
НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ В АРИТМОЛОГИИ

Бернгардт Э. Р., Жабина Е. С., Трешкур Т. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр
имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Жабина Екатерина Сергеевна,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: zhabina-ekaterina@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 17.04.2019
и принята к печати 01.06.2019.*

Резюме

В обзоре представлен анализ литературных данных о применении проб с физической нагрузкой у пациентов с нарушениями ритма и проводимости, такими как: дисфункция синусового узла, атриовентрикулярные блокады, феномен WPW, фибрилляция предсердий, каналопатии. Показана ценность клинических и электрокардиографических показателей, регистрирующихся во время пробы с физической нагрузкой, для верификации диагноза и определения тактики ведения пациента. Также приведены клинические примеры из собственной практики.

Ключевые слова: проба с физической нагрузкой, желудочковые аритмии, ишемическая болезнь сердца, клинические и электрокардиографические характеристики, WPW-синдром, синдром удлиненного интервала QT, дисфункция синусового узла, АВ-блокада, фибрилляция предсердий, синдром Бругада, аритмогенная дисплазия/кардиомиопатия правого желудочка, автономная нервная система, провоцирующие факторы.

Для цитирования: Бернгардт Э.Р., Жабина Е.С., Трешкур Т.В. Нагрузочные пробы в аритмологии. Трансляционная медицина. 2019;6(3):5–14.

EXERCISE STRESS TESTS IN ARRHYTHMOLOGY

Berngardt E. R., Zhabina E. S., Treshkur T. V.

Almazov National Medical Research Centre,
Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Zhabina Ekaterina S.,
Almazov National Medical Research Centre,
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia,
197341.
E-mail: zhabina-ekaterina@mail.ru

Received 17 April 2019;
accepted 01 June 2019.

Abstract

The review presents an analysis of literature data on the use of exercise stress tests in patients with disorders of heart rhythm and conduction, such as sinus node dysfunction, atrioventricular blockade, WPW-phenomenon, atrial fibrillation, canalopathy. The value of clinical and electrocardiographic parameters registered during the exercise stress tests for verification of the diagnosis and determination of the patient management tactics is shown. Clinical examples from own practice are given.

Key words: exercise stress test, ventricular arrhythmias, ischemic heart disease, clinical and electrocardiographic characteristics, WPW-syndrome, long QT syndrome, sinus node dysfunction, AV blockade, atrial fibrillation, Brugada syndrome, arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy, autonomic nervous system, triggers.

For citation: Berngardt ER, Zhabina ES, Treshkur TV. Exercise Stress Tests in Arrhythmology. Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine. 2019;6(3):5–14. (In Russ.)

Список сокращений: ААП — антиаритмические препараты; АВ — атриовентрикулярный; АД — аритмогенная дисплазия; АНС — автономная нервная система; ДПП — дополнительный путь проведения; ЖТ — желудочковая тахикардия; ЖА — желудочковые аритмии; ЖЭК — желудочковые эктопические комплексы; ИБС — ишемическая болезнь сердца;

КПЖ — кардиомиопатия правого желудочка; ЛНПГ — левая ножка пучка Гиса; СУ — синусовый узел; ФН — физическая нагрузка; ФП — фибрилляция предсердий; ХМ — холтеровское мониторирование; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЭКГ — электрокардиограмма; ЭКС — электрокардиостимулятор; ЭФИ — электрофизиологическое исследование.

*«Если ошибок нет в диагностике,
то их не может быть и в лечении»
Древняя китайская мудрость*

В диагностике аритмий и блокад ведущим методом является электрокардиография (ЭКГ). Холтеровское мониторирование (ХМ), в том числе многосуточное телемониторирование, имплантируемые ЭКГ-регистраторы значительно расширили ее диагностические возможности [1]. Что касается проб с ФН при аритмиях, то они используются

редко, хотя информация, которую можно получить при этом может быть ценна как в плане диагностики, так и в плане определения тактики ведения пациента. Обоснованием применения физической нагрузки (ФН) в качестве провоцирующего фактора является ее физиологический характер воздействия на организм [2].

Цель нашей работы состоит в попытке объединить разрозненные литературные данные о применении проб с ФН у пациентов с аритмиями и нарушением проводимости, таких как: дисфункция синусового узла (СУ), атриовентрикулярные (АВ) блокады, феномен WPW, фибрилляция предсердий (ФП), каналопатии, а также разобрать сложности в трактовке аритмий и нарушений проводимости, случайно выявленных в ходе физического тестирования, которые, как находка, не всегда интерпретируются должным образом.

Дисфункция СУ

Хронотропная недостаточность является одним из основных клинически важных проявлений нарушения функции СУ. Проба с ФН в ряде случаев помогает решить вопрос о необходимости имплантации электрокардиостимулятора (ЭКС). По результатам пробы с ФН вычисляют хронотропный индекс, отражающий соответствующую функцию сердца, который, в свою очередь, представляет собой отношение разности между пиковой частотой сердечных сокращений (ЧСС) на максимуме нагрузки и ЧСС покоя (хронотропный ответ) к разности между предсказанной по возрасту максимальной ЧСС, вычисляемой по формуле $(220 - \text{возраст})$ и ЧСС покоя (хронотропный резерв) [3]. Полагают, что в норме величина хронотропного индекса $\geq 80\%$. Однако оценка хронотропной недостаточности по хронотропному индексу лимитирована ситуациями, когда проба прекращается до момента достижения субмаксимальной ЧСС, например, в связи с развитием ишемии миокарда, значимого подъема артериального давления, выраженной одышки или неспособности больного продолжать нагрузку вследствие физической усталости и др. В таких случаях проводится электрофизиологическое исследование (ЭФИ) [3]. Проведение ЭФИ показано пациентам с подозрением на синдром слабости СУ, у которых не удалось документировать связь симптомов с ЭКГ-признаками [4].

Итак, проведение пробы с ФН оправдано особенно у пациентов с симптомами, связанными с нагрузкой [5]. Адекватный ответ ЧСС на ФН делает диагноз синдрома слабости СУ маловероятным, а дополнительное обследование (ЭФИ, тилт-тест и пр.) — нецелесообразным.

АВ-блокады

ХМ является основным диагностическим методом, но именно проба с ФН у пациентов с нарушениями АВ-проводимости позволяет определить как характер, так и локализацию блокады. У людей, ведущих активный образ жизни или участвующих

в соревновательных видах спорта с блокадами различной степени, появляются дополнительные задачи пробы с ФН. Так, в случаях полной врожденной АВ-блокады в ходе теста оценивается адекватность и стабильность замещающего ритма, особенно при определении показаний для имплантации ЭКС [6]. У лиц молодого возраста со значимой АВ-блокадой I степени или АВ-блокадой II степени I типа нагрузочное тестирование также показано для решения вопроса о возможности участия в спортивных соревнованиях [6]. Кроме того, пробы с нагрузкой позволяют обнаружить скрытые нарушения АВ-проведения, частотнозависимые блокады, а также появление желудочковых аритмий (ЖА), которые могут явиться неблагоприятным прогностическим фактором [6, 7]. Особенно ценным представляется проведение пробы пациентам, у которых симптомы связаны с ФН. Приводим клинический пример пациента, 32 года, с идиопатической АВ-блокадой I степени, которого в последние 2,5 года беспокоят сердцебиение и предобморочные состояния во время ФН. На ЭКГ в покое и при ХМ регистрировались преимущественно АВ-блокада I степени, участки интермиттирующей АВ-блокады II степени типа I (6:5, 5:4, 4:3). При выполнении велоэргометрии АВ-блокада I степени не прогрессировала (рис. 1). При ЧСС 142 в 1 мин наблюдался «перепрыгивающий» Р, а в восстановительном периоде долго сохранялся «Р в Т». (АВ-блокада I степени проявляется на ЭКГ удлинением интервала PQ (PR), причем за каждым зубцом Р следует проведенный комплекс QRS. В некоторых случаях при значительном удлинении интервала PQ (в зависимости от частоты ритма) зубец Р может «прятаться» в предшествующем зубце Т, комплексе QRS или даже перед QRS, т.е. «перепрыгивать» — это так называемый P-skipped).

Толерантность к нагрузке была снижена из-за общей слабости. Ощущение «неприятных сердцебиений» во время нагрузочной пробы было отмечено пациентом с того момента, когда зубец Р «спрятался» в зубце Т и предсердия стали сокращаться в период замкнутых АВ-клапанов. Сопоставление жалоб пациента с ЭКГ-картиной дало возможность определить причину плохого самочувствия. (Гемодинамическая значимость АВ-блокады I степени, как было указано выше, обусловлена тем, что систола предсердий приходится на период замкнутых АВ-клапанов. В этой ситуации АВ-блокада I степени может вызывать появление симптоматики, которую иногда описывали как «псевдосиндром ЭКС». Симптомы (обмороки, слабость, головокружение, снижение артериального давления и т. д.) обусловлены сбли-

жением предсердной систолы с предшествующим желудочковым сокращением — ситуации, аналогичной ретроградному проведению). Отсутствие прогрессирования АВ-блокады при ФН свидетельствовало о проксимальном уровне и не требовало дополнительного ЭФИ.

Как упоминалось выше, прогрессирующее ухудшение АВ-проводения при нагрузке наблюдается у пациентов с дистальными АВ-блокадами, и проба с ФН в ряде случаев помогает определить локализацию АВ-блокады [8–11]. Дело в том, что существует различная чувствительность клеток АВ-узла и структур Гиса–Пуркинье к симпатическим влияниям. В ответ на выброс катехоламинов проводимость в АВ-узле улучшается, а в системе Гиса–Пуркинье не меняется. Еще большую уверенность в дистальном характере АВ-блокады придает ее появление при ФН на фоне уже имеющегося нарушения внутрижелудочкового проведения — блокады левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ) и передне-верхнего разветвления ЛНПГ. Дистальные АВ-блокады служат показанием к имплантации ЭКС. Нарушения проведения могут наблюдаться как на фоне ишемических изменений (что чаще), так и без них [9].

Синкопальные состояния, связанные с ФН, могут встречаться при нарушениях синоатриальной и АВ-проводимости. В этих случаях проба с ФН играет ключевую диагностическую роль. При этом следует отметить, что у тех пациентов, синкопальные состояния которых не ассоциированы с нагруз-

кой, результативность пробы, даже при условии подключения к ней кардиовизуализирующих методов, остается невысокой [12].

Внутрижелудочковые блокады

Интерпретация появившихся нарушений внутрижелудочковой проводимости во время пробы с ФН является существенной проблемой. Особенно, когда нарушения возникают при высокой ЧСС, имитируя «тахикардию с широкими QRS», которая служит относительным показанием к прекращению пробы и требует дальнейшего диагностического поиска. Так, по данным К. J. Vogan и соавторов (1983), при сопоставлении 2200 нагрузочных ЭКГ с результатами кардиовизуализирующих стресс-тестов выяснилось, что нарушения внутрижелудочкового проведения в ходе нагрузочной пробы достаточно редко были связаны с миокардиальной ишемией. Однако у тех 10 (0,45 %) пациентов с внутрижелудочковыми блокадами, спровоцированными ФН, и признаками ишемии при коронароангиографии был выявлен значительный стеноз левой передней нисходящей артерии [13]. Следовательно, внутрижелудочковые блокады, возникающие в ходе ФН, требуют особого внимания.

В то же время имеются данные о том, что появление блокады ЛНПГ при ЧСС менее 125 в 1 мин чаще ассоциируется с ишемической болезнью сердца (ИБС), а более 125 в 1 мин — с нормальными коронарными артериями [14].

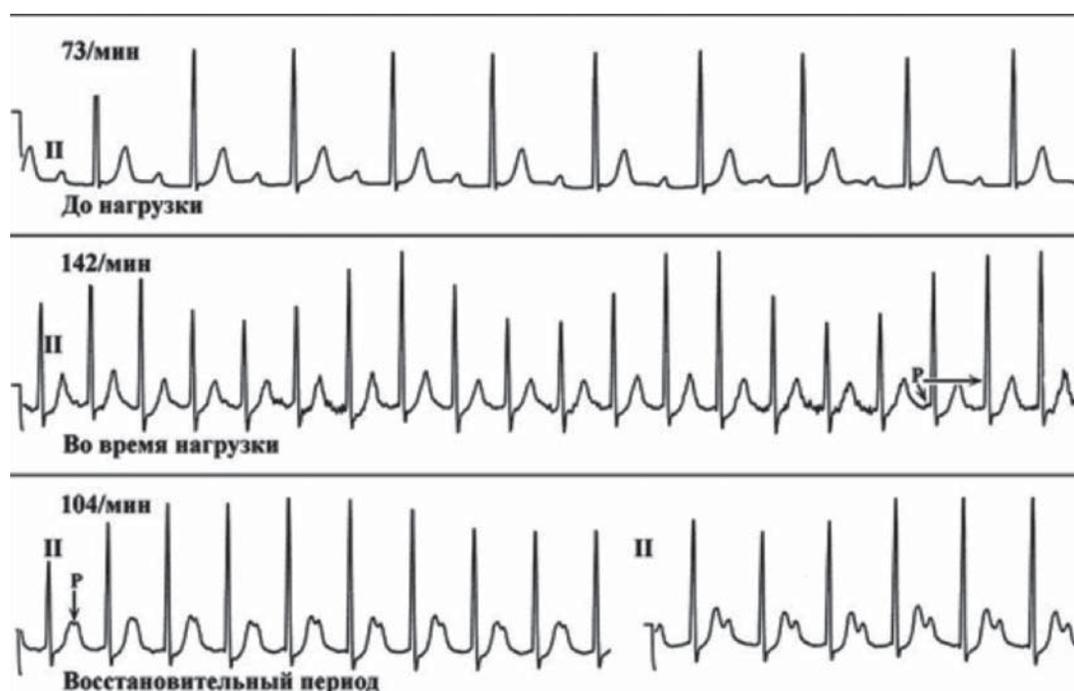


Рис. 1. «Перепрыгивающий» зубец Р при выполнении пробы с ФН пациента, 32 года, с явлениями пресинкопе во время ФН

Феномен WPW

Проба с ФН показана всем пациентам с признаками WPW вне зависимости от того, имеются ли у них симптомы или нет [15]. Исчезновение признаков предэкситации в ходе нагрузочной пробы является косвенным показателем продолжительности рефрактерного периода дополнительного пути проведения (ДПП) — чем меньше ЧСС, при которой предвозбуждение перестает регистрироваться, тем длиннее рефрактерный период ДПП [16]. Поведение дельта-волны в ходе нагрузки зависит от симпатических влияний на проводимость как АВ-узла, так и ДПП. Ускорение проведения в АВ-узле при более высоком уровне нагрузки может нивелировать предвозбуждение при левостороннем ДПП [17]. С Daubert и соавторы (1988) пришли к выводу, что только внезапное исчезновение признаков предвозбуждения в ходе ФН указывает на удлинённый антероградный рефрактерный период ДПП [18]. Примерно 8–10 % пациентов на пробе с ФН «теряют» дельта-волну и не нуждаются в дальнейших обследованиях (рис. 2) [19].

У пациентов с синдромом WPW получение данных о рефрактерности ДПП является особенно актуальным из-за высокого риска развития фибрилляции желудочков в случае возникновения ФП [20]. В проспективном исследовании у взрослых пациентов признаки предэкситации, сохраняющиеся в ходе пробы с ФН, с высокой степенью чувствительности (96 %), но с низкой специфичностью (17 %), связаны с уменьшением самого короткого R-R интервала с признаками предэкситации в комплексах при ФП [21]. Есть данные о том, что R-R интервал в пределах 220–250 мс и особенно менее 220 мс чаще наблюдался у пациентов с синдромом WPW, переживших остановку сердца [22, 23].

Фибрилляция предсердий

Проба с ФН у больного ФП проводится по определенным показаниям [24]. Во-первых, при подозрении на ИБС и планировании терапии антиаритмическими препаратами (ААП) IC класса. Во-вторых, она используется для оценки адекватности контроля частоты желудочковых сокращений у пациентов с постоянной или персистирующей ФП (как правило, ограничивается значениями 90–115 в 1 мин в ходе умеренной ФН). Наконец, она оправдана для провокации ФП у пациентов с подозрением на пароксизмы, индуцируемые нагрузкой. Особенно это касается больных с признаками WPW и приступами «сердцебиения». В этой связи следует иметь в виду, что у лиц с ДПП довольно часто наблюдается ФП, которая в таком сочетании может иметь неблагоприятный прогноз.

Синдром удлинённого интервала QT

Превышение нормальных значений длительности интервала QT является ведущим диагностическим критерием синдрома удлинённого интервала QT [25]. У пациентов в зависимости от типа синдрома наблюдается разная реакция интервала QT на нагрузку. Недостаточное уменьшение интервала или даже его парадоксальное увеличение характерно для носителей мутации, характерной для 1 типа синдрома (KCNQ1). При 2 и 3 типах синдрома и носителей мутаций (KCNH2, SCN5A соответственно) длительность интервала QT в ответ на нагрузку уменьшается, при этом более значимо у лиц с 3 типом [26]. Проба с ФН у пациентов с этой патологией помогает выявить и другие показатели, имеющие диагностическую ценность, например хронотропную недостаточность, альтернацию зубца T, желудочковую тахикардию (ЖТ).

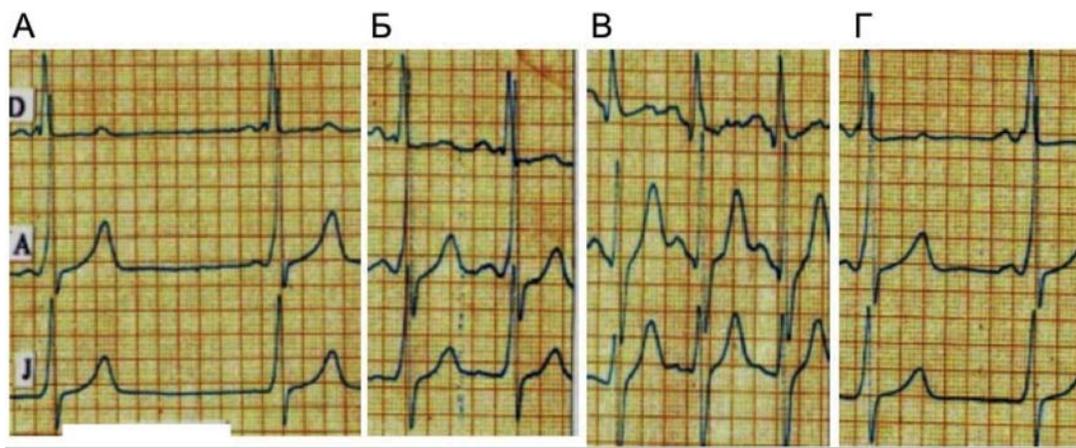


Рис. 2. Фрагменты ЭКГ во время нагрузочной пробы пациента с феноменом WPW:

А — до ФН (наличие феномена WPW); Б — 1-я ступень велоэргометрии, признаки предэкситации сохраняются; В — 2-я ступень, при ЧСС 150 в 1 мин признаки предэкситации исчезли; Г — в восстановительном периоде ЭКГ вернулась к исходной (феномен WPW)

Вследствие того, что измерение интервала QT во время ФН затруднено, предложены способы его оценки в восстановительную фазу теста. Такой подход особенно полезен, когда у пациента «нормальная» ЭКГ в покое [27]. В этом случае измерение QT проводится на 3-й мин восстановительного периода, а увеличение этого значения более чем на 30 мс расценивается как диагностически значимое [28].

Основной задачей теста с ФН у пациентов, принимающих бета-адреноблокаторы в связи с данным синдромом, является оценка их влияния на снижение ЧСС и эффективность подавления ЖА при максимальной ФН.

Синдром Бругада

При синдроме Бругада данные теста с ФН позволяют в некоторых случаях дифференцировать истинные изменения с бругадоподобными, которые встречаются при другой патологии и применении ряда лекарственных средств [29]. Так, исчезновение/уменьшение элевации ST на высоте ФН с возобновлением ее сразу после нагрузки больше характерно для истинного синдрома Бругада [30, 31]. В некоторых же случаях (обычно у носителей мутации SCN5A), элевация сегмента ST наиболее ярко проявляется на высоте нагрузки [30].

Данных проб с ФН при этом синдроме явно недостаточно, они носят противоречивый характер, а в диагностически сложных случаях возможно прибегнуть к фармакологическим провокационным тестам с блокаторами Na-каналов [32].

Катехоламинергическая полиморфная желудочковая тахикардия

При катехоламинергической полиморфной желудочковой тахикардии проба с ФН является наиболее надежным методом диагностики (класс показаний 1; А) [33]. Заболевание диагностируется у молодых пациентов без структурных изменений сердца с «нормальной» ЭКГ покоя, но с двунаправленной ЖТ или полиморфными желудочковыми эктопическими комплексами (ЖЭК)/ЖТ, возникающими при ФН [34]. Мономорфные ЖЭК закономерно появляются с момента ФН, а порог значения ЧСС, при которых они возникают, индивидуальный (обычно от 110 до 130 в 1 мин). С ростом ЧСС увеличивается количество полиморфных ЖЭК вплоть до двунаправленной или полиморфной ЖТ. С прекращением ФН аритмия постепенно исчезает. У пациентов с диагностированной катехоламинергической полиморфной желудочковой тахикардией проба с ФН должна присутствовать в протоколе динамического наблюдения за пациентом с целью

коррекции дозы бета-адреноблокаторов и для определения порога той ЧСС, при которых появляются ЖЭК. Основная рекомендация пациенту по результатам пробы с ФН — не достигать пороговой ЧСС в его повседневной жизни. Необходимо помнить, что регистрация парных и высококомплексных ЖЭК при ФН связана с высоким риском последующих аритмических событий и предполагает интенсификацию терапии (флекаинид, имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор, левосторонняя симпатическая денервация) [35].

Аритмогенная дисплазия / кардиомиопатия правого желудочка (АД/КПЖ)

При АД/КПЖ чаще наблюдается мономорфная ЖТ с комплексами по типу блокады ЛНПГ. Тест с ФН рекомендован пациентам с АД/КПЖ с целью выявления стресс-индуцированной ЖА/ЖТ, которая встречается при этом заболевании. Следует отметить, что у больных с установленным диагнозом АД/КПЖ, несмотря на лечение, продолжают регистрироваться ЖЭК, и их количество довольно вариативно от теста к тесту с ФН [36]. Такая значительная вариабельность ЖА затрудняет использование данных проб с ФН в риск-стратификации пациентов при этом заболевании [37].

При АД/КПЖ с десмосомными мутациями ЖА чаще выявляются именно в ходе пробы с ФН [38, 39]. Индуцированные нагрузкой и прогрессирующие по сложности мономорфные ЖЭК могут указывать на возможную АД/КПЖ и дальнейший диагностический поиск в этом направлении.

Нагрузочные тесты при ЖА

Главной задачей нагрузочной пробы в отношении ЖА является оценка «поведения» аритмии во время ФН с целью дальнейшей стратификации степени риска развития жизнеугрожающих ЖА. Так, положительная проба с ФН при возникновении или усугублении ЖА на фоне ишемических изменений ЭКГ свидетельствует об ишемическом ее характере. В сомнительных случаях необходимо подключение дополнительных исследований (например, стресс-эхокардиографии, радионуклидных методов, магнитно-резонансной томографии и др.) [2].

После исключения ишемической природы нагрузочной ЖА в качестве возможной причины необходимо продолжить диагностический поиск патологии, которая может иметь непосредственную связь с аритмией. В любом случае анализ желудочковой эктопической активности не может рассматриваться в отрыве от участия в аритмогенезе автономной нервной системы (АНС), важнейшего компонента «треугольника взаимоотношений:

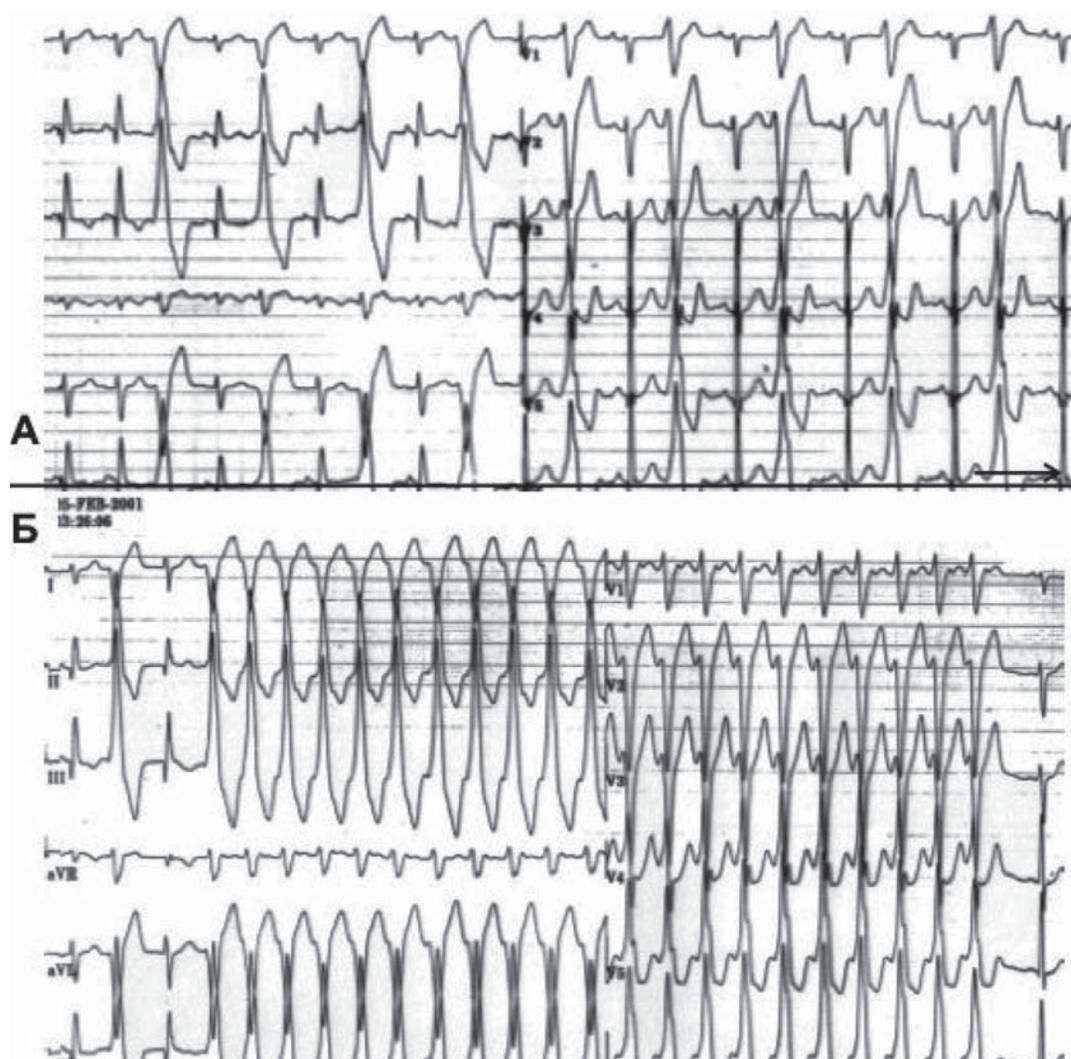


Рис. 3. Фрагменты ЭКГ в момент выполнения велоэргометрии пациентки с нагрузочной неустойчивой желудочковой тахикардией:

А — на 2 мин 2-ой ступени велоэргометрии при ЧСС 120 в 1 мин появилась бессимптомная желудочковая бигеминия; Б — на 3-й мин при ЧСС 125 в 1 мин зарегистрирована сопровождающаяся головокружением неустойчивая ЖТ (11 комплексов), которая сразу же прекратилась после прекращения нагрузки

«АНС—ЖА—ААП» [40]. Определив возможное участие в желудочковом аритмогенезе вегетативной дисфункции, можно прогнозировать и эффективность ААП [41]. Так, при нагрузочных ЖА следует ожидать эффективность бета-блокаторов [41].

В качестве иллюстрации представим клинический случай пациентки, 34 года, с жалобами на пресинкопальные состояния во время ФН. На ХМ во время бытовых нагрузок регистрировались бессимптомные одиночные и парные ЖЭК. Выполнена проба с ФН (рис. 3), которая спровоцировала симптомную ЖТ.

Особую группу составляют пациенты, у которых проба с ФН отрицательная с точки зрения ИБС, а регистрируемая в покое ЖА во время ФН исчезает. В этом случае желудочковые нарушения ритма условно носят вагозависимый характер. До определенного времени считалось, что вагусные влияния обладают протективными свойствами, однако появились дан-

ные о том, что гиперпарасимпатикотония иногда способствует развитию опасных аритмий, в том числе фатальных [42]. Существование вагусных ЖА также косвенно подтверждается эффективностью в этих случаях ААП с холинолитической активностью [43].

Проба с ФН в случаях необходимости назначения ААП IC класса проводится, во-первых, для исключения ИБС, во-вторых, для изучения характера ЖА. Для прогнозирования эффективности ААП IC класса нагрузочный тест может дополняться фармакологической пробой с планируемым ААП. В смешанных случаях (когда ЖА существует и днем, и ночью, но при этом прогрессирует при ФН) у пациентов без ИБС и выраженных структурных изменений миокарда (например, значительной гипертрофии левого желудочка) возможна комбинация препаратов — назначение бета-адреноблокатора днем и ААП IC класса вечером [42].

Заключение

Уникальность применения нагрузочных проб при самой разной патологии заключается в стандартизации метода, в возможности быстро получить результат, убедиться в воспроизводимости ряда показателей и нарушений в одинаковых условиях, одновременно с ФН оценивать ряд параметров гемодинамики. А главное, документировать связь субъективной симптоматики с изменениями на ЭКГ, регулировать уровень выполняемой нагрузки под врачебным контролем и возможность оказать экстренную помощь. Кроме того, на современном уровне медицинской практики нагрузочная проба является вполне доступным исследованием как по наличию необходимой аппаратуры (велозергометр, тредмил), так и по наличию квалифицированных специалистов во многих медицинских учреждениях нашей страны.

Как уже упоминалось, проба с ФН является одним из наиболее изученных, физиологических и достоверных способов усиления симпатических влияний на сердце. Тем не менее вопрос о выполнении нагрузочных проб при патологии, касающейся нарушений ритма и проводимости должен решаться индивидуально с учетом клинической ситуации. Следует подчеркнуть целесообразность выполнения исследования именно в тех случаях, где прослеживается связь симптомов с ФН. Правильный отбор пациентов для исследования, четко поставленные задачи, соблюдение показаний и противопоказаний к проведению нагрузочного теста, постоянный мониторинг ЭКГ делает пробы с ФН достаточно безопасными. В некоторых случаях данные пробы с ФН помогают с выбором ААП (с учетом клинической картины, субъективной переносимости, поведения ЖА во время ФН, в зависимости от преобладания в аритмогенезе активности того или иного звена АНС). В случае необходимости нагрузочные пробы всегда могут быть дополнены ментальными и парными фармакологическими тестами.

Итак, пробы с ФН под контролем ЭКГ информативны и могут выполняться амбулаторно на всех этапах оказания диагностической помощи пациентам в специально оборудованном кабинете в сопровождении одной медсестры и одного врача [44].

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Treshkur TV, Tulinceva TE, Tatarinova AA et al. Ventricular Arrhythmias and Holter Monitoring — Principles of Forming a Conclusion on the Results of the Study. *Vestnik aritmologii = Bulletin of arrhythmology*. 2018; 93: 53–63. In Russian [Трешкур Т. В., Тулинцева Т. Э., Татаринова А. А. и др. Желудочковые аритмии и холтеровское мониторирование — принципы формирования заключения по результатам исследования. *Вестник аритмологии*. 2018;93:53–63].
2. Lupanov VP, Nuraliev EYu, Sergienko IV. Functional Stress Tests in the Diagnosis of Coronary Heart Disease, Risk Assessment of Complications and Prognosis. М.: PatiSS, 2016. p. 309. In Russian [Лупанов В. П., Нуралиев Э. Ю., Сергиенко И. В. Функциональные нагрузочные пробы в диагностике ишемической болезни сердца, оценке риска осложнений и прогноза. М.: ПатиСС, 2016. с. 309].
3. Drew BJ, Califf RM, Funk M et al. Practice Standards for Electrocardiographic Monitoring in Hospital Settings: an American Heart Association Scientific Statement from the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young: Endorsed by the International Society of Computerized Electrocardiology and the American Association of Critical-Care Nurses. *Circulation*. 2004; 110 (17): 2721–2746.
4. Brignole M, Moya A, de Lange FJ et al. 2018 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Syncope. *Eur Heart J*. 2018; 39 (21): 1883–1948.
5. Issa ZF, Miller JM, Zipes DP. *Clinical Arrhythmology and Electrophysiology: a Companion to Braunwald's Heart Disease*. Elsevier Inc. 2009. p. 520
6. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G et al. 2013 ESC Guidelines on Cardiac Pacing and Cardiac Resynchronization Therapy: the Task Force on Cardiac Pacing and Resynchronization Therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in Collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J*. 2013; 34 (29): 2281–2329.
7. Treshkur TV, Bergardt ER, Tikhonenko VM. Atrioventricular Blockade: Etiology, Clinic, Diagnosis, Treatment. 2nd ed. М.: Izdatel'stvo MIA, 2018. p. 168. In Russian [Трешкур Т. В., Бернгардт Э. Р., Тихоненко В. М. Атриовентрикулярные блокады: этиология, клиника, диагностика, лечение: Учебное пособие. 2-е изд. М.: Издательство МИА, 2018. с. 168].
8. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines, and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol*. 2018. pii: S0735–1097 (18) 38984–8.
9. Woelfel AK, Simpson RJ Jr, Gettes LS et al. Exercise-Induced Distal Atrioventricular Block. *J Am Coll Cardiol*. 1983; 2 (3): 578–581.
10. Issa ZF, Miller JM, Zipes DP. Atrioventricular Conduction Abnormalities. In: *Clinical Arrhythmology and Electrophysiology: A Companion to Braunwald's Heart Disease*. 2nd ed. Elsevier Inc. 2012: 175–193.

11. Bakst A, Goldberg B, Schamroth L. Significance of Exercise-Induced Second Degree Atrioventricular Block. *Br Heart J*. 1975;37(9):984–986.
12. AlJaroudi WA, Alraies MC, Wazni O et al. Yield and Diagnostic Value of Stress Myocardial Perfusion Imaging in Patients Without Known Coronary Artery Disease Presenting with Syncope. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013; 6 (3):384–391.
13. Boran KJ, Oliveros RA, Boucher CA et al. Ischemia-Associated Intraventricular Conduction Disturbances During Exercise Testing as a Predictor of Proximal Left Anterior Descending Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol*. 1983; 51(7):1098–1102.
14. Durães AR, Passos LCS, Falcon HCDS et al. Bundle Branch Block: Right and Left Prognosis Implications. *Interv Cardiol J*. 2015;2:1.
15. Pediatric and Congenital Electrophysiology Society (PACES); Heart Rhythm Society (HRS); American College of Cardiology Foundation (ACCF); American Heart Association (AHA); American Academy of Pediatrics (AAP); Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), Cohen MI, Triedman JK, Cannon BC, et al. PACES/HRS Expert Consensus Statement on the Management of the Asymptomatic Young Patient with a Wolff–Parkinson–White (WPW, Ventricular Preexcitation) Electrocardiographic Pattern: Developed in Partnership Between the Pediatric and Congenital Electrophysiology Society (PACES) and the Heart Rhythm Society (HRS). Endorsed by the Governing Bodies of PACES, HRS, the American College of Cardiology Foundation (ACCF), the American Heart Association (AHA), the American Academy of Pediatrics (AAP), and the Canadian Heart Rhythm Society (CHRS). *Heart Rhythm*. 2012;9(6):1006–1024.
16. Bricker JT, Porter CJ, Garson A Jr et al. Exercise Testing in Children with Wolff–Parkinson–White Syndrome. *Am J Cardiol*. 1985;55(8):1001–1004.
17. Perry JC, Giuffre RM, Garson A Jr. Clues to the Electrocardiographic Diagnosis of Subtle Wolff–Parkinson–White Syndrome in Children. *J Pediatr*. 1990;117(6):871–875.
18. Daubert C, Ollitrault J, Descaves C et al. Failure of the Exercise Test to Predict the Anterograde Refractory Period of the Accessory Pathway in Wolff Parkinson White Syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1988;11(8):1130–1138.
19. Moltedo JM, Iyer RV, Forman H et al. Is Exercise Stress Testing a Cost-Saving Strategy for Risk Assessment of Pediatric Wolff–Parkinson–White Syndrome Patients? *Ochsner J*. 2006;6(2):64–67.
20. Zipes D, Libby P. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 11th Edition. Elsevier, 2018:648–669.
21. Gaita F, Giustetto C, Riccardi R et al. Stress and Pharmacologic Tests as Methods to Identify Patients with Wolff–Parkinson–White Syndrome at Risk of Sudden Death. *Am J Cardiol*. 1989;64(8):487–490.
22. Santinelli V, Radinovic A, Manguso F et al. The Natural History of Asymptomatic Ventricular Pre-Excitation a Long-Term Prospective Follow-Up Study of 184 Asymptomatic Children. *J Am Coll Cardiol*. 2009; 53(3):275–280.
23. Bromberg BI, Lindsay BD, Cain ME et al. Impact of Clinical History and Electrophysiologic Characterization of Accessory Pathways on Management Strategies to Reduce Sudden Death Among Children with Wolff–Parkinson–White Syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 1996;27(3):690–695.
24. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D et al. 2016 ESC Guidelines for the Management of Atrial Fibrillation Developed in Collaboration with EACTS. *Eur Heart J*. 2016; 37(38):2893–2962.
25. Priori SG, Schwartz PJ, Napolitano C et al. Risk Stratification in the Long-QT Syndrome. *N Engl J Med*. 2003;348(19):1866–1874.
26. Hekkala AM, Viitasalo M, Väänänen H et al. Abnormal Repolarization Dynamics Revealed in Exercise Test in Long QT Syndrome Mutation Carriers with Normal Resting QT Interval. *Europace*. 2010;12 (9):1296–1301.
27. Horner JM, Horner MM, Ackerman MJ. The Diagnostic Utility of Recovery Phase QTc During Treadmill Exercise Stress Testing in the Evaluation of Long QT Syndrome. *Heart Rhythm*. 2011;8(11):169–1704.
28. Priori SG, Wilde AA, Horie M et al. HRS/EHRA/APHRS Expert Consensus Statement on the Diagnosis and Management of Patients with Inherited Primary Arrhythmia Syndromes: Document Endorsed by HRS, EHRA, and APHRS in May 2013 and by ACCF, AHA, PACES, and AEPC in June 2013. *Heart Rhythm*. 2013;10(12):1932–1963.
29. Xu G, Gottschalk BH, Kocabaş U et al. Not All Brugada Electrocardiogram Patterns Are Brugada Syndrome or Brugada Phenocopy. *Balkan Med J*. 2017;34(6):593.
30. Amin AS, de Groot EA, Ruijter JM et al. Exercise-induced ECG Changes in Brugada Syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2009;2(5):531–539.
31. Makimoto H, Nakagawa E, Takaki H et al. Augmented ST-segment Elevation During Recovery from Exercise Predicts Cardiac Events in Patients with Brugada Syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2010; 56 (19): 1576–1584.
32. Rolf S, Bruns HJ, Wichter T et al. The Ajmaline Challenge in Brugada Syndrome: Diagnostic Impact, Safety, and Recommended Protocol. *Eur Heart J*. 2003; 24(12):1104–1112.
33. Massin MM. The Role of Exercise Testing in Pediatric Cardiology. *Arch Cardiovasc Dis*. 2014;107(5): 319–327.
34. Hayashi M, Denjoy I, Extramiana F et al. Incidence and Risk Factors of Arrhythmic Events in Catecholaminergic Polymorphic Ventricular Tachycardia. *Circulation*. 2009; 119(18):2426–2434.
35. Karlsson D, Engvall J, Ando AA et al. Exercise Testing for Long-Term Follow-Up in Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy. *J Electrocardiol*. 2017;50(2): 176–183.
36. Jouven X, Zureik M, Desnos M et al. Long-Term Outcome in Asymptomatic Men with Exercise-Induced Premature Ventricular Depolarizations. *N Engl J Med*. 2000; 343(12):826–833.
37. Aneq MA, Lindström L, Fluor C et al. Long-Term Follow-Up in Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy Using Tissue Doppler Imaging. *Scand Cardiovasc J*. 2008;42(6):368–374.

38. Haywood AF, Merner ND, Hodgkinson KA et al. Recurrent Missense Mutations in TMEM43 (ARVD5) Due to Founder Effects Cause Arrhythmogenic Cardiomyopathies in the UK and Canada. *Eur Heart J*. 2013;34(13):1002–1011.
39. Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death): Developed in Collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society. *Circulation*. 2006;114(10):e385–484.
40. Treshkur TV, Tatarinova AA, Rynkach EA et al. “Portrait” of Ventricular Arrhythmia in a Patient with Ischemic Heart Disease During Holter Monitoring Is a Basic Step in the Choice of Management Tactics. *Profilakticheskaya medicina = Preventive medicine*. 2018;6:93–105. In Russian [Трешкур Т. В., Татаринова А. А., Рыньгач Е. А. и др. «Портрет» желудочковой аритмии у больного ишемической болезнью сердца при холтеровском мониторинге — базовая ступень в выборе тактики ведения. Профилактическая медицина. 2018;6:93–105].
41. Golitsyn SP. Elimination of Ventricular Arrhythmias and Reduction of the Risk of Death: Is There Always a Way in One Direction? *Serdce: zhurnal dlya praktikuyushchih vrachej = Heart: a magazine for practitioners*. 2006; 1:4–11. In Russian [Голицын С. П. Устранение желудочковых аритмий и снижение риска смерти: всегда ли пути в одном направлении? Сердце: журнал для практикующих врачей. 2006;5(1):4–11].
42. Bokeriya LA, Revishvili ASH, Neminuyushhij NM. Sudden Cardiac Death. М.: GEOTAR-Media, 2013. p. 272. In Russian [Бокерия Л. А., Ревিশвили А. Ш., Неминующий Н. М. Внезапная сердечная смерть. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013.с.272].
43. Shlyakhto EV, Treshkur TV, Tulintseva TE et al. Algorithm of the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias. *Terapevticheskij arhiv = Therapeutic archive*. 2015;87(5):106–112. In Russian [Шляхто Е. В., Трешкур Т. В., Тулинцева Т. Э. и др. Алгоритм ведения пациентов с желудочковыми аритмиями. Терапевтический архив. 2015;87(5):106–112].
44. Aronov DM, Lupanov VP. Functional Tests in Cardiology. 3rd ed. М.: MEDpress-inform; 2007. p. 328. In Russian [Аронов Д. М., Лупанов В. П. Функциональные пробы в кардиологии. (3-е изд., перераб. и доп.). М.: «МЕДпресс-информ», 2007.с.328].

Информация об авторах:

Бернгардт Эдвард Робертович, к.м.н., доцент, старший научный сотрудник НИЛ электрокардиологии, ФГБУ «НМИЦ им В. А. Алмазова» Минздрава России;

Трешкур Татьяна Васильевна, к.м.н., доцент, заведующая НИЛ электрокардиологии, ФГБУ «НМИЦ им В. А. Алмазова» Минздрава России;

Жабина Екатерина Сергеевна, научный сотрудник НИЛ электрокардиологии, ФГБУ «НМИЦ им В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information:

Berngardt Edvard R., MD, PhD, Assistant Professor, Senior Researcher of Electrocardiology Research Laboratory, Almazov National Medical Research Centre;

Treshkur Tatyana V., MD, PhD, Assistant Professor, Head of Electrocardiology Research Laboratory, Almazov National Medical Research Centre;

Zhabina Ekaterina S., MD, Researcher of Electrocardiology Research Laboratory, Almazov National Medical Research Centre.