

## Пробы с дозированной физической нагрузкой в кардиологии: прошлое, настоящее и будущее (I часть)

Воронина В. П., Киселева Н. В., Марцевич С. Ю.

ФГБУ Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины Минздрава России. Москва, Россия

Представлен обзор литературы, посвященный диагностике ишемической болезни сердца (ИБС) с применением наиболее распространенных функциональных нагрузочных проб. Изложены преимущества и недостатки диагностической ценности различных методов обследования пациентов с предполагаемой ИБС. Результаты длительных, контролируемых исследований позволяют в настоящее время достаточно точно определить вероятность возникновения осложнений у конкретного больного. Рассматриваются различные прогностические индексы, основанные на комплексном анализе клинических и простых инструментальных характеристик, позво-

ляющих оценить долгосрочный прогноз у больных ИБС и выбрать адекватный метод лечения.

**Ключевые слова:** ЭКГ-нагрузочные пробы, прогностические индексы, ишемическая болезнь сердца, прогноз.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2015; 14(2): 80–87  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2015-2-80-87>

Поступила 07/04-2015

Принята к публикации 08/04-2015

### Exercise tests in cardiology: past, present and future (Part I)

Voronina V. P., Kisseleva N. V., Martsevich S. Yu.

FSBI State Scientific-Research Centre for Preventive Medicine of the Healthcare Ministry. Moscow, Russia

The literary review is focused on diagnostics of coronary heart disease (CHD) with the use of the most common functional exercise tests. The benefits and the lacks are discussed of a variety of tests for suspected CHD. The results of long-term controlled trials make now the physicians able to precisely enough estimate a risk of complications in a patient. Several diagnostic indexes are observed, that are based on complex analysis of clinical and simple instrumental parameters for long term

risk evaluation in CHD and for the selection of adequate treatment method.

**Key words:** ECG exercise tests, prognostic indexes, ischemic heart disease, prognosis.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2015; 14(2): 80–87  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2015-2-80-87>

АД — артериальное давление, ВЭМ — велоэргометрия, ДФН — дозированная физическая нагрузка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, КАГ — коронароангиография, НП — нагрузочная проба, ОКС — острый коронарный синдром, ПФН — проба с физической нагрузкой, САД — систолическое артериальное давление, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ТФН — тест с физической нагрузкой, ФК — функциональный класс, ФН — физическая нагрузка, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиография, ЭхоКГ — эхокардиография.

### Введение

Проба с физической нагрузкой (ПФН) — распространенный и относительно доступный метод функциональной диагностики и клинического обследования пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ). В 1929г Master A. и Oppenheimer F. разработали стандартизированный протокол физической нагрузки (ФН) для оценки функционального состояния больных ишемической болезнью сердца (ИБС). На протяжении следующих 30 лет изучались механизмы смещения сегмента ST, влияние места расположения электродов на изменения электрокардиограммы (ЭКГ), разрабатывались новые протоколы нагрузочных проб, определялись диагностическое и прогностическое значения результатов этих проб при различных ССЗ. Несмотря на успешное развитие методов ангиографической диагностики ИБС и неинвазивных методов визуализации сердца, ПФН остается одним из наиболее доступных методов скринингового обследования и диагностики ССЗ, стратификации риска, прогноза оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и эффективности антиишемической терапии.

Функциональные нагрузочные пробы широко используются в лечебных учреждениях и в специализированных лабораториях. В кардиологической практике применяется множество функциональных проб. Пробами с дозированной ФН (ДФН) на тредмиле или ВЭМ давно и с успехом пользуются

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (916) 594-21-72

e-mail: vvoronina@gnicpm.ru

[Воронина В. П.\* — к.м.н., с.н.с. отдела профилактической фармакотерапии, Киселева Н. В. — к.м.н., в.н.с. отдела эпидемиологии ХНИЗ, Марцевич С. Ю. — д.м.н., профессор руководитель отдела профилактической фармакотерапии].

ются для диагностики ИБС и оценки тяжести заболевания, прогностической значимости и результатов лечения [1].

Основным принципом проведения ПФН в современной практической кардиологии является провокация ишемии миокарда у пациентов с поражением коронарных артерий, при котором потребность миокарда в кислороде не соответствует его доставке, с целью диагностики ИБС. Немаловажными достоинствами нагрузочных проб являются возможность их стандартизации и хорошая воспроизводимость [2].

#### **Краткая история применения ПФН при ИБС**

Изучение стенокардии тесно связано с историей применения ПФН. Выдающиеся врачи Hurrproates, Bartoletti V.F., Harvey W., в своих трудах описывали эпизоды появления у людей преклонного возраста сильных загрудинных болей, сопровождавшихся удушьем, беспокойством, потерей сознания. Научное название этому состоянию дал английский врач Heberden W., который в 1768г детально описал его клиническую картину, а также указал на один из эффективных путей лечения, который используется и в настоящее время, — регулярные физические тренировки. Ученый в течение многих лет искал причины возникновения болезни: он препарировал трупы людей, умерших во время болей в сердце и находил у большинства из них склероз венечных артерий. Однако связи между клинической картиной “грудной жабы” и нарушением в работе сердца Heberden W. установить не удалось. Это было сделано другими исследователями, доказавшими, что в большинстве случаев в основе стенокардии лежит атеросклероз коронарных артерий.

Bousfield G. (1918) опубликовал данные об изменениях ЭКГ при стенокардии. Впервые изменения ЭКГ при возникновении болей во время ФН у больных со стенокардией напряжения были описаны Fail N. и Segal M. в 1928г в США. Тогда же было отмечено, что по окончании болевого приступа регистрировалась нормальная ЭКГ покоя. В России Г.Ф. Ланг в 1927г, во время спонтанных приступов стенокардии в самом начале регистрации ЭКГ предложил использовать метод ФН с ЭКГ контролем для определения недостаточности коронарного кровоснабжения. Первоначально ПФН были предназначены для профессионального отбора молодых людей в армию и на работу, требующую высокой физической подготовки. Использовали, так называемый, гарвардский степ-тест, который был разработан в 1942г в лаборатории Гарвардского университета. С помощью гарвардского степ-теста количественно оценивают восстановительные процессы после дозированной мышечной работы. ФН задается в виде восхождений на ступеньку. Высота ступеньки и время выполнения теста зависят от пола, возраста и физического состояния испытуемого.

Испытуемому предлагается на протяжении 5 мин совершать восхождение на ступеньку с частотой 30 раз в 1 мин. Каждое восхождение и спуск складываются из четырех двигательных компонентов. От ранее известных функциональных проб степ-тест отличается как характером выполняемой ФН, так и формой учета результатов тестирования.

Годом позже, в 1929г, Master A. и Oppenheimer F. разработали классический стандартизованный протокол ПФН для диагностики ИБС, а в 1949г А.Ф. Тур в СССР дал ЭКГ определение функциональной способности коронарных артерий и сердечной мышцы. В 1950г Master A. в США внедрил двухступенчатую ПФН. В 1993г Sheriff D. и Goldhammer S. в Германии предложили методику проведения ПФН с одновременной записью ЭКГ. Эти работы послужили триггерным механизмом для всей функциональной диагностики в кардиологии.

#### **Физиологические основы мышечной работы**

ФН — физиологический стресс, способствующий выявлению нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы, которые нельзя получить у человека в состоянии покоя. Учитывая это, ФН можно использовать для оценки функционального состояния системы кровообращения. В качестве ФН для сердечно-сосудистой системы могут быть использованы три вида сокращения мышц: изотоническое (динамическое или подвижное), изометрическое (статическое) и резистентное (комбинация изометрического и изотонического). Изотоническая нагрузка — это сокращение мышц, следствием которого является движение. В таком случае возникает объемная нагрузка левого желудочка. Изометрическая нагрузка — сокращение мышц без движения (например, сжатие руки), что приводит к нагрузке левого желудочка давлением. Сердечный выброс в этом случае возрастает меньше, чем при изотонической нагрузке, что обусловлено ограничением мышечного кровотока. Резистентная нагрузка сочетает черты изометрической и изотонической (например, занятие тяжелой атлетикой) [3].

В начале ФН в вертикальном положении человека происходит увеличение сердечного выброса, которое реализуется через повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и механизм Франка-Старлинга. При нарастании нагрузки основным механизмом роста сердечного выброса является дальнейшее повышение ЧСС. У здоровых лиц на протяжении нескольких мин после начала ФН достигается стабильное состояние (steady-state); после этого ЧСС, сердечный выброс, уровень артериального давления (АД) и легочная вентиляция поддерживаются на относительно стабильном уровне. При интенсивной ФН симпатическая активация достигает максимального уровня, а парасимпатическая резко снижается. Это приводит к вазоконстрикции, которая не распространяется

Таблица 1

Соотношение функциональных классификаций со способностью к ФН  
в метаболических эквивалентах (адаптировано из [6–8])

ФК	Функциональная классификация NYHA	Функциональная классификация Канадского общества кардиологов	Способность выполнять нагрузку
I	Больной не испытывает ограничений в физической активности. Обычные нагрузки не провоцируют возникновения симптомов (слабости, сердцебиения, одышки)	Обычная физическая активность, такая как ходьба или подъем по лестнице, не вызывает стенокардию. Стенокардия возникает при напряженной или быстрой, или длительной нагрузке во время трудовой деятельности или активного отдыха	Пациенты могут выполнить нагрузку $\leq 7$ MET: может работать в саду, бегать на лыжах, возможны пробежки
II	Умеренное ограничение при выполнении ФН. Обычные ФН (например, быстрая ходьба) вызывают симптомы	Незначительное ограничение обычной активности: быстрая ходьба или подъем по лестнице, ходьба в гору, ходьба или подъем по лестнице после еды, при холодном ветре, или при эмоциональном стрессе, или в первые несколько часов после пробуждения. Ходьба на расстояние более чем два квартала и подъем на более чем один пролет обычной лестницы в обычном темпе и в обычных условиях	Пациенты могут выполнить нагрузку не более 5 MET. Половая жизнь не вызывает затруднений, ходьба по ровной поверхности со скоростью до 7 км/ч, но не способен выполнить работу характерную для класса I
III	Выраженное ограничение ФН. Больной чувствует себя комфортно только в состоянии покоя, а небольшие нагрузки (например, одевание) приводят к развитию симптомов	Выраженное ограничение обычной физической активности: ходьба на расстояние одного или двух кварталов и подъем на более чем один пролет обычной лестницы в обычном темпе	Пациенты могут выполнить нагрузку $\leq 2$ MET: может самостоятельно одеться, ходить со скоростью до 5 км/ч, играть в неактивные игры (гольф)
IV	Симптомы хронической сердечной недостаточности присутствуют в покое. При минимальной ФН дискомфорт нарастает	Неспособность заниматься любым видом физической активности, не испытывая дискомфорта. Симптоматический стенокардии может возникать в состоянии покоя	Пациенты не способны выполнить нагрузку до 2 MET без остановки. Не может выполнять работу возможную для других классов

на сосуды церебрального и коронарного бассейнов. При дальнейшем повышении нагрузки увеличивается кровоток в скелетных мышцах, втрое увеличивается потребление кислорода, уменьшается общее периферическое сосудистое сопротивление, повышается уровень систолического АД (САД), среднего гемодинамического и пульсового АД. Уровень диастолического АД может остаться неизменным или незначительно уменьшиться. Во время выраженной ФН в вертикальном положении сердечный выброс может увеличиться в 4–6 раз по сравнению с исходным. Особенностью влияния ФН на легочное сосудистое русло является отсутствие значительного повышения давления в легочной артерии при выраженном повышении сердечного выброса [4]. После прекращения нагрузки гемодинамические показатели возвращаются к исходному уровню на протяжении 6–10 мин. Восстановление показателей гемодинамики может замедляться у детренированных людей или при определенных патологических состояниях [5].

Показатели, определяемые в процессе проведения пробы: потребление кислорода при нагрузке, потребление кислорода миокардом косвенно оцениваемое по величине двойного произведения ЧСС • САД; ЧСС; АД; время выполнения нагрузки и время восстановительного периода; достигнутый

максимальный объем выполненной ФН, выраженный в метаболических эквивалентах (MET); динамика ЭКГ. Эти показатели позволяют оценить способность пациента выполнить ФН и адаптивные возможности организма (таблица 1). В таблице 1 представлено сравнение функциональных классов (ФК) стенокардии по классификации Канадского общества кардиологов по отношению способности пациента выполнять ФН.

#### Диагностические ПФН

Процесс нагрузочного тестирования является обязательным элементом современной диагностики ИБС. При этом пациент выполняет нагрузочный тест по четко определенной схеме, постепенно увеличивая ФН. Однако в обыденной жизни подобные нагрузки отсутствуют. Поэтому были предложены диагностические пробы в виде случайно меняющихся (стохастических) нагрузок [9]. В связи с этим в кардиологической практике стали широко применять стресс-тесты с ДФН, т.е. нагрузкой, мощность которой может быть изменена в соответствии с определенными задачами исследования [10]. Под диагностическими тестами понимаются тесты, проводимые у лиц без диагностированной ранее ИБС. При этом пациенты могут иметь другие ССЗ, а пробы проводятся как на фоне приема кардиотропной терапии, так и на “чистом” фоне.

У больных ИБС тесты подразделяют на: пробы для оценки толерантности к физической нагрузке (ТФН), пробы при острых коронарных синдромах (ОКС) — ранние пробы при остром инфаркте миокарда (ИМ), нестабильной стенокардии. Пробы при ОКС делятся на субмаксимальные и симптом-ограниченные; они отличаются друг от друга сроками проведения, критериями прекращения, общей продолжительностью, предельной мощностью нагрузки и учетом утомляемости пациента.

Тесты для оценки реакции АД и ЧСС на нагрузку, для определения ТФН у лиц без установленной ранее ИБС, пробы с целью провокации нарушений ритма и проводимости проводятся аналогично диагностическим пробам.

В настоящее время ПФН проводят далеко не всем больным, а если и назначают, то исключительно для подтверждения диагноза ИБС [11-13]. В последние годы в некоторых кардиологических учреждениях больному ИБС при стабильном состоянии часто в первые дни и даже часы поступления сразу выполняют коронароангиографию (КАГ), а далее — в зависимости от результата этого исследования — назначается метод лечения: транслюминальная баллонная ангиопластика, коронарное стентирование, аортокоронарное шунтирование (АКШ) или консервативная терапия. В этих случаях трудно оценить в динамике функциональное состояние пациента до и после лечения. Ограниченное число стационаров, в которых возможно проведение этой сложной диагностической процедуры, определенный уровень их “пропускной” способности, а также необходимость госпитализации и большая стоимость исследования создают затруднения в осуществлении своевременного ее выполнения [14].

Однако по данным международного исследования АТР (Angina Treatment Pattern), проведенного в России в 2011г, КАГ выполняется у <10% больных, а частота процедур реваскуляризации миокарда не превышает 5% [14-16]. Между тем, в многочисленных, длительных, проспективных исследованиях было установлено, что у больных ИБС существует прямая связь между результатами нагрузочной пробы (НП) и вероятностью умереть или получить те или иные осложнения [2, 14, 17].

Если не принимать во внимание неопасные осложнения, то частота фатальных событий при проведении НП относительно невелика. Смертность при НП оценивается как один случай на 50 тыс. исследований. Однако частота нефатальных ИМ и желудочковых тахикардий остается достаточно высокой — один случай на 2 500 исследований (0,05%) [18]. В этой связи важно отметить, что к осложнениям НП относят события, произошедшие не позднее 24 ч от проведения стресс-теста [19, 20].

## Цели проведения НП

Показаниями к проведению НП являются:

- диагностика ИБС с выявлением ишемических изменений ЭКГ и определением ФК стенокардии напряжения по величине двойного произведения у лиц с типичным стенокардитическим или атипичным болевым синдромом, провоцируемым ФН;
- определение ТФН у здоровых лиц, спортсменов, пациентов с патологией органов дыхания, либо другой экстракардиальной патологией, особенно для оценки риска оперативного лечения или оценки трудоспособности;
- подбор антиангинальной терапии у пациентов с достоверно подтвержденным диагнозом ИБС (“парные” тесты с ФН). Парных ПФН также проводятся для оценки эффективности антиишемической терапии и реваскуляризационных вмешательств у пациентов с ИБС. Метод парных ПФН состоит в проведении двух тестов на велоэргометре или тредмиле на протяжении одного дня, до и после приема разных доз препарата, с применением идентичных критериев прекращения ФН; первое (контрольное) исследование проводят не менее чем через 2 ч после еды, до приема лекарственных препаратов, второе — на фоне их действия; выбирают время ожидаемого максимума действия изучаемого препарата, учитывая данные о его биодоступности и фармакокинетических особенностях; критерием эффективности средства по данным парных ПФН является прирост продолжительности нагрузки  $\geq 120$  с;
- оценка прогноза в раннем постинфарктном периоде (“ранние” тесты с ФН);
- провокация скрытых нарушений ритма, в т.ч. у лиц с имплантированным частотно-адаптивным электрокардиостимулятором; оценка эффективности антиаритмической терапии;
- ранняя диагностика ИБС у асимптоматичных пациентов с факторами риска: курение, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия и др.;
- для определения латентных форм артериальной гипертензии (АГ), реакции АД на ФН, нарушения адаптационно-метаболического генеза, проявляющиеся в виде признаков изменения фазы реполяризации;
- при ИБС для оценки адекватности антиангинальной терапии, эффективности реабилитационных мероприятий в постинфарктном периоде, экспертизе трудоспособности;
- для объективной оценки степени снижения ТФН при миокардиодистрофиях, постмиокардитическом кардиосклерозе;
- при приобретенных пороках сердца для контроля эффективности оперативного лечения по приросту ТФН в сравнении с дооперационными данными; для оценки эффективности операций реваскуляризации миокарда: АКШ и коронароангиопластики;



- для прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений в послеоперационном периоде у лиц пожилого возраста, т.е. оценка периоперационного риска;

- оценка физической работоспособности кардиологических больных и лиц с микстпатологией при направлении на медико-социальную экспертизу.

#### Диагностика ИБС

Золотым стандартом диагностики ИБС остается метод КАГ, однако ее стоимость относительно высока, и при ее проведении возможны различные осложнения, в т.ч. летальный исход (0,1-0,2%), нефатальный ИМ (0,1%), серьезные цереброваскулярные осложнения (0,1%), кровотечения (8,8%) [21-23]. Хорошо известно, что 19-57% больных ИБС в зависимости от популяционных особенностей [24] могут не иметь значимых ангиографических изменений коронарных артерий. КАГ ограничивается внутрисосудистым осмотром венечных сосудов. Отсутствие прямой визуализации стенок артерий не позволяет выявить ранние проявления атеросклероза еще до сужения просвета сосуда [25-28]. В связи с этим очевидна необходимость широкого использования в клинической практике эффективных неинвазивных методов диагностики поражений коронарных артерий, особенно на ранних стадиях их развития.

КАГ может быть методом первой линии лишь у больных с высокой предтестовой вероятностью значимого коронарного стеноза, с тяжелыми клиническими проявлениями болезни. Больные с промежуточной предтестовой вероятностью выраженного коронарного стеноза нуждаются в рентабельной и безопасной предварительной стратификации риска на основе неинвазивных технологий [29]. Наиболее распространенные, рутинные и дешевые методы, такие как ЭКГ и ЭхоКГ покоя, не обладают достаточной чувствительностью. ЭКГ покоя остается малоизмененной у ~50% больных хронической ИБС, даже во время эпизодов дискомфорта в грудной клетке [30]. В качестве методов, способных выполнять функции так называемых “привратников” — другие неинвазивные методы диагностики ИБС, предшествующие КАГ [24], в настоящее время используют тесты с ДФН под контролем ЭКГ, стресс ЭхоКГ, радиоизотопное исследование перфузии миокарда, а также оценку перфузии миокарда методом магнитно-резонансной томографии. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки.

Стресс ЭхоКГ предоставляет ценную дополнительную (по сравнению с ПФН) информацию о наличии, степени выраженности и локализации ишемии, но стоимость и сложность этого метода выше. Чувствительность, специфичность и диагностическая точность стресс ЭхоКГ колеблется в диапазоне 80-85%, при этом наибольшая чувствитель-

ность (>90%) — у больных с поражением трех сосудов, а наименьшая (~75%) — с поражением одного сосуда [31, 32]. Недостатки стресс ЭхоКГ: значительное число пациентов (8-10%) с плохим ультразвуковым окном, а также субъективность оценки нарушений сократимости.

ПФН на ВЭМ или тредмиле под контролем ЭКГ наиболее распространены, благодаря доступности и относительно небольшой стоимости исследования [33], однако их информативность остается невысокой: чувствительность составляет 45-68%, специфичность — 50-90% [31].

Стоимость сцинтиграфии миокарда, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и, особенно, позитронной эмиссионной томографии гораздо выше, чем ВЭМ [21]. Диагностическая точность радиоизотопного исследования, по одним публикациям сравнима с точностью стресс ЭхоКГ, по другим — это исследование обладает несколько более высокой чувствительностью [34]. Существенным недостатком метода служит использование источников ионизирующей радиации.

Поскольку ишемия миокарда, как сопровождающаяся стенокардией, так и бессимптомная, ухудшает прогноз, некоторые специалисты выступают за рутинную НП у больных ИБС. Всегда ли проведение ПФН необходимо для диагностики ИБС?

- ИБС ФК I — проведение теста обязательно: взрослые лица, включая пациентов с исходной полной блокадой правой ножки пучка Гиса на ЭКГ покоя или исходной депрессией сегмента ST <1 мм со средней предтестовой вероятностью ИБС, рассчитанной с учетом пола, возраста и клинических симптомов;

- ИБС ФК II — проведение теста необязательно, но информативно: стенокардия Принцметала; пациенты с высокой вероятностью ИБС, рассчитанной на основании пола, возраста и клинических симптомов. Пациенты с низкой вероятностью ИБС, рассчитанной на основании пола, возраста и клинических симптомов. Принимающие дигоксин пациенты с исходной депрессией сегмента ST <1 мм. Пациенты с ЭКГ-признаками гипертрофии левого желудочка при исходной депрессии сегмента ST <1 мм;

- ИБС ФК III — проведение теста необязательно и неинформативно: синдром предвозбуждения (WPW-синдром) — ритм постоянного желудочкового кардиостимулятора — исходная депрессия ST на 1 мм и > — полная блокада левой ножки пучка Гиса. Пациенты с доказанной ИБС (документированным ИМ или предшествующей КАГ, подтверждающей наличие значимого сужения коронарных артерий). Тестирование у этих пациентов может проводиться с целью стратификации риска и оценки прогноза [34, 35].

### Виды нагрузочных проб в зависимости от цели исследования

В зависимости от цели и задач исследования, различают следующие виды нагрузочных проб:

- субмаксимальный или максимальный диагностический тест для подтверждения или исключения ИБС;
- субмаксимальный или максимальный тест для определения ТФН;
- провокационный тест, для выявления скрытых нарушений ритма;
- многоцелевой тест с выбором приоритетной цели.

В настоящее время все используемые НП можно условно разделить на две группы:

1 группа — ЭКГ-тесты, провоцирующие ишемию: ВЭМ, тредмил-тест, кистевая изометрическая проба, информационная нагрузочная проба методом чреспищеводной электрокардиостимуляции, проба с изопроterenолом, дипиридамолом, эргометрином, добутамином;

2 группа — ЭКГ-пробы, (проба с предварительным назначением  $\beta$ -адреноблокаторов, хлорида калия, нитроглицерина, проба с гипервентиляцией и ортостатическая проба), позволяющие обнаружить дистрофию миокарда нейрогенного, эндокринного и обменного генезов, улучшающие функцию сердца.

ПФН имеют как положительные, так и отрицательные стороны. К **преимуществам** относятся:

- относительная простота проведения и доступность,
- оценка функционального статуса пациента,
- невысокая стоимость,
- физиологичность,
- возможность повторить ФН,
- точность установления дозированной мышечной работы,
- возможность регистрировать ЭКГ непосредственно в условиях выполнения ФН [36, 37],
- безопасность: риск смерти 0,005-0,01%, риск остановки сердца 0,02%, высокая чувствительность при поражении основного ствола левой коронарной артерии и трехсосудистом поражении [38].

#### Недостатки ПФН:

- низкая частота диагностики ИБС при однососудистом поражении,
- более низкая чувствительность и специфичность у женщин;
- более высокая чувствительность и низкая специфичность у пациентов пожилого возраста;
- необходимость достижения  $>85\%$  максимальной ЧСС для получения надежных результатов;
- невозможность локализации окклюзирующего поражения на основании депрессии сегмента  $\downarrow ST$  (топическая диагностика возможна только при elevации сегмента ST);

— технические погрешности: артефакты, смещение электродов, помехи, связанные с движением и дыхательными экскурсиями;

— неспособность некоторых пациентов выполнять дозированную ФН: детренированность, наличие сопутствующих заболеваний, выраженная дыхательная недостаточность, ортопедические дефекты. Пациентам, неспособным выполнить нагрузочный тест из-за физических ограничений, таких как ограниченная физическая способность, артрит, ампутация, тяжелые заболевания периферических сосудов или тяжелые хронические обструктивные заболевания легких, следует рекомендовать фармакологические стресс-тесты в сочетании с визуализацией миокарда [36, 37].

#### Чувствительность и специфичность ПФН

При любом неинвазивном диагностическом тесте в анализ данных вносится доля субъективизма. Для окончательной верификации диагноза ИБС используется метод КАГ. КАГ относится к инвазивным методам, и в диагностике ИБС не применяется так широко, как ПФН. Исходя из исследований большого количества больных, у которых были использованы оба метода, можно судить о “чувствительности” и “специфичности” ПФН по которым оцениваются диагностические возможности тестирования. Чувствительность определяется процентом истинно положительных тестов у больных с коронарным атеросклерозом, подтвержденным КАГ. Специфичность определяется процентом истинно отрицательных тестов среди здоровых лиц с непораженными коронарными артериями, что подтверждается данными КАГ.

Положительная прогностическая ценность ПФН указывает на вероятность ИБС у лиц с положительным результатом теста. Положительная прогностическая ценность ПФН обратно пропорциональна количеству ложноположительных тестов. Чем меньше ложноположительных тестов, тем выше прогностическая ценность пробы для диагностики ИБС.

Отрицательная прогностическая ценность ПФН указывает на вероятность отсутствия ИБС у лиц с отрицательным результатом пробы. Чем меньше ложноотрицательных результатов, тем выше отрицательная прогностическая ценность теста в плане отсутствия ИБС.

Для подтверждения наличия заболевания необходим тест с высокой специфичностью, а при скрининге или для исключения вероятности наличия заболевания у конкретного пациента необходим тест с высокой чувствительностью. Чувствительность и специфичность ПФН определяются целым рядом факторов, в частности, особенностями контингента обследуемых, методом проведения, принятыми критериями прекращения ПФН и оценкой результатов исследования. По данным различных авторов, чувствительность ПФН составляет 68-85%, а специфичность — 80-88% [39, 40].

## Виды проб с ДФН

В настоящее время широкое распространение получили пробы с ДФН. Их проводят, используя ряд методов. Эти методы неравнозначны как в плане получения результатов тестирования, так и по переносимости их пациентами. Известны следующие виды проб с ДФН:

— Степ-тест (проба Мастера), метод, стандартизированный по ФН, с использованием двух ступенек высотой 22,5 см.

— Работа ВЭМ базируется на принципе изменения сопротивления к педалированию, что обеспечивает достоверный контроль уровня выполненной ФН. Все ВЭМ запрограммированы таким образом, что задаваемая мощность обеспечивается при режиме педалирования 60 оборотов в мин. ВЭМ — метод с постоянно возрастающей ступенчатой функциональной нагрузкой, которая задается больному, находящемуся в сидячем или лежащем положении на специально оборудованном ВЭМ.

— Тредмил — бегущая дорожка с меняющимся углом подъема.

В отличие от ВЭМ, тредмил позволяет дозировать нагрузку путем изменения скорости движения и угла наклона подвижного полотна. Наиболее часто в практике спортивной медицины используется тредмил-тест, который позволяет выявить

возможные нарушения ритма и ишемию миокарда на фоне максимальных нагрузок. Название “тредмил” происходит от английского глагола “to tread” — шагать, опускать ногу и существительного “mill” — мельница; в средние века тюремных узников заставляли приводить в движение механизм мельницы, наступая на ступени большого колеса.

В оценке информативности любого диагностического теста основными критериями считаются его чувствительность и специфичность, которые определяют, насколько эффективно проба отделяет субъектов с патологией от здоровых лиц, т.е. насколько хорошо тест позволяет диагностировать заболевание или его отсутствие. Мета-анализ 147 опубликованных исследований, включавший 24074 пациентов, которые перенесли и КАГ и НП, показал широкую вариабельность параметров чувствительности и специфичности со средними показателями  $68\% \pm 16\%$  и  $77\% \pm 17\%$ , соответственно [17], при этом считается, что тредмил и ВЭМ обладают одинаковыми показателями чувствительности и специфичности [41].

**Благодарности.** Выражаем благодарность Научному сотруднику отдела профилактической фармакотерапии ГНИЦПМ Суворову А. Ю. за оказанную техническую поддержку в оформлении статьи.

## Литература

1. Marcevic SJu, Zagrebel'nyj AV, Kutishenko NP, et al. Asymptomatic myocardial ischemia: the possibility of misdiagnosis. Ter Arch 1999; 12: 11-3. Russian (Марцевич С.Ю., Загребельный А.В., Кутищенко Н.П. и др. Бессимптомная ишемия миокарда: возможность ошибочной диагностики. Тер архив 1999; 12: 11-3).
2. Grigor'janc R.A., Lupanov V.P., Hadarcev A.A. Diagnosis, treatment and prognosis of patients with coronary heart disease. Tula: Research Institute of new medical technologies, TPPO, 1996; 327 p. Russian (Григорьянц Р.А., Лупанов В.П., Хадарцев А.А. Диагностика, лечение и прогноз больных ишемической болезнью сердца. Тула, НИИ новых медицинских технологий, ТППО, 1996; 327 с).
3. Kovalenko VN. Manual of Cardiology. Kiev: Morion, 2008; 1404 p. Russian (Коваленко В.Н. Руководство по кардиологии. Киев: Морион, 2008; 1404 с).
4. Orlov RS, Nozdrachjov AD. Normal physiology: a textbook. 2nd ed. Moscow: GEOTAR Media, 2010; 832 p. Russian (Орлов Р.С., Ноздрачев А.Д. Нормальная физиология: учебник. 2-е издание. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010; 832 с).
5. Orlova AF, Lejtes IV, Chernikova IV. Exercise test. Toolkit for veloergometry. Barnaul, 2002; 37 p. Russian (Орлова А.Ф., Лейтес И.В., Черникова И.В. Пробы с физической нагрузкой. Методическое пособие по велоэргометрии. Барнаул, 2002; 37 с).
6. Russell SD. New York Heart Association functional class predicts exercise parameters in the current era Am Heart J 2009; 158; 4: 24-30.
7. Lucien C. Grading of angina pectoris. Circulation 1976; 54: 523.
8. Goldman L, Hashimoto B, Cook EF, et al. Comparative reproducibility and validity of systems for assessing cardiovascular functional class: advantages of a new specific activity scale. Circulation 1981; 64(6): 1227-34.
9. Sidorenko GI, Frolov AV, Kotova OV, et al. A new functional load (stochastic) sample and its potential applications. Cardiologia 2004; 1:14-9. Russian (Сидоренко Г.И., Фролов А.В., Котова О.В., и др. Новая функциональная нагрузочная (стохастическая) проба и перспективы ее применения. Кардиология 2004; 1: 14-9).
10. Tavorovskaja TV. Veloergometry. St. Petersburg: St. Petersburg, 2007. 138 p. Russian (Тавровская Т.В. Велоэргометрия. СПб: СПб, 2007; 138 с).
11. Lupanov VP. Functional load tests in the diagnosis of coronary heart disease. The Heart 2002; 1; 6: 294-305. Russian (Лупанов В.П. Функциональные нагрузочные пробы в диагностике ишемической болезни сердца. Сердце 2002; 1; 6: 294-305).
12. Beatty AL, Spertus JA, Whooley MA. Frequency of angina pectoris and secondary events in patients with stable coronary heart disease (from the Heart and Soul Study). Chest 2001; 119; 3: 907-25.
13. Marcevic SJu. Debuts of coronary heart disease: a strategy for the diagnosis and treatment strategy. Cardiovascular Therapy and Prevention 2002; 1: 76-83. Russian (Марцевич С.Ю. Дебюты ишемической болезни сердца: стратегия диагностики и тактика лечения. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2002; 1: 76-83).
14. Lupanov V P. Prognostic indices and predictors of myocardial electrical instability in the test with physical activity in patients with coronary heart disease. Cardiovascular Therapy and Prevention 2006; 5(5):35-44. Russian (Лупанов В.П. Прогностические индексы и предикторы электрической нестабильности миокарда при пробе с физической нагрузкой у больных ишемической болезнью сердца. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2006; 5(5): 35-44).
15. Oganov RG, Pozdnjakov JuM, Karpov JuA. New approaches to the treatment of patients with stable coronary heart disease. Cardiologia 2004; 10: 95-101. Russian (Оганов Р.Г., Поздняков Ю.М., Карпов Ю.А. Новые подходы к лечению больных стабильной ишемической болезнью сердца. Кардиология 2004; 10: 95-101).
16. Pogossova GV, Oganov RG, Koltunov IE, et al. Monitoring of secondary prevention of coronary heart disease in Russia and Europe: results of an international multicenter study EUROASSIRE III. Cardiologia 2011; 1:34-40. Russian (Погосова Г.В., Оганов Р.Г., Колтунов И.Е. и др. Мониторинг вторичной профилактики ишемической болезни сердца в России и странах Европы: результаты международного многоцентрового исследования EUROASSIRE III. Кардиология 2011; 1: 34-40).
17. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC / AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). Circulation 2002; 106; 14: 1883-92.
18. Tavel ME. Stress testing in cardiac evaluation: current concepts with emphasis on the ECG. Chest 2001; 119; 3: 907-25.
19. Aronov DM, Lupanov VP. Functional tests in cardiology. Moscow: MEDpress-inform, 2002. 295 p. Russian (Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. Москва: МЕДпресс-информ, 2002; 295 с).

20. Pina IL, Balady GJ, Hanson, et al. Guidelines for clinical exercise testing laboratories. A statement for healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association. *Circulation* 1995; 91; 3: 912-21.
21. May O, Schlosser H, Skytte L. A high blood pressure predicts bleeding complications and a longer hospital stay after elective coronary angiography using the femoral approach. *J Interv Cardiol* 2009; 22; 2: 175-8.
22. RCSS. Diagnosis and treatment of stable angina. Russian recommendations. Moscow, 2004. 28 p. Russian (ВНОК. Диагностика и лечение стабильной стенокардии. Российские рекомендации. Москва, 2004; 28 с).
23. Gajsjonok OV, Marcevic SJu. Determination of indications for coronary angiography in patients without clinical manifestations of the disease and patients with stable angina *Cardiologia* 2014; 10: 57-61. Russian (Гайсёнок О.В., Марцевич С.Ю. Определение показаний к проведению коронарографии у пациентов без клинических проявлений заболевания и больных со стабильной стенокардией. *Кардиология* 2014; 10: 57-61).
24. Kemp HG, Kronmal RA, Vlietstra RE, et al. Seven year survival of patients with normal or near normal coronary arteriograms: a CASS registry study. *JACC* 1986; 7; 3: 479-83.
25. Rodenwaldt J. Multislice computed tomography of the coronary arteries. *Eur Radiol* 2003; 13(4): 748-57.
26. Kopp AF, Ohnesorge B, Becker C, et al. Reproducibility and accuracy of coronary calcium measurements with multi-detector row versus electron-beam CT. *Radiology* 2002; 225; 1: 113-9.
27. Schroeder S, Flohr T, Kopp AF, et al. Accuracy of density measurements within plaques located in artificial coronary arteries by X-ray multislice CT: results of a phantom study. *J Comput Assist Tomogr* 2001; 25; 6: 900-6.
28. Becker CR, Knez A, Ohnesorge B, et al. Visualization and quantification of coronary calcifications with electron beam and spiral computed tomography. *Eur Radiol* 2000; 10; 4: 629-35.
29. Gershlick AH, de Belder M, Chambers J, et al. Role of non-invasive imaging in the management of coronary artery disease: an assessment of likely change over the next 10 years. A report from the British Cardiovascular Society Working Group. *Heart* 2007; 93; 4: 423-31.
30. Elveback LR, Connolly DC, Melton LJ. Coronary heart disease in residents of Rochester, Minnesota. VII. Incidence, 1950 through 1982. *Mayo Clin Proc* 1986; 61; 11: 896-900.
31. Lutaj MI, Nemchina EA, Cyzh AV. Diagnostic value of stress echocardiography with dobutamine for the determination of coronary heart disease. *Ukr kardiolog Zh* 2006; 6: 8-15. Russian (Лутай М.И., Немчина Е.А., Цыж А.В. Диагностическая значимость стресс-эхокардиографии с добутином для определения ишемической болезни сердца. *Укр кардіол журн* 2006; 6: 8-15).
32. Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JR. Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography. *JACC* 1997; 30; 3: 595-606.
33. Baer FM. [Stress-ECG is adequate to detect myocardial ischemia: when are additional diagnostic tests needed?]. *Dtsch Med Wochenschr* 2007; 132; 39: 2026-30.
34. Rocchi G, Fallani F, Bracchetti G, et al. Non-invasive detection of coronary artery stenosis: a comparison among power-Doppler contrast echo, 99Tc-Sestamibi SPECT and echo wall-motion analysis. *Coron Artery Dis* 2003; 14; 3: 239-45.
35. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC / AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *JACC* 2002; 40; 8: 1531-40.
36. Lupanov VP. Algorithm for non-invasive diagnosis of coronary heart disease. Comparative evaluation of functional tests. Russian honey. the magazine 2004; 12: 718-20. Russian (Лупанов В.П. Алгоритм неинвазивной диагностики ишемической болезни сердца. Сравнительная оценка функциональных проб. *Русский мед ж* 2004; 12: 718-20).
37. Lupanov VP. Comparison of electrocardiographic stress tests and other modern instrumental methods in assessing the effectiveness of percutaneous coronary intervention and detection of restenosis. *Ter Arch* 2010; 4: 67-73. Russian (Лупанов В.П. Сравнение электрокардиографических нагрузочных проб и других современных инструментальных методов в оценке эффективности чрескожных коронарных вмешательств и выявлении рестеноза. *Тер архив* 2010; 4: 67-73).
38. Froelicher VF, Lehmann KG, Thomas R, et al. The electrocardiographic exercise test in a population with reduced workup bias: diagnostic performance, computerized interpretation, and multivariable prediction. Veterans Affairs Cooperative Study in Health Services # 016 (QUEXTA) Study Group: Quantitati. *Ann Intern Med* 1998; 128; 12: 965-74.
39. Armstrong WF. Treadmill exercise echocardiography: methodology and clinical role. *Eur Heart J* 1997; 18 Suppl D:D2-D8.
40. Abrams J. Chronic Stable Angina *N Engl J Med* 2005; 352; 24: 2524-33.
41. Kuzhel' DA, Matjushin GV, Savchenko EA, et al. Stress tests in cardiology: security in the conduct and interpretation of results (Tutorial for postgraduate medical education). Krasnoyarsk: KrasGMU, 2009; 114 p. Russian (Кужель Д.А., Матюшин Г.В., Савченко Е.А. и др. Нагрузочные пробы в кардиологии: обеспечение безопасности при проведении и интерпретация результатов (учебное пособие для последипломного образования врачей). Красноярск: КрасГМУ, 2009; 114 с).