приспособливают просвет к величине расхода протекающей по ним крови, является эндотелий. Напряжение сдвига на стенке трубки, по которой течет вязкая жидкость (кровь), представляет собой силу параллельную кровотоку, действующую на единицу боковой поверхности стенки сосуда и обязанную своим происхождением трению, между пристенным слоем жидкости и эндотелием. Во время увеличения кровотока, напряжение сдвига на эндотелии возрастает, происходит деформация эндотелия, что приводит к понижению тонуса гладкомышечных клеток и расширению просвета. Было установлено, что формирование базального сосудистого тонуса опосредуется через эндотелий и чувствительность к скорости кровотока, напрямую зависящие от сохранности эндотелия и способности вырабатывать базальный уровень оксида азота (NO). В то время как расширение просвета сосуда при реактивной гиперемии, когда возрастают скорость и объём кровотока, происходит сдвиговая деформация эндотелия и в кровь выбрасывается порция стимулированного оксида азота, что и называется эндотелий-зависимой вазодилатацией.

В целом, функция эндотелия гораздо сложнее и складывается как динамичный баланс регуляторных субстанций, которые и определяют целостную работу системы кровообращения. Гомеостаз осуществляется равновесием противоположных процессов: а) тонуса сосудов (дилатация/констрикция, за счёт NO и эндотелинов); б) анатомии сосудов (синтез/ингибирование факторов пролиферации); в) гемостаза (синтез/ингибирование факторов фибринолиза и агрегации тромбоцитов); г) местного воспаления (выработка про- и противовоспалительных факторов). В то время как дисбаланс регуляторных субстан-

ций приводит к дисфункции эндотелия, верификация которой базируется на диагностике маркеров в крови, а также с помощью ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией по D.S. Celermajer (1992).

Интересно, что эффект реактивной гиперемии, искусственно создаваемый различными пробами известен давно. Например, существует классический тест, описанный D.I. Abramson (1967), постишемической реактивной гиперемии. Суть теста состояла в усилении кровотока после полного прекращения кровоснабжения в скелетной мускулатуре конечности. Главной целью проведения данной пробы является выявление локальных и системных регуляторных влияний продуктов тканевой гипоксии. В связи с чем, другое название этой пробы звучит как «проба с локальной гипоксией». Однако в последние годы, благодаря активному исследованию функции эндотелия и внедрению ультразвукового метода исследования, суть пробы коренным образом изменилась.

В 1992 г. D.S. Celermajer с соавт. предложили для создания реактивной гиперемии и последующей оценки диаметра артерии, накладывать манжету тонометра на предплечье. При этом ЭЗВД формируется тем, что после декомпрессии, благодаря ускоренному кровотоку, напряжению сдвига, деформации эндотелия и реактивной гиперемии, примерно с 25-й с клетки эндотелия начинают выбрасывать стимулированный NO и диаметр артерии увеличивается. Максимум дилатации формируется к 60–75 с, хотя выделение стимулированного NO к этому времени, завершается. Нормальным приростом диаметра сосуда считают 10 и более процентов от исходного уровня (у большинства здорового населения ЭЗВД 12–14%). Тогда как у лиц с факторами риска развития ССЗ и, тем более, с сердечно-сосудистой патологией, ЭЗВД не превышает 6–7%. И это крайне актуально, поскольку для развития максимальной работоспособности при больших нагрузках, необходимо повышение МОК, в создании которого центральное место принадлежит массивной ЭЗВД. Когда объем коронарного кровотока возрастает в 4 раза, мышечного в 30 раз («феномен эндотелий-зависимой рабочей гиперемии»), а величина МОК вырастает до 25 л/мин, благодаря раскрытию резервных капилляров и расширению прекапилляров. В результате в мышцах возрастает скорость доставки кислорода, повышается напряжение  $O_2$ , улучшается клеточное дыхание и синтез аденозинтрифосфата.



## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Задание 1.** Изучить СОП ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией на ПА по D.S. Celermajer. Перед проведением пробы следует проверить исправность электродов для синхронной записи ЭКГ, а также наличие геля для линейного датчика. Перед пробой испытуемый должен быть отдохнувшим и расслабленным. Необходимо отказаться от курения, не менее чем за 2 ч до пробы.

**СОП ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией на ПА по D.S. Celermajer (модифицированная):**

1. Произведите идентификацию испытуемого.
2. Вымойте руки до и после пробы (Европейский стандарт EN-1500).
3. Проинформируйте испытуемого о деталях исследования.
4. Испытуемый ложится на кушетку, освободив руку от одежды.
5. Убедитесь, что в помещении тепло и испытуемый расслаблен.
6. Наложите ЭКГ-электроды и манжету сфигмоманометра на плечо той руки, на которой будет проводиться УЗИ плечевой артерии.
8. Зарегистрируйте АД, ЭКГ и видеоизображение ПА в покое и после декомпрессии манжеты в течение 90 с (рис. 21).

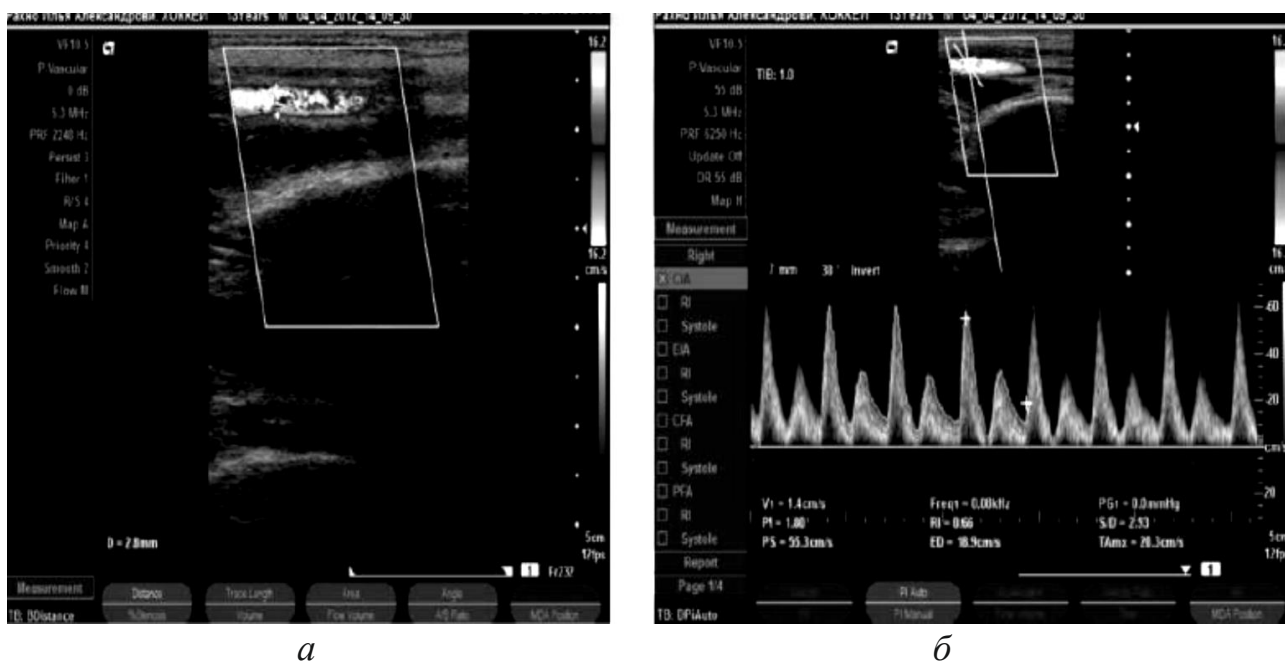


Рис. 21. Изображение ПА:

*а – в исходном состоянии до компрессии; б – на 30 с ПРГ*

9. Оценку ПА и кровотока проводят на участке, расположенном на 3 см выше локтевого сгиба и дистальнее нижнего края манжеты сфигмоманометра, расположенной на плече испытуемого.

10. Нагнетайте в манжету сфигмоманометра воздух до уровня 300 мм рт. ст. и осуществляйте компрессию плеча 5 мин.

11. После декомпрессии манжеты сфигмоманометра, сделайте запись видеоклипов плечевой артерии и кровотока в триплексном режиме (В-двухмерный режим, цветное доплеровское картирование и спектральный доплеровский кровоток) на 15, 30, 60, 75 и 90 с.

12. Непосредственное измерение диаметра ПА производят при помощи двух точек, устанавливаемых ультразвуковым курсором, одной – на границе «адвентиция–медия» передней стенки артерии, другой – на границе «медия–адвентиция» задней стенки.

Полуавтоматическая оценка доплеровского спектра кровотока учитывает основные количественные скоростные показатели сосудистого кровотока:

1. Пиковая систолическая скорость кровотока  $V_{ps}$ .
2. Максимальная конечная диастолическая скорость кровотока  $V_d$ .
3. Усреднённая во времени максимальная скорость кровотока ТАМХ.
4. Объёмная систолическая скорость кровотока  $V_{vol}$ , рассчитываемая как произведение площади поперечного сечения плечевой артерии на усреднённую во времени максимальную скорость кровотока:

$$V_{vol} = ((\pi D^2)/4) \text{ ТАМХ} ,$$

где  $(\pi D^2)/4$  – площадь поперечного сечения сосуда,  $D$  – диаметр сосуда в диастолу,  $\pi$  – константа.

**Задание 2.** С помощью преподавателя студенты самостоятельно воспроизводят СОП модифицированной ультразвуковой пробы с реактивной гиперемией на ПА у испытуемых-студентах и приступают в режиме «of-line» к анализу записанных видеоклипов ПРГ на ПА в исходном состоянии и после декомпрессии. Каждый параметр в исходном состоянии и во время проведения пробы измеряют в течение 3-х сердечных циклов, значения которых усредняются. Изменения диаметра плечевой артерии и скоростных параметров кровотока оцениваются в процентном отношении к исходной величине.

### Вопросы для самоконтроля

1. Анатомо-функциональное определение дисфункции эндотелия.
2. Эффекты оксида азота.
3. Феномен эндотелий-зависимой вазодилатации.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Выберите один или несколько правильных ответов.*

1. ВОДИТЕЛЕМ РИТМА ЗДОРОВОГО СЕРДЦА ЯВЛЯЕТСЯ
  - 1) атриовентрикулярный узел
  - 2) межжелудочковая перегородка
  - 3) синусовый узел
  - 4) волокна Пуркинье
  
2. СРЕДНЯЯ ЧАСТОТА СИНУСОВОГО РИТМА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА В НОРМЕ СОСТАВЛЯЕТ \_\_\_\_\_ УДАРОВ В МИНУТУ
  - 1) 50–80
  - 2) 60–80
  - 3) 60–90
  - 4) 60–100
  
3. ВОЛНА ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ НАЧИНАЕТСЯ С \_\_\_\_\_ ЧАСТИ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ
  - 1) правой
  - 2) левой
  - 3) нижней
  - 4) верхней
  
4. ВОЛНА ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЗАВЕРШАЕТСЯ В \_\_\_\_\_ ЧАСТИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА
  - 1) перегородочной
  - 2) левой
  - 3) базальной
  - 4) верхушечной
  
5. ЗУБЕЦ «Р» НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ОТРАЖАЕТ
  - 1) деполяризацию правого предсердия
  - 2) деполяризацию левого предсердия
  - 3) деполяризацию обоих предсердий
  - 4) возбуждение обоих предсердий

6. КОМПЛЕКС «QRS» НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ОТРАЖАЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО
- 1) межжелудочковой перегородке
  - 2) предсердиям и АВ-соединению
  - 3) предсердиям и желудочкам
  - 4) желудочкам
7. СЕГМЕНТ «ST» НА ЭКГ СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ТОМ, ЧТО ЖЕЛУДОЧКИ НАХОДИТСЯ В СОСТОЯНИИ
- 1) полного возбуждения
  - 2) частичного возбуждения
  - 3) абсолютной рефрактерности
  - 4) относительной рефрактерности
8. ЗУБЕЦ «Т» НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ОТРАЖАЕТ ПРОЦЕСС РЕПОЛЯРИЗАЦИИ
- 1) межжелудочковой перегородки
  - 2) папиллярных мышц
  - 3) волокон Пуркинье
  - 4) желудочков
9. ДОСТОВЕРНЫМ КРИТЕРИЕМ ИШЕМИИ МИОКАРДА ЯВЛЯЕТСЯ СМЕЩЕНИЕ СЕГМЕНТА ST НА \_\_\_\_\_ ИЗОЛИНИИ
- 1) 1 мм и более, выше
  - 2) 1 мм и более, ниже
  - 3) 1 мм выше
  - 4) 1 мм ниже
10. ОТВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_ ОТРАЖАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕРЕДНЕ-СЕПТАЛЬНОЙ СТЕНКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА
- 1) V3-V4
  - 2) V1-V3
  - 3) V5-V6
  - 4) V1-V4
11. ОТВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_ ОТРАЖАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕРЕДНЕЙ СТЕНКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА
- 1) V3-V4
  - 2) V1-V3

3) V5-V6

4) V1-V4

12. ОТВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_ ОТРАЖАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕРЕДНЕ-СЕПТАЛЬНОЙ И ПЕРЕДНЕЙ СТЕНКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

1) V3-V4

2) V1-V3

3) V5-V6

4) V1-V4

13. ОТВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_ ОТРАЖАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ В БОКОВОЙ СТЕНКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

1) V3-V4

2) V1-V3

3) V5-V6, I, II, aVL

4) V1-V4

14. ОТВЕДЕНИЯ \_\_\_\_\_ ОТРАЖАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАДНЕ-ДИАФРАГМАЛЬНОЙ СТЕНКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

1) V3-V4

2) V1-V3

3) V5-V6, I, II, aVL

4) II, III, aVF

15. ИЗМЕНЕНИЯ В ОТВЕДЕНИЯХ \_\_\_\_\_ ОБУСЛОВЛЕННЫ СТЕНОЗОМ В СИСТЕМЕ ЛЕВОЙ КОРОНАРНОЙ АРТЕРИИ

1) V3-V4

2) V1-V3

3) V5-V6, I, II, aVL

4) I, III, aVF

16. ИЗМЕНЕНИЯ В ОТВЕДЕНИЯХ \_\_\_\_\_ ОБУСЛОВЛЕННЫ СТЕНОЗОМ В СИСТЕМЕ ПРАВОЙ КОРОНАРНОЙ АРТЕРИИ

1) V3-V4

2) V1-V3

3) V5-V6, I, II, aVL

4) II, III, aVF

17. КЛЮЧЕВЫМИ ПОКАЗАНИЯМИ К ПРОВЕДЕНИЮ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОБЫ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) провоцирование приступов аритмии
- 2) объективизация результатов лечения ИБС
- 3) оценка толерантности к физической нагрузке
- 4) диагностика скрытой коронарной недостаточности

18. НАЧАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОБЫ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ СОСТАВЛЯЕТ

- 1) 90 кгм/мин (15 Вт)
- 2) 150 кгм/мин (25 Вт)
- 3) 300 кгм/мин (50 Вт)
- 4) 420 кгм/мин (70 Вт)

19. ОПРЕДЕЛИТЕ ЧЁТКИЕ И НЕДВУСМЫСЛЕННЫЕ КРИТЕРИИ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

- 1) типичный приступ стенокардии
- 2) подъём систолического АД более 180 мм рт. ст.
- 3) угрожающие нарушения ритма сердца и проводимости
- 4) развитие субмаксимальной ЧСС от возрастного уровня

20. ПЕРЕЧИСЛИТЕ ЖИЗНЕУГРОЖАЮЩИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

- 1) ортостатическая гипотензия и обморок
- 2) развитие тяжелой коронарной недостаточности
- 3) ангинозный приступ, купируемый нитроглицерином
- 4) развитие острой левожелудочковой недостаточности

21. ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ НЕОБХОДИМО ИМЕТЬ

- 1) нитроспрей, дефибриллятор, мини-дыхательный прибор
- 2) нитроспрей, мезатон, лидокаин, лазикс, дефибриллятор
- 3) баралгин, обзидан, атропин, адреналин, строфантин
- 4) нитроспрей, баралгин, дефибриллятор, ларингоскоп

22. ПРИЗНАКАМИ «КЛАССИЧЕСКОГО ИШЕМИЧЕСКОГО КАСКАДА» В МИОКАРДЕ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) снижение перфузии
- 2) систолическая дисфункция

- 3) диастолическая дисфункция
- 4) нарушения ритма сердца и проводимости

23. К СТАНДАРТИЗОВАННЫМ ПРОБАМ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ ОТНОСЯТСЯ

- 1) тест на тредмиле
- 2) велоэргометрический тест
- 3) двухступенчатая проба Мастера
- 4) двойная двухступенчатая проба Мастера

24. К ПРЕИМУЩЕСТВАМ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ПРОБЫ МАСТЕРА ОТНОСЯТСЯ

- 1) стандартизованность и простота
- 2) возможность использования у детей
- 3) корреляция результатов с велоэргометрией
- 4) более высокая точность в сравнении с велоэргометрией

25. К НЕДОСТАТКАМ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ПРОБЫ МАСТЕРА ОТНОСИТСЯ НЕДОУЧЁТ

- 1) исходного эмоционального статуса испытуемых
- 2) исходного состояния тренированности испытуемых
- 3) различий по полу, массе тела и возрасту испытуемых
- 4) характера деятельности (умственный/физический труд)

26. ПОКАЗАНИЯМИ К ПРОВЕДЕНИЮ СТРЕСС-ЭХОКГ В СОЧЕТАНИИ С ВЕЛОЭРГОМЕТРИЕЙ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) диагностика дисфункции кардиостимулятора
- 2) диагностика ИБС при сомнительной ВЭМ-пробе
- 3) оценка прогноза и риска у постинфарктных больных
- 4) оценка риска кардиальных осложнений перед операцией

27. ОСНОВНЫМ КРИТЕРИЕМ ИШЕМИИ МИОКАРДА ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ СТРЕСС-ЭХОКГ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) асинхронизация сокращения стенок
- 2) транзиторная локальная гипокинезия
- 3) распространенные метаболические нарушения
- 4) угрожающие нарушения ритма сердца и проводимости

28. К ЛОКАЛЬНОМУ НАРУШЕНИЮ СОКРАТИМОСТИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ОТНОСИТСЯ СНИЖЕНИЕ
- 1) амплитуды систолического движения стенок
  - 2) диастолического расслабления миокарда
  - 3) систолического утолщения миокарда
  - 4) скорости кровотока наполнения
29. ГЛАВНЫМ ДОСТОИНСТВОМ СОЧЕТАНИЯ СТРЕСС-ЭХОКГ С ВЕЛОЭРГОМЕТРИЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) простота и легкость дозирования нагрузки
  - 2) физиологичность воздействия стрессовой нагрузки
  - 3) воспроизводство жизненной ситуации (велонагрузка)
  - 4) более высокая точность, чем радионуклидные методы
30. ГЛАВНЫМ НЕДОСТАТКОМ СОЧЕТАНИЯ СТРЕСС-ЭХОКГ И ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) понижение качества записи ЭКГ из-за помех и наводки
  - 2) невозможность эхолокации сердца во время движения
  - 3) быстрая утомляемость испытуемых в сидячей позе
  - 4) частое развитие ортостатического коллапса
31. ГЛАВНЫМ НЕДОСТАТКОМ СОЧЕТАНИЯ СТРЕСС-ЭХОКГ И ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ В ПОЛОЖЕНИИ ЛЁЖА ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) неудобство для педалирования и нефизиологичность
  - 2) трудность достичь максимальной частоты пульса
  - 3) быстрая утомляемость в лежачем положении
  - 4) резкий рост верхнего и нижнего уровня АД
32. СТРЕСС-ЭХОКГ В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПО \_\_\_\_\_ СТАНДАРТНОМУ ПРОТОКОЛУ
- 1) непрерывному плавно-возрастающему
  - 2) непрерывному ступенеобразно-возрастающему
  - 3) непрерывному с одинаковой величиной нагрузки
  - 4) ступенеобразно-возрастающему с паузами отдыха
33. ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРЕСС-ЭХОКГ ИЗУЧАЕТСЯ СОКРАТИМОСТЬ \_\_\_\_\_ СЕГМЕНТОВ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА
- 1) 12
  - 2) 14



- 3) 16
- 4) 18

34. ТЕСТ СТРЕСС-ЭХОКГ СЧИТАЮТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ, ЕСЛИ КОЛИЧЕСТВО ГИПОКИНЕТИЧНЫХ СЕГМЕНТОВ

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

35. ПРИ РАСЧЁТЕ ИНДЕКСА РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ПО ЭХОКГ, ОДИН БАЛЛ СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) акинезу
- 2) дискинезу
- 3) гипокинезу
- 4) нормокинезу

36. ПРИ РАСЧЁТЕ ИНДЕКСА РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ПО ЭХОКГ, ДВА БАЛЛА СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) акинезу
- 2) дискинезу
- 3) гипокинезу
- 4) нормокинезу

37. ПРИ РАСЧЁТЕ ИНДЕКСА РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ПО ЭХОКГ, ТРИ БАЛЛА СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) акинезу
- 2) дискинезу
- 3) гипокинезу
- 4) нормокинезу

38. ПРИ РАСЧЁТЕ ИНДЕКСА РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ПО ЭХОКГ, ЧЕТЫРЕ БАЛЛА СООТВЕТСТВУЕТ

- 1) акинезу
- 2) дискинезу
- 3) гипокинезу
- 4) нормокинезу

39. ЗНАЧЕНИЕ ИНРС ПО ЭХОКГ РАСЧИТЫВАЕТСЯ ДЕЛЕНИЕМ СУММЫ БАЛЛОВ НА \_\_\_\_\_ КОЛИЧЕСТВО СЕГМЕНТОВ
- 1) общее
  - 2) исследованное
  - 3) гипокинетичное
  - 4) нормокинетичное
40. РЕГИОНАРНАЯ СОКРАТИМОСТЬ МИОКАРДА СОХРАНЕНА, ЕСЛИ ИНРС ПО ЭХОКГ РАВНЯЕТСЯ
- 1) меньше 1,0
  - 2) 1,0
  - 3) 1,5
  - 4) 2,0
41. СТЕПЕНЬ НАРУШЕНИЯ РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ЛЕГКАЯ, ЕСЛИ ИНРС ПО ЭХОКГ РАВНЯЕТСЯ
- 1) 0,1–1,0
  - 2) 1,1–1,49
  - 3) 1,5–1,99
  - 4) 2,0 и более
42. СТЕПЕНЬ НАРУШЕНИЯ РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ СРЕДНЯЯ, ЕСЛИ ИНРС ПО ЭХОКГ РАВНЯЕТСЯ
- 1) 0,1–1,0
  - 2) 1,1–1,49
  - 3) 1,5–1,99
  - 4) 2,0 и более
43. СТЕПЕНЬ НАРУШЕНИЙ РЕГИОНАРНОЙ СОКРАТИМОСТИ ТЯЖЕЛАЯ, ЕСЛИ ИНРС ПО ЭХОКГ РАВНЯЕТСЯ
- 1) 0,1–1,0
  - 2) 1,1–1,49
  - 3) 1,5–1,99
  - 4) 2,0 и более
44. К ОСНОВНЫМ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СТРЕСС-ЭХОКГ ОТНОСЯТСЯ
- 1) обострение ИБС и 2 недели после инфаркта миокарда
  - 2) стенокардия 1–2-го функционального класса

- 3) умеренный стеноз аортального клапана
- 4) ожирение 1–2-й степени

45. ИМПЕДАНС ОЗНАЧАЕТ \_\_\_\_\_ СОПРОТИВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ТОКУ

- 1) полное
- 2) емкостное
- 3) омическое
- 4) поверхностное

46. АМПЛИТУДА РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА

- 1) дифференциалу реографического индекса
- 2) скорости распространения пульсовой волны
- 3) уровню систолического или пульсового АД
- 4) кровенаполнению в исследуемом участке

47. ВОСХОДЯЩИЙ ОТРЕЗОК НА РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ (АНАКРОТА) ОТРАЖАЕТ СОСТОЯНИЕ

- 1) тонуса и эластичности средних и мелких артерий
- 2) тонуса и эластичности крупных артерий
- 3) притока крови в исследуемый орган
- 4) оттока крови по венам и венулам

48. НИСХОДЯЩАЯ ЧАСТЬ РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ (КАТАКРОТА) ДО ИНЦИЗУРЫ ОТРАЖАЕТ СОСТОЯНИЕ

- 1) притока и оттока крови с преобладанием оттока
- 2) мелких артерий, артериол, венул и вен
- 3) крупных и средних артерий
- 4) венул и вен

49. ИНЦИЗУРА НА РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ СООТВЕТСТВУЕТ МОМЕНТУ

- 1) прохождения пульсовой волны
- 2) закрытия клапана аорты
- 3) пика кровенаполнения
- 4) остановке кровотока

50. ВЫРАЖЕННОСТЬ ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ РЕОГРАФИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ПОСЛЕ ИНЦИЗУРЫ ОТРАЖАЕТ
- 1) уровень периферического сосудистого сопротивления
  - 2) состояние небольших артерий, артериол и венул
  - 3) диастолическое расслабление стенок артерий
  - 4) давление заклинивания в легочной артерии
51. БАЗАЛЬНЫЙ ТОНУС СТЕНОК АРТЕРИЙ И ИХ ПРОСВЕТ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ ОБУСЛОВЛЕН
- 1) балансом симпатических и парасимпатических влияний
  - 2) базальной сдвиговой деформацией на эндотелии
  - 3) секрецией базального уровня оксида азота
  - 4) базальной эластичностью стенки сосуда
52. ЦЕЛЮ ПРОВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРОБЫ С РЕАКТИВНОЙ ГИПЕРЕМИЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ОЦЕНКА
- 1) эластических свойств сосудистой стенки
  - 2) эндотелий-зависимой вазодилатации
  - 3) влияния гипоксии на кровоток
  - 4) венозного оттока
53. ФЕНОМЕН ЭЗВД ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ ВО ВРЕМЯ ПРОБЫ С РЕАКТИВНОЙ ГИПЕРЕМИЕЙ ОБУСЛОВЛЕН
- 1) сдвиговой деформацией эндотелия
  - 2) выбросом стимулированного оксида азота
  - 3) гемодинамическим ударом пульсовой волны
  - 4) накоплением повышенных концентраций лактата
54. ДЛЯ ПРОБЫ С РЕАКТИВНОЙ ГИПЕРЕМИЕЙ УЗИ-ДАТЧИК УСТАНОВЛИВЕТСЯ НА \_\_\_\_\_ ВЫШЕ ЛОКТЕВОЙ ЯМКИ
- 1) 1 см
  - 2) 2 см
  - 3) 3 см
  - 4) 4 см
55. ВЫДЕЛЕНИЕ, СТИМУЛИРОВАННОГО РЕАКТИВНОЙ ГИПЕРЕМИЕЙ ОКСИДА АЗОТА, НАЧИНАЕТСЯ С \_\_\_\_\_ СЕКУНДЫ
- 1) 5
  - 2) 15

- 3) 25
- 4) 35

56. ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИЗМЕРЕНИИ ДИАМЕТРА СОСУДА ТОЧКИ КУРСОРА УСТАНОВЛИВАЮТ НА ГРАНИЦЕ

- 1) «адвентиции-медия» и «медия-адвентиции»
- 2) «адвентиции» и «адвентиции»
- 3) «медиа» и «адвентиции»
- 4) «медиа» и «медиа»

57. МАКСИМАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭНДОТЕЛИЙЗАВИСИМОЙ ВАЗОДИЛАТАЦИИ НАБЛЮДАЕТСЯ НА \_\_\_\_\_ СЕКУНДЕ

- 1) 40–50
- 2) 50–55
- 3) 60–75
- 4) 80–85

58. НОРМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ЭНДОТЕЛИЙЗАВИСИМОЙ ВАЗОДИЛАТАЦИИ СОСТАВЛЯЕТ \_\_\_\_\_ % К ИСХОДНОМУ

- 1) 5
- 2) 7
- 3) 9
- 4) 10 и более

59. ДИСФУНКЦИЯ ЭНДОТЕЛИЯ – ЭТО ПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДИСБАЛАНСА МЕЖДУ

- 1) симпатико-парасимпатическим влиянием на артерии
- 2) синтезом эндотелием оксида азота и эндотелинов
- 3) дилатацией и констрикцией просвета артерий
- 4) эндокринной и нервной регуляцией сосудов

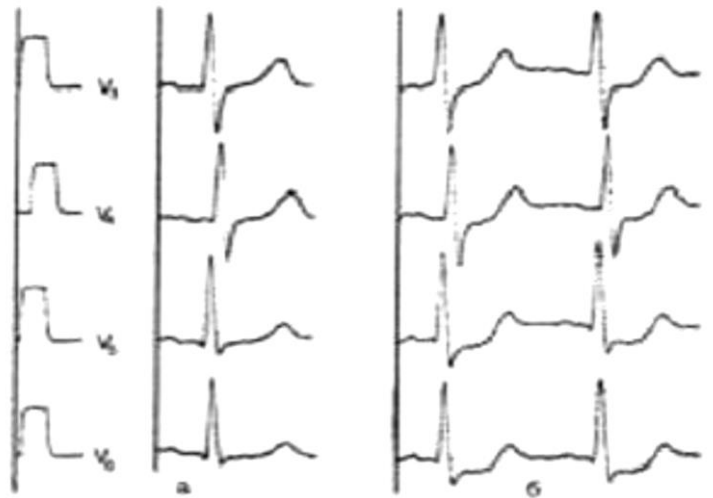
60. К ФАКТОРАМ РИСКА, КОТОРЫЕ ВЫЗЫВАЮТ ЭНДОТЕЛИАЛЬНУЮ ДИСФУНКЦИЮ, ОТНОСЯТСЯ

- 1) гиперинсулинемия
- 2) гиперхолестеринемия
- 3) артериальная гипертензия
- 4) низкая физическая активность

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### Задача № 1.

Больной С., 40 лет, работает каменщиком, в последние два месяца отмечает утомляемость и, сердцебиение при нагрузке. Накануне на работе, после подъёма 50-килограммового мешка появились жгучие боли за грудиной, сжимающего характера с иррадиацией в обе руки. Вызвал скорую помощь. АД 120/80 мм рт. ст., ЧСС 97 уд./мин. На ЭКГ синусовая тахикардия 100 уд./мин без патологических изменений комплекса QRS-T. Было рекомендовано обратиться к кардиологу и провести пробу с физической нагрузкой на велоэргометре. Во время выполнения ВЭМ-пробы, на 2 мин 3-ступени (150 Вт) возник приступ стенокардии и депрессия сегмента ST более 2 мм в отведениях V4–V6. Тест был прекращён.

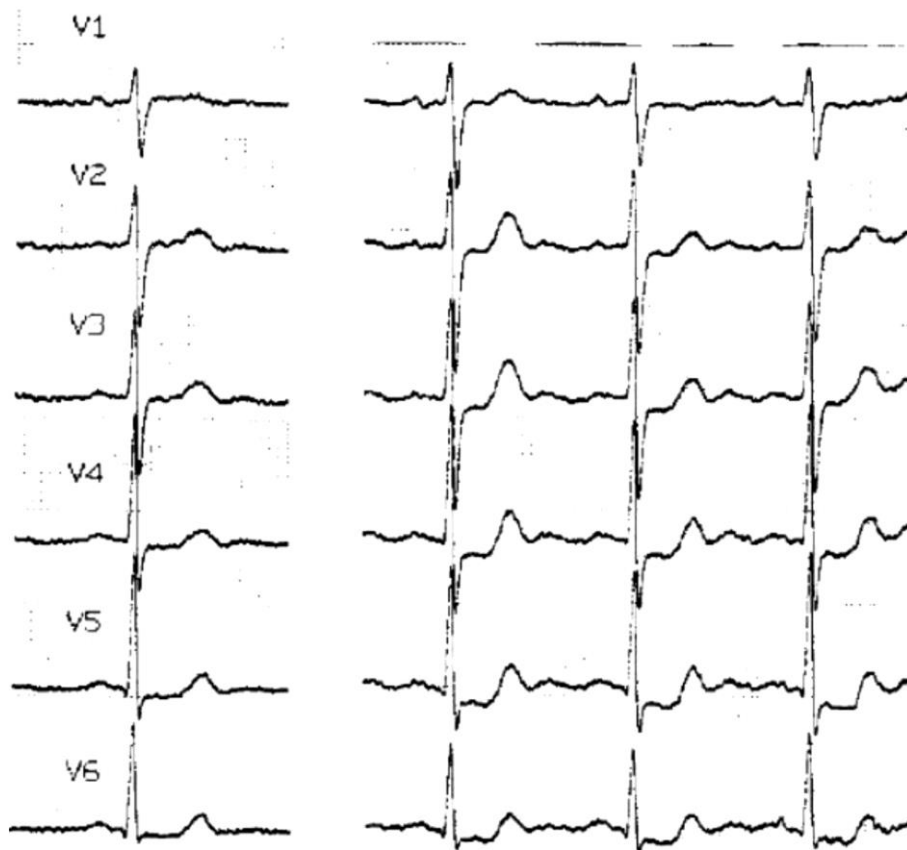


1. Назовите критерий для прекращения ВЭМ-пробы у пациента.
2. Выберите для оформления заключения результат ВЭМ-пробы:  
а) положительный; б) отрицательный; в) сомнительный.
3. Является ли данная ситуация показанием к стресс-ЭхоКГ?

### Задача № 2.

Военнослужащий П., 45 лет, страдает гипертонической болезнью, ожирением 2 степени и много курит. На профосмотре, во время проведения двойной пробы Мастера (на 3 мин нагрузки), у мужчины на электрокардиограмме появились нарушения со стороны сегмента ST

без каких-либо болевых ощущений или дискомфорта в грудной клетке. Спустя 5 мин после прекращения пробы изменения на ЭКГ исчезли. При этом самочувствие мужчины оставалось хорошим. При анализе ЭКГ уточнено, что депрессия ST в отведениях V2–V3 составила 1,5 мм, а в отведениях V4–V6 – 2,5 мм.

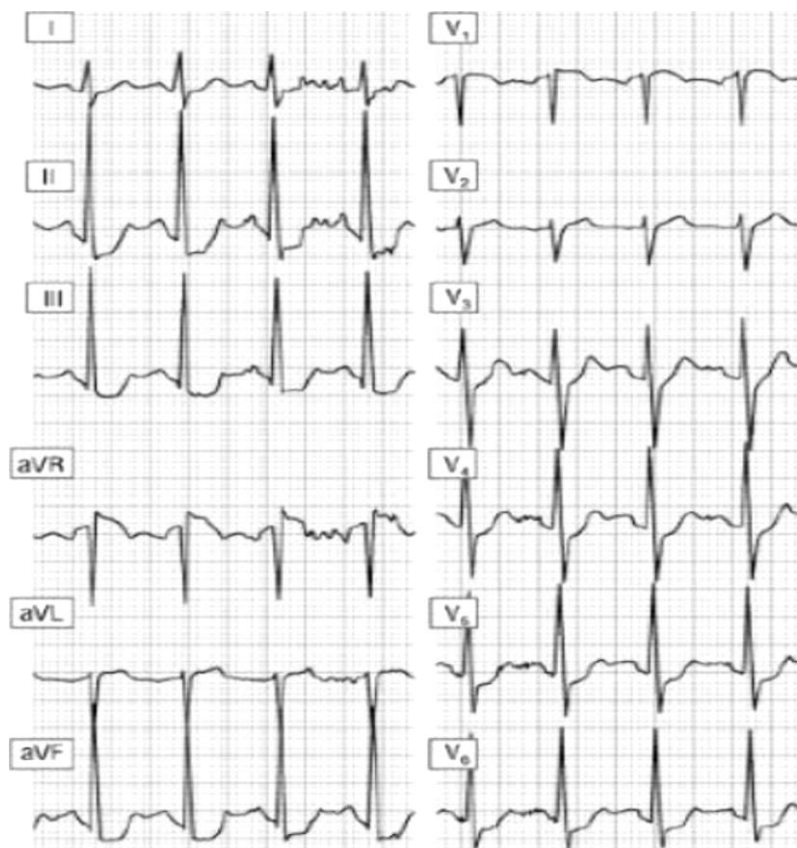


1. Выберите для оформления заключения результат пробы Мастера: а) положительный; б) отрицательный; в) сомнительный.
2. Назовите, на какие области ЛЖ указывают изменения ЭКГ и, какие ориентировочно венечные артерии могут быть сужены.
3. Является ли данная ситуация показанием к стресс-ЭхоКГ?

### Задача № 3.

Больной Б., 55 лет, практически здоров, в прошлом профессиональный спортсмен. В настоящее время отмечает избыточный вес, повышенное АД и умеренный дискомфорт в левой половине грудной клетки при выполнении больших физических нагрузок. При осмотре АД 170/100 мм рт. ст., ЧСС – 85 уд./мин. На электрокардиограмме: признаки гипертрофии ЛЖ без перегрузки, в остальном ЭКГ без особенностей. Рекомендована проба с физической нагрузкой для исключения скрытой коронарной недостаточности. На 3 мин 3-й сту-

пени (150 Вт) велоэрогметрической пробы, появилась выраженная депрессия сегмента ST в отведениях V3–V4 – 2,0 мм, V5–V6 – 2,5 мм, и II, III aVF – 3,5 мм. При этом обследуемый мужчина, никаких жалоб не предъявлял. Тем не менее, проба была прекращена.



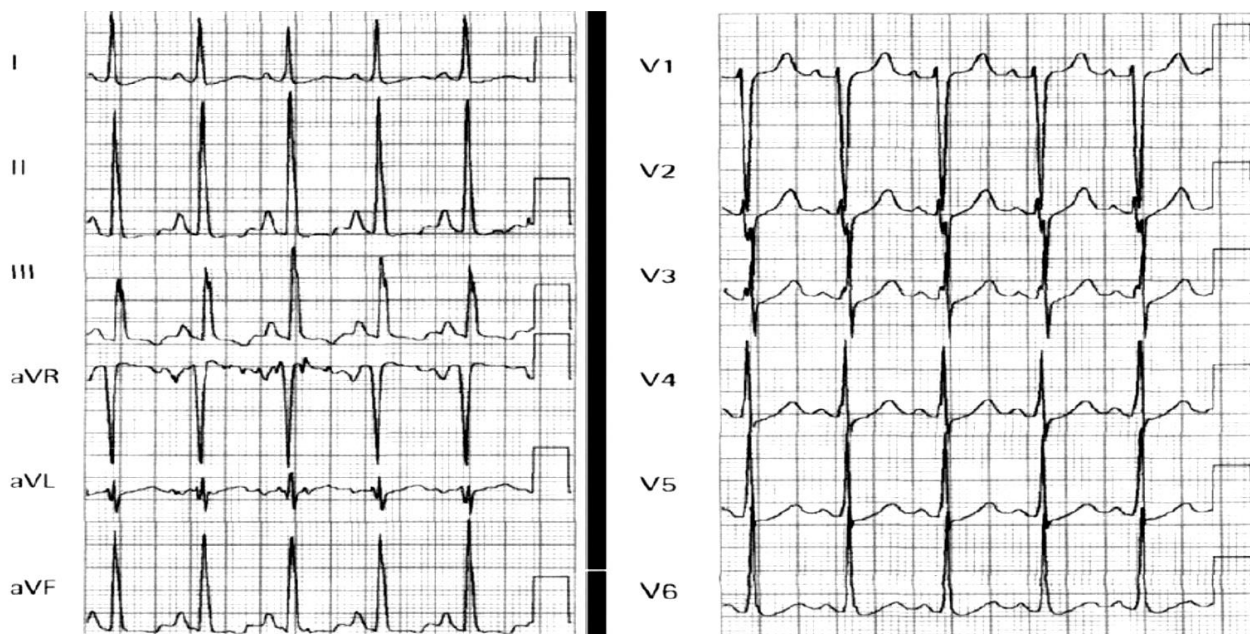
1. Выберите для оформления заключения результат ВЭМ-пробы:  
а) положительный; б) отрицательный; в) сомнительный.
2. Назовите, на какие области ЛЖ указывают изменения ЭКГ и, какие ориентировочно венечные артерии могут быть сужены.
3. Является ли данная ситуация показанием к стресс-ЭхоКГ?

#### **Задача № 4.**

Подросток Б., 13 лет с диагнозом: Вегетососудистая дистония по гипертоническому типу, небольшой дефицит массы тела. Жалобы на частые головные боли и головокружения, общую слабость и склонность к тахикардии. Рост 166 см, вес 49 кг, АД 135/80 мм рт. ст., ЧСС 95 уд./мин. Проводилась проба Мастера для оценки типа реакции на физическую нагрузку и определения характеристик периода восстановления. Число восхождений по лестнице 23, регистрация ЭКГ со скоростью движения ленты 25 мм/с. Сразу после окончания пробы ЧСС 120 уд./мин, АД 180/90 мм рт. ст., гиперемия лица, кожи груди и живота. На ЭКГ отмечаются высокоамплитудные зубцы Р и R в отве-



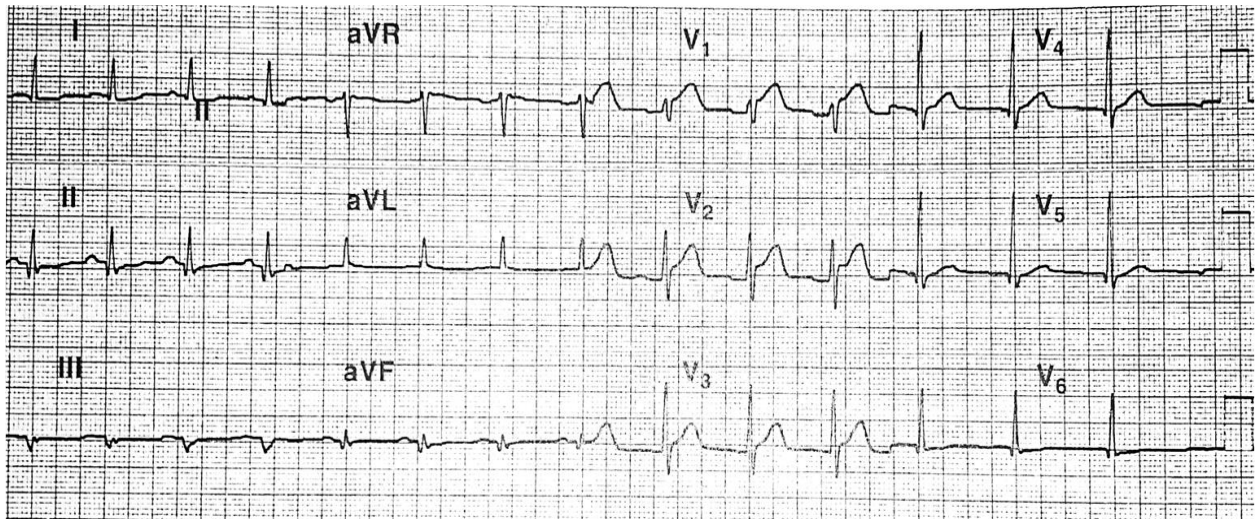
дениях II, III, aFV и V5–V6, глубокий зубец S в отведении V1, свидетельствующие о повышенной нагрузке на левый желудочек и предсердия. Все вышеперечисленные проявления ЧСС и АД вернулись к исходным значениям через 16 мин отдыха.



1. Определите тип реакции ССС на физическую нагрузку.
2. Дайте оценку периоду восстановления после нагрузки.
3. Какие дополнительные исследования надо провести?

### **Задача № 5.**

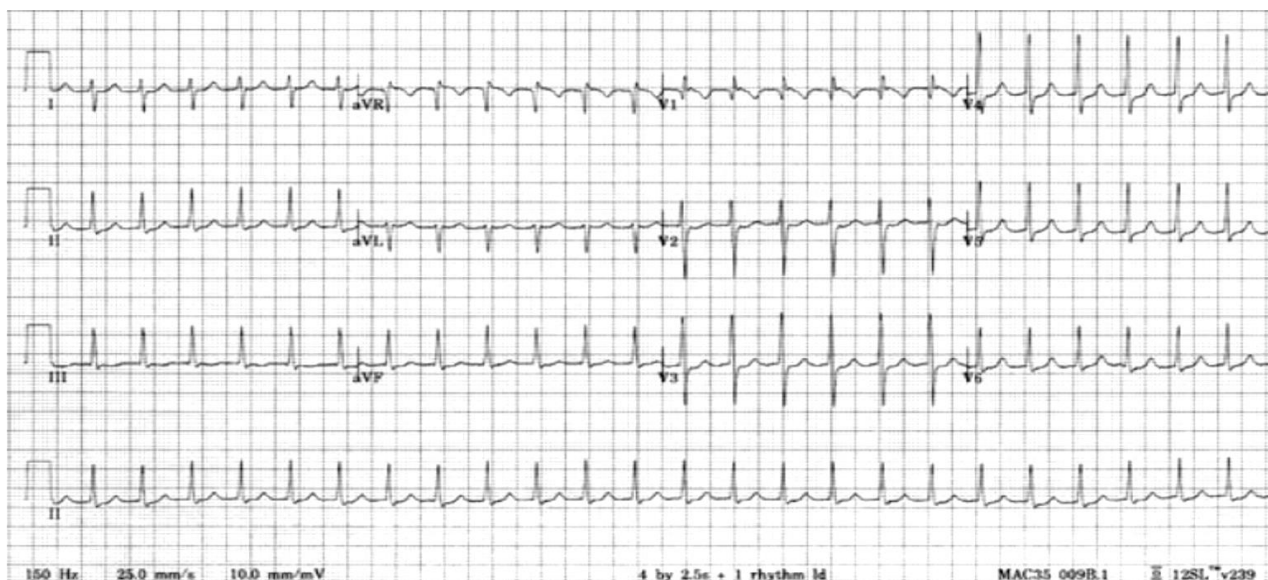
Больная З., 49 лет, страдает гипертонической болезнью, избыточным весом, остеохондрозом шейно-грудного отдела позвоночника, по поводу которого наблюдается у невролога и проходит сеансы массажа спины. В последние годы периодически отмечает колющие боли в левой половине грудной клетки, расцениваемые неврологом как кардиалгии на фоне остеохондроза, поскольку ЭКГ сердечной патологии не обнаруживала. Вместе с тем, неделю назад на фоне гипертонического криза возникла сильная сжимающая боль за грудиной с иррадиацией в левое плечо и руку. Вызвала скорую помощь, на ЭКГ лишь признаки гипертрофии ЛЖ. Была направлена на ВЭМ-тест для исключения СКН. Во время теста, на 3-й мин 2-й ступени (100 Вт) возникла острая загрудинная боль и подъём сегмента ST в V1–V3 до 2,0–2,5 мм. Проба прекращена, сердечный приступ купирован сублингвальным приёмом нитроглицерина.



1. Выберите для оформления заключения результат ВЭМ-пробы: а) положительный; б) отрицательный; в) сомнительный.
2. Назовите, на какие области ЛЖ указывают изменения ЭКГ и, какие ориентировочно венечные артерии могут быть сужены.
3. Какие дополнительные исследования необходимо провести?

### Задача № 6.

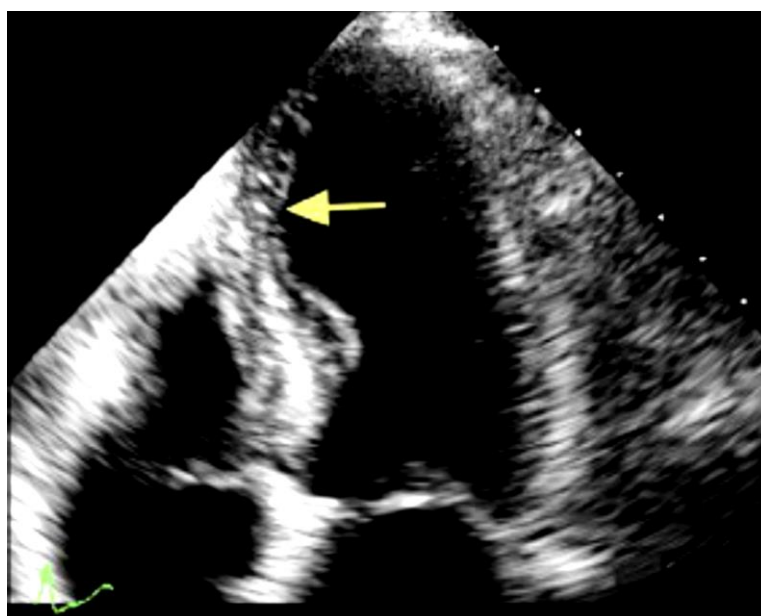
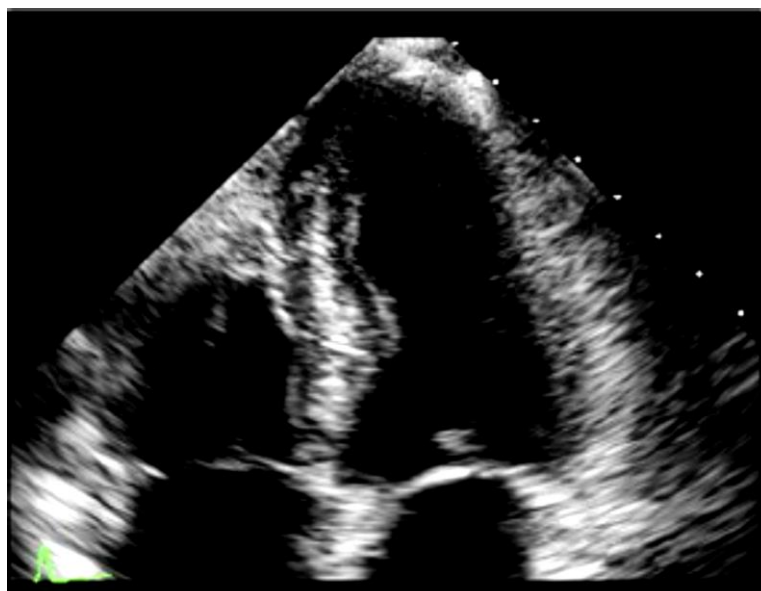
Женщина, 45 лет, астенического телосложения, эмоционально лабильная, страдает гипертонической болезнью 1 степени. В последний год стали беспокоить сжимающие боли, «чувство замирания и толчки» в грудной клетке, головокружение, тошнота, снижение АД до 90/60 мм рт. ст. и учащенное сердцебиение. Неоднократно вызывала «скорую», однако к приезду медиков состояние улучшалось и записанные ЭКГ патологию не показывали. Чётко отмечает, что подобные симптомы длятся по 5–10 мин и провоцируются стрессом или физической нагрузкой. На ЭКГ покоя вертикальное положение электрической оси сердца, неполная блокада правой ножки пучка Гиса и косовосходящая депрессия сегмента ST 0,8 мм в отведениях V4–V6. Уровень АД 160/90 мм рт. ст., ЧСС 72 уд./мин. С целью верификации ИБС проводился велоэргометрический тест. На 1-й мин 2-й ступени (100 Вт) появились сжимающие боли в левой половине грудной клетки, приступ наджелудочковой тахикардии с частотой до 150 уд./мин, небольшая депрессия сегмента ST в отведениях II, II, aVF, V4–V6 до 1,5 мм, снижение АД до 100/65 мм рт. ст., головокружение и тошнота. Пробу прекращена, больную уложили на кушетку, пароксизм тахикардии, депрессия ST и боли в груди купировались самостоятельно в течение 5 мин.



1. Позволяют ли результаты велоэргометрии считать пробу положительной и на основании каких критериев?
2. Назовите признаки, позволяющие считать возникшее у больной нарушение ритма, пароксизмальной АВ-тахикардией.
3. Какие коронарные артерии могут быть поражены?

### **Задача № 7.**

Практически здорового мужчину, 57 лет, в последнее время стала беспокоить небольшая одышка с резким повышением показателей АД до 180/100 мм рт. ст. при обычной физической нагрузке. На электрокардиограмме покоя выявлены признаки гипертрофии ЛЖ с его перегрузкой и небольшой косовосходящей депрессией сегмента ST равной 0,8 мм в отведениях V4–V6 и подъёмом сегмента ST 0,9 мм в отведениях V1–V2. Результат велоэргометрической пробы оказался сомнительным, поскольку исследование было остановлено из-за усиления одышки, появления слабости, головокружения, а также сначала повышения систолического АД до 195 мм рт. ст., а затем снижения на 15 мм рт. ст. на 3-й мин 2-й ступени (100 Вт), что и стало основанием для прекращения теста. При этом характерным было то, что депрессия и подъём сегмента ST во время и после пробы не усилились и продолжали оставаться на уровне 0,8–0,9 мм. Позднее мужчине была проведена Стресс-ЭхоКГ с велоэргометрией, на фоне которой появились схожие (как при ВЭМ) жалобы и изменения ЭКГ, фактически на том же уровне нагрузки, а на эхокардиограммах возникли зоны гипо- и акинезии передне-перегородочных сегментов ЛЖ с аневризмоподобной деформацией его контура.

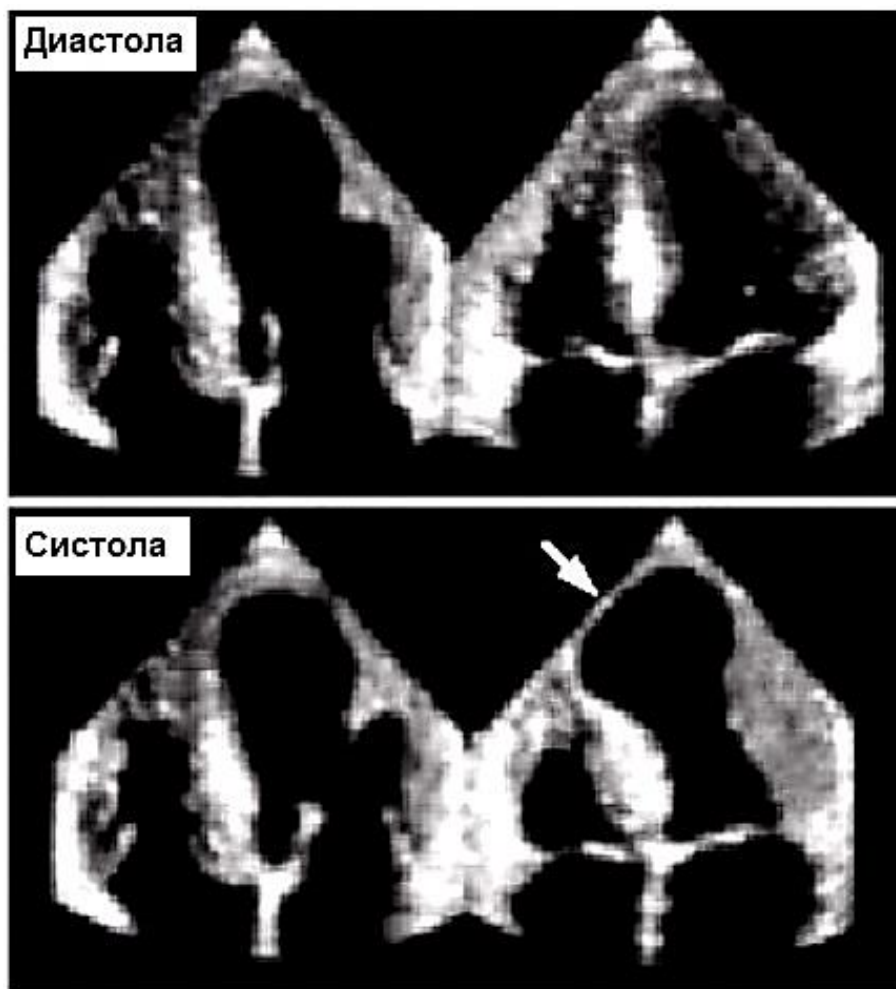


- 1. Оцените изменения ЭКГ на фоне нагрузки и объясните, почему результат ВЭМ оказался сомнительным?*
- 2. Оцените динамику систолического АД на фоне нагрузки и объясните, почему произошло его падение на 15 мм рт. ст.*
- 3. Назовите главные критерии, позволяющие считать результат проведённой стресс-ЭхоКГ положительным.*

### **Задача № 8.**

Практически здоровый мужчина, 57 лет, представитель МЧС, трудовая деятельность изобилует частыми командировками, связанные с тушением пожаров и спасением людей. Обладает высокой физической подготовкой. Однако в последний год заметил, что появилась повышенная утомляемость при выраженных нагрузках, которые

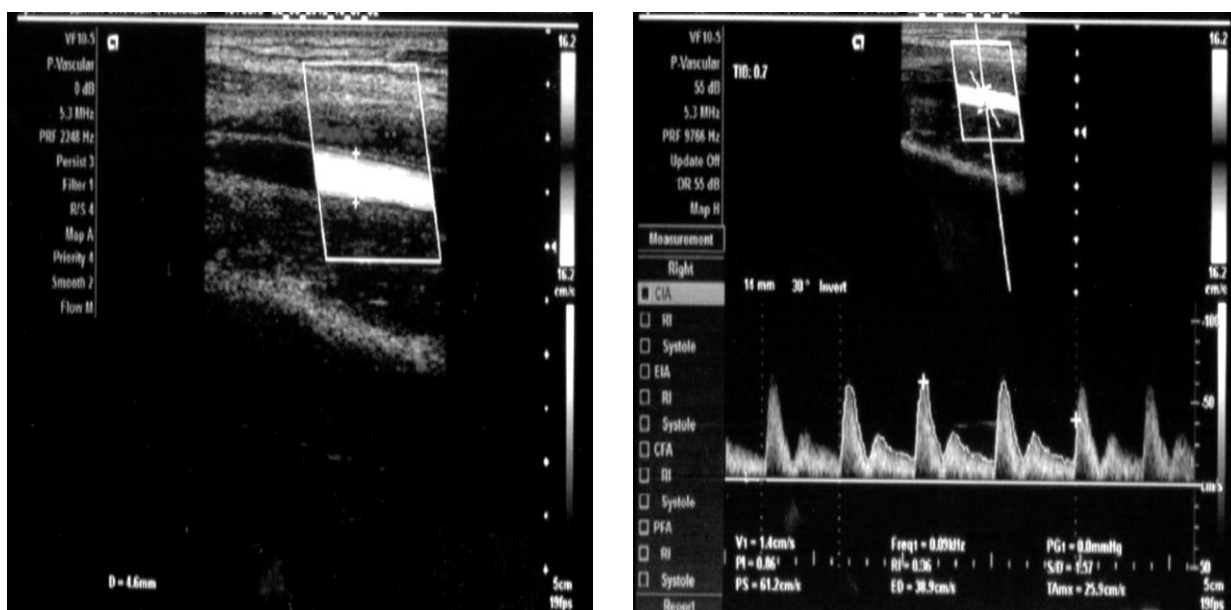
ранее хорошо переносил. На ЭКГ, зарегистрированной неделю назад обнаруживались только признаки гипертрофии ЛЖ, соответствующие «тренированному сердцу». На ЭхоКГ, выполненной в покое, подтверждается наличие гипертрофии ЛЖ с небольшим расширением его полости. Однако при этом наблюдается диастолическая дисфункция и усиление эхоплотности перегородочно-верхушечных сегментов ЛЖ без нарушения его локальной и глобальной сократимости. Проба с физической нагрузкой показала отрицательный результат, поскольку мужчина выкрутил субмаксимальную ЧСС. При стресс-ЭхоКГ на велоэргометре появился акинез перегородочно-верхушечной стенки с систолическим выбуханием верхушки ЛЖ.



- 1. Назовите главные критерии, позволяющие считать результат проведённой стресс-ЭхоКГ положительным.*
- 2. Объясните, почему болезнь сердца была выявлена только после стресс-ЭхоКГ и, что собой представляет ишемический каскад.*
- 3. Назовите дополнительные исследования сердца, которые надо провести мужчине в первую очередь и с какой целью.*

### Задача № 9.

Практически здоровый студент Т., 20 лет. Ведет малоподвижный образ жизни (физическая активность меньше 3 ч в неделю), курит (стаж 4 года, по 5–10 сигарет в сутки), рост 179 см, вес 101 кг, индекс Кетле  $31,56 \text{ кг/м}^2$ ; питание нерегулярное, в основном, фаст-фуд; АД 145/90 мм рт. ст.; общий холестерин (ОХС) 5,6 ммоль/л; ТГ 1,9 ммоль/л; ХС-ЛПНП 3,9 ммоль/л; ХС-ЛПВП 0,93 ммоль/л; индекс атерогенности 5,02; прирост ЭЗВД плечевой артерии после пробы D.S. Celermajer составил 7,5 %.

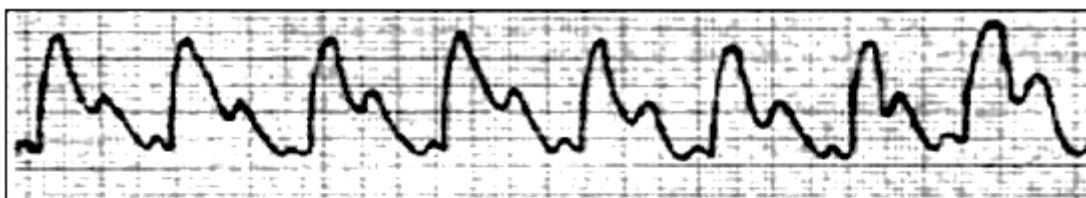


1. Перечислите, имеющиеся у молодого человека факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.
2. Чем опасно снижение ЭЗВД и какие последствия обусловлены этим расстройством сосудодвигательной функции?
3. Какие рекомендации необходимо выполнять молодому человеку в первую очередь и почему?

### Задача № 10.

Практически здоровый мужчина Е., 31 год, работает программистом. Отец страдал ишемической болезнью сердца, умер в 48 лет от обширного инфаркта миокарда. Матери сейчас 55 лет, последние 9 лет наблюдается у терапевта по поводу гипертонии, сахарного диабета 2 типа, ожирения и гиперхолестеринемии. Мужчина ведет малоподвижный образ жизни (физическая активность менее 3 часов в неделю), курит (стаж 15 лет, по 5–10 сигарет в сутки), рост 163 см, вес 89 кг, индекс Кетле  $33,5 \text{ кг/м}^2$ ; в питании преобладает жирная, мучная

и сладкая пища; АД 170/95 мм рт. ст. (нерегулярно принимает гипотензивные препараты); общий холестерин 5,9 ммоль/л; ТГ 2,3 ммоль/л; ХС-ЛПНП 4,2 ммоль/л; ХС-ЛПВП 1,1 ммоль/л; индекс атерогенности 4,36; глюкоза 7,1 ммоль/л; прирост ЭЗВД плечевой артерии в ответ на пробу D.S. Selermajer составил 6%. Прирост реографического индекса на реактивную гиперемия составил не более 15% от его исходных значений до проведения пробы.



Исходное состояние



На пике пробы с гиперемией

- 1. Перечислите, имеющиеся у молодого мужчины факторы риска развития сердечно-сосудистой патологии.*
- 2. Какими заболеваниями уже страдает мужчина и, какие признаки или лабораторные анализы указывают на них?*
- 3. О чём свидетельствует недостаточный прирост реографического индекса на фоне реактивной гиперемии?*
- 4. Какие причины могут быть основой сниженного притока крови в предплечье на фоне реактивной гиперемии у мужчины?*

## ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Номер задания	Номер ответа	Номер задания	Номер ответа
1	3	31	1, 2, 3
2	2, 3	32	4
3	2	33	3
4	3	34	2, 3, 4
5	3, 4	35	4
6	4	36	3
7	1	37	1
8	4	38	2
9	1, 2	39	2
10	2	40	1, 2
11	1	41	2
12	4	42	3
13	3	43	4
14	4	44	1
15	1, 2, 3	45	1
16	4	46	4
17	2, 3, 4	47	1, 2, 3
18	3, 4	48	1, 2
19	1, 3, 4	49	2
20	2, 4	50	1, 2
21	2, 3	51	2, 3
22	1, 2, 3	52	2
23	3, 4	53	1, 2
24	1, 2, 3	54	3
25	1, 2, 4	55	3
26	2, 3, 4	56	1
27	2	57	3
28	1, 2, 3	58	4
29	1, 2, 3	59	2, 3
30	1, 2	60	2, 3, 4



## ОТВЕТЫ НА СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### Задача №1.

1. Критерием прекращения пробы с физической нагрузкой являются развившийся типичный ангинозный приступ и депрессия сегмента ST более 2 мм в отведениях V4–V6.
2. При оформлении результата велоэргометрической пробы, в заключении нужно записать, что проба положительная.
3. Полученный результат является прямым основанием к проведению стресс-ЭхоКГ с целью диагностики глубины и распространённости ишемических нарушений в миокарде левого желудочка. Поскольку диастолическая и систолическая дисфункция миокарда ЛЖ в ответ на физическую нагрузку появляются раньше, чем изменения ЭКГ и приступ стенокардии (классический ишемический каскад).

### Задача № 2.

1. При оформлении результата двухступенчатой пробы Мастера, в заключении следует записать, что проба положительная.
2. Депрессия ST 1,5 мм в отведениях V2–V3 и 2,5 мм в отведениях V4–V6 – дают основание для подозрения на стенозирующий атеросклероз передней нисходящей и огибающей коронарных артерий, кровоснабжающих миокард передней и боковой стенок левого желудочка.
3. Данная ситуация является прямым основанием для проведения стресс-ЭхоКГ с целью диагностики глубины и распространённости ишемических нарушений в миокарде левого желудочка и, подтверждения феномена «ишемического каскада».

### Задача № 3.

1. Появление выраженной депрессии сегмента ST 2,0 мм в отведениях V3–V4, 2,5 мм в V5–V6, и 3,5 мм в II, III aVF является чётким критерием прекращения велоэргометрической пробы, несмотря на отсутствие жалоб у испытуемого («ишемический каскад», в котором сердечный приступ может возникать лишь в последнюю очередь).

2. Резкая депрессия в отведениях V2–V6 даёт основание подозревать стенозирующий атеросклероз в передней нисходящей и огибающей венечных артериях, кровоснабжающих переднюю и боковую стенки левого желудочка, либо подозревать стенозирование ствола левой коронарной артерии.
3. Данная ситуация является прямым основанием для проведения стресс-ЭхоКГ с целью диагностики глубины и распространённости ишемических нарушений в миокарде левого желудочка и, подтверждения феномена «ишемического каскада».

#### **Задача № 4.**

1. Тип реакции кардиоваскулярной системы на нагрузку является гипертоническим: рост ЧСС, повышение уровня систолического АД до 160–180 мм рт. ст., диастолического АД до 90–100 мм рт. ст.
2. Характер восстановления после физической нагрузки является неудовлетворительным, так как имеет место существенное отклонение АД и ЧСС от исходного уровня свыше 10-й минуты восстановительного периода.
3. Подростку нужно дополнительно провести такие обследования как ЭхоКГ, Холтер-ЭКГ + СМАД (суточное мониторирование ЭКГ и АД).

#### **Задача № 5.**

1. При оформлении результата велоэргометрической пробы в заключении следует записать, что проба положительная.
2. Резкий подъём сегмента ST 1,5 мм в отведениях V1–V3 до 2,0–2,5 мм позволяет подозревать наличие стенозирующего атеросклероза передней нисходящей венечной артерии, кровоснабжающей передне-перегородочную стенку левого желудочка.
3. Больной необходимо дополнительно провести стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой или фармагрузкой и коронарографию.

#### **Задача № 6.**

1. Результат ВЭМ-пробы необходимо считать положительным на основании появления приступа ангинозных болей и возникновения жизнеугрожающего нарушения ритма сердца.
2. Тахикардия из АВ-соединения характеризуется частотой 140–250 уд./мин, неизменённым комплексом QRS, предшествующим или сливающимся с зубцом Р.

3. Депрессия ST в II, III, aVF, V4–V6 до 1,5 мм позволяет предполагать сужение правой коронарной и огибающей артерии.

#### **Задача № 7.**

1. Результат велоэргометрического теста оказался сомнительным, поскольку усиление одышки, появление слабости, головокружения, а также сначала повышения систолического АД до 195 мм рт. ст. и смещение сегмента ST до 1 мм не являются чёткими критериями прекращения нагрузочной пробы и, соответственно, не позволяют считать результат теста положительным.
2. Возникновение одышки, появление слабости, головокружения и, сначала повышения систолического АД до 195 мм рт. ст., а затем понижения на 15 мм рт. ст. на 3-й минуте 2-й ступени (100 Вт), вполне могут быть следствием или ортостатической реакции, или снижения сократительных свойств ЛЖ.
3. Возникновение зоны гипо-акинезии передне-перегородочных сегментов ЛЖ с аневризмоподобной деформацией его контура во время стресс-ЭхоКГ являются ключевыми критериями, позволяющие считать результат стресс-ЭхоКГ положительным.

#### **Задача № 8.**

1. Возникновение зон гипо-акинеза перегородочно-верхушечной области с аневризматическим систолическим выбуханием верхушки ЛЖ во время стресс-ЭхоКГ – главные критерии, позволяющие считать результат стресс-ЭхоКГ положительным.
2. Высокая тренированность мужчины преодолевать психофизические перегрузки и развитая коллатеральная сеть кровоснабжения ЛЖ может объяснить отсутствие жалоб и изменений на ЭКГ при высоких нагрузках, однако, появление систолической дисфункции при стресс-ЭхоКГ полностью соответствуют сценарию развития ишемического каскада, когда изменения ЭКГ и ангинозный приступ находятся на последних местах.
3. Учитывая результаты Стресс-ЭхоКГ мужчине в первую очередь необходимо дообследование в условиях кардиохирургического стационара, где после проведения коронаровентрикулографии, может решаться вопрос о стентировании и шунтировании коронарных артерий.

### **Задача № 9.**

1. Факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний у студента являются: гиподинамия; курение; избыточный вес; повышение АД, общего холестерина, холестерина низкой плотности, триглицеридов и индекса атерогенности; снижение значений холестерина высокой плотности и эндотелийзависимой вазодилатации магистральных артерий.
2. Снижение ЭЗВД опасно тем, что это системный процесс и, поэтому снижение способности артерии к дилатации, а значит, усиление склонности к ангиоспазму касается и сосудов сердца, и сосудов головного мозга.
3. Молодому человеку, в первую очередь, необходимо увеличить физическую активность, сделать свое питание более гипокалорийным с включением фруктов и овощей, с тем, чтобы нормализовать массу тела.

### **Задача № 10.**

1. Факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний у студента являются: гиподинамия; курение; избыточный вес; повышение АД, общего холестерина, холестерина низкой плотности, триглицеридов и индекса атерогенности; снижение значений холестерина высокой плотности и эндотелийзависимой вазодилатации магистральных артерий; наследственная предрасположенность к развитию ССЗ.
2. У молодого мужчины уже имеется гипертоническая болезнь I–II степени, ожирение I–II степени, преддиабет (нарушение толерантности к глюкозе) и высокий риск раннего формирования ишемической болезни сердца.
3. Недостаточный прирост реографического индекса на фоне реактивной гиперемии указывает на доклинические расстройства системы регионарного кровообращения, выражающиеся в хроническом дефиците кровоснабжения работающих органов.
4. Главной причиной сниженного притока крови в предплечье на фоне реактивной гиперемии у мужчины является эндотелиальная дисфункция, выражающаяся в снижении ЭЗВД и преобладании вазоспастических реакций микроциркуляторного русла.

## 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. Самойлов, В. О. Медицинская биофизика [Электронный ресурс] : учебник / В. О. Самойлов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 605 с. : Режим доступа: <http://www.books-up.ru>.
3. Шиллер, Н.Б. Клиническая эхокардиография [Текст] : монография / Н.Б. Шиллер, М.А. Осипов. – 2-е изд. – М. : Практика, 2005. – 344 с.
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. Митьков, В. В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / В. В. Митьков, В. А. Сандриков ; под ред. В. В. Митькова, В.А. Сандрикова – М. : Видар, 1998. – 360 с.
2. Орлов, В. Н. Руководство по электрокардиографии [Текст] / В. Н. Орлов. – 9-е изд., испр. – М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2017. – 560 с.
3. Рыбакова, М. К. Эхокардиография от М. К. Рыбаковой [Текст] : практическое руководство по ультразвуковой диагностике / М. К. Рыбакова, В. В. Митьков, Д. Г. Балдин. – 2-е изд. – М. : Видар, 2018. – 600 с.
4. Кушаковский, М. С. Аритмии сердца. Расстройство ритма и нарушения проводимости. Причины, механизмы, электрокардиографическая и электрофизиологическая диагностика, клиника, лечение [Текст] : руководство для врачей / М. С. Кушаковский, Ю. Н. Гришкин. – 4-е изд., испр. и доп. – СПб. : Изд. Фолиант, 2017. – 720 с.

Учебное издание

**Авторы:**

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

# **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ В ПРЕВЕНТИВНОЙ КАРДИОЛОГИИ**

Учебное пособие

Редактор А.Ю. Коломийцев  
Технический редактор О.В. Коломийцева  
Обложка И.Г. Забоенкова

Издательство СибГМУ  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107  
тел. 8 (3822) 51-41-53  
E-mail: otd.redaktor@ssmu.ru

---

Подписано в печать 25.09.2020 г.  
Формат 60x84<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Гарнитура «Times». Печ. лист. 4,4. Авт. лист. 2,4.  
Тираж 100 экз. Заказ № 27

---

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