

Электрокардиограмма на вдохе: физиологические механизмы и диагностические возможности пробы

В. С. Баркан¹, Д. В. Дроздов², Г. Д. Резветсов³

¹ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина», Чита

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. ак. Е. И. Чазова» Минздрава РФ, Москва

³ФГБУ «52 консультативно-диагностический центр» Министерства обороны РФ, Москва

РЕЗЮМЕ

Статья отражает современные представления о влиянии глубокого вдоха и задержки дыхания на работу сердца и отражение этих процессов в ЭКГ. Описаны позиционные изменения зубцов Q, прежде всего в отведениях III и aVF и их возможные отличия от патологических зубцов Q. Рассмотрены рефлекторные и гуморальные влияния глубокого вдоха и задержки дыхания на деятельность сердца. Приведены примеры редко возникающих во время задержки дыхания на вдохе нарушений ритма и проводимости. Описан рекомендуемый вариант реализации пробы ЭКГ на вдохе с использованием компьютерных ЭКГ систем, реализующий непрерывную запись ЭКГ на свободном дыхании, во время вдоха и на задержке дыхания. Этот вариант пробы не изменяет трудоемкости и времени выполнения регистрации ЭКГ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрокардиограмма, ЭКГ, проба ЭКГ на вдохе, рефлекс Бейнбриджа, натрийуретические пептиды, проба Вальсальвы.

Deep inspiration electrocardiogram test: physiologic mechanisms and diagnostic capabilities

V. S. Barkan¹, D. V. Drozdov², G. G. Rezvetsov³

¹Clinical Hospital «RZD-Medicine», Chita, Russian Federation

²National medical research center for cardiology named after Academician E. Chazov, Moscow, Russian Federation

³Federal State Budgetary Establishment Ministry of Defense of the Russian Federation "52 the Advisory and Diagnostic Center"

SUMMARY

The article reflects modern concepts about the effect of deep inspiration and breath holding on the heart functioning and the reflection of these processes at ECGs. Positional changes of Q waves, primarily in leads III and aVF, and their possible differences from pathological Q waves are described. Reflex and humoral effects of deep inspiration and breath holding on heart functions such as contractility, automatism and conductivity are considered. Examples of rhythm and conduction disturbances that rarely occur during breath holding are illustrated on ECGs. A recommended variant of the implementation of the deep inspiration ECG test using computer ECG systems is described, which implements continuous ECG recording on free breathing, during inspiration and while holding the breath. This version of the test does not change the operators' complexity and time of ECG registration.

KEYWORDS: electrocardiogram, ECG, deep inspiration ECG test, Bainbridge reflex, natriuretic peptides, Valsalva test.

Вопрос целесообразности регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) на высоте вдоха до сих пор является предметом обсуждения, что делает актуальным обзор физиологических механизмов влияния вдоха на деятельность сердца и диагностических возможностей регистрации ЭКГ на вдохе. Настоящая публикация охватывает вопросы терминологии и разграничения различных вариантов регистрации ЭКГ на вдохе, описывает физиологические механизмы влияния вдоха на работу сердечно-сосудистой системы и их отражение на ЭКГ. Также предлагается вариант непрерывной регистрации ЭКГ на вдохе в современных компьютерных ЭКГ системах в отличие от регистрации двух фрагментов ЭКГ электрокардиографами с прямым выводом сигналов на бумагу.

Терминология

Проба ЭКГ на вдохе (ЭКГвд) предполагает регистрацию ЭКГ на задержке дыхания без приложения дополнительных усилий или натуживания. В этом ее принципиальное отличие от маневра

Вальсальвы, когда выполняется не просто задержка дыхания, но за счет усилий дыхательной мускулатуры поддерживается дополнительное давление в ротовой полости (как правило, 40 мм рт. т.¹) в течение 15–20 с при закрытых дыхательных путях.

Проба ЭКГвд предполагает три этапа:

1. Регистрация ЭКГ во время спокойного дыхания в положении лежа на спине;
2. Глубокий *нефорсированный* вдох до уровня 50–80% емкости вдоха (без аппаратного контроля глубины вдоха и часто без регистрации ЭКГ в этот период);
3. Задержка дыхания на вдохе в течение не менее 5 с, в течение которых производится регистрация ЭКГ.

По завершении пробы производится сравнение ЭКГ в начале регистрации, т.е. на свободном дыхании пациента, с ЭКГ на высоте вдоха. Сравнение производится, как правило, визуально, а в электрокардиографическом заключении изменения ЭКГ фиксируются описательно.

¹В англоязычной литературе данный вариант маневра Вальсальвы часто называют тестом Флэка (M. Flack Tests for flying efficiency and flying strain. Br Med Res Council Rep 53:93, 1920). Прим. авт.

ЭФФЕКТЫ ГЛУБОКОГО ВДОХА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ НА ЭКГ

Основные физиологические эффекты глубокого вдоха перечислены ниже:

1. Опускание диафрагмы и поворот сердца в грудной полости вокруг сагиттальной оси с занятием сердцем более вертикального положения, что находит отражение на ЭКГ в виде т. н. «позиционных изменений»;
2. Снижение внутригрудного давления, снижение центрального венозного давления и повышение венозного возврата к сердцу, что вызывает увеличение частоты и силы сокращений сердца по механизму рефлекса Бейнбриджа;
3. Изменение баланса симпатических и парасимпатических влияний, реализующиеся активацией баро- и хеморецепторов предсердий, сосудов, легких, плевры, которые в свою очередь вызывают физиологические эффекты, находящие отражение на ЭКГ.

В совокупности у здорового человека при пробе ЭКГвд могут наблюдаться:

- Увеличение ЧСС относительно ЧСС при спокойном дыхании;
- Снижение амплитуды зубца R в I отведении (для обозначения отведений далее будем использовать нижний индекс его названия — RI);
- Увеличение амплитуды зубца RIII;
- Снижение амплитуды зубца SIII или QIII вплоть до их полного исчезновения.

Позиционные изменения ЭКГ на вдохе

Как упомянуто выше, при достаточно глубоком, но не максимально полном, вдохе происходит опускание диафрагмы, но при этом реберные дуги поднимаются относительно незначительно. Это приводит к повороту сердца вокруг сагиттальной оси с занятием относительно более вертикального положения. (рис. 1). При дальнейшем вдохе происходит подъем реберных дуг, что приводит к расширению грудной клетки, влияние которого на положение сердца и ЭКГ картину, по-видимому, специально не изучалось.

В отечественных монографиях, посвященных электрокардиографии, часто и достаточно давно, по крайней мере, с 1980-х гг., встречается утверждение, что «„позиционный“ зубец Q, как правило, значительно уменьшается или исчезает при регистрации ЭКГ на высоте вдоха» (см. напр. [1]) Установить первоисточник и приемлемые с точки зрения доказательной медицины обоснования данного утверждения авторам статьи не удалось.

В зарубежной литературе, вероятно, наиболее раннее упоминание о позиционных изменениях зубца QIII при глубоком вдохе имеется в статье [2], опубликованной еще в 1944 г. Вероятно, по авторству этой статьи, до настоящего времени в литературе на английском языке для описания задержки дыхания на вдохе при регистрации ЭКГ встречается термин «маневр Лайлы» (A. Lyle). В статье A. Lyle приведены наблюдения, что зубец QIII заметно уменьшается или исчезает у здоровых лиц, но сохраняется у пациентов с нижним инфарктом миокарда (ИМ), на фоне глубокого, но не максимального вдоха. Сама Лайл, представляя эти наблюдения, отмечала: «мы не смогли собрать достаточно случаев, чтобы доказать

что-либо статистически, но мы считаем, что показанные наблюдения иллюстрируют определенный фундаментальный принцип».

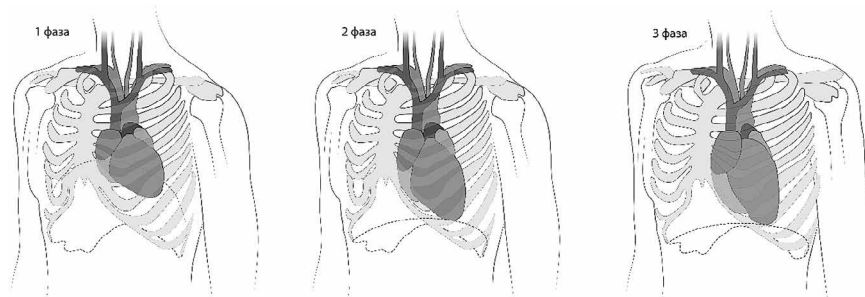
Критики (например, [3]) диагностической ценности пробы ЭКГвд часто цитируют несколько исследований, не показавших достаточной чувствительности и специфичности этой пробы. В работе [4] сопоставлены изменения Q_{III} у 33 пациентов с нижним ИМ и у 22 здоровых добровольцев. Уменьшение зубца Q_{III} на вдохе наблюдалось у 61% с нижним ИМ и только у 12% здоровых добровольцев. В другом исследовании [5] среди 48 пациентов с нижним ИМ у 20% наблюдалось уменьшение или исчезновение Q_{III} на фоне задержки дыхания на вдохе. Сходные неоднозначные для трактовки пробы ЭКГвд результаты наблюдались [6] при обследовании 31 пациента с нижним ИМ, в котором было выявлена зависимость не только амплитуды, но и продолжительности зубца Q_{III} от фазы дыхания.

Вместе с тем, имеются литературные данные о достаточно высокой диагностической ценности сохранения «нижних патологических зубцов Q_{III} при ЭКГвд для выявления «немного» инфаркта миокарда. Исследование [7] охватило 50 последовательных пациентов (27 мужчин, ср. возраст 68 ± 10 лет) с наличием Q_{III} на ЭКГ покоя и отсутствием ИМ в анамнезе. Лишь у 10 из 50 пациентов Q_{III} сохранялись на вдохе. Всем пациентам была выполнена магниторезонансная томография (МРТ), на основании которой признаки перенесенного нижнего ИМ были выявлены у 10 пациентов, а также трансторакальное ультразвуковое исследование (УЗИ) сердца. Среди 10 пациентов с признаками нижнего ИМ по данным МРТ у 8 наблюдались QT_{III} на вдохе, в то время как локальные нарушения сократимости по данным УЗИ лишь в 5 случаях. Авторы делают вывод, что ЭКГвд более чувствительный и специфичный метод для верификации ИМ, чем трансторакальное УЗИ. Неоднозначность трактовки Q_{III} во время ЭКГвд отмечается и в ряде других публикаций (обзор в [8]), выполненных в основном в формате наблюдательных исследований.

В качестве иллюстраций изменений Q_{III} на вдохе приводим наблюдение у мужчины 42 лет с сахарным диабетом 2 типа, выраженной синусовой аритмией и изменением на вдохе горизонтальной электрической оси сердца на нормальную, сопровождающимся практически полным исчезновением Q_{III} . По данным ультразвукового исследования (УЗИ) сердца признаков нарушения локальной сократимости миокарда не выявлено, таким образом, зубец Q_{III} — позиционный. Признаки синусовой аритмии на вдохе нивелируются (рис. 2).

Изменение положения электрической оси сердца (ЭОС) в процессе ЭКГвд может отражаться не только в динамике Q_{III} , но и в динамике S_{III} . Это демонстрирует наблюдение (рис. 3)

Рисунок 1. Изменение положения сердца в грудной клетке на выдохе (1 фаза), при глубоком вдохе (2 фаза) и при максимальном вдохе (3 фаза). Дополнительные пояснения в тексте



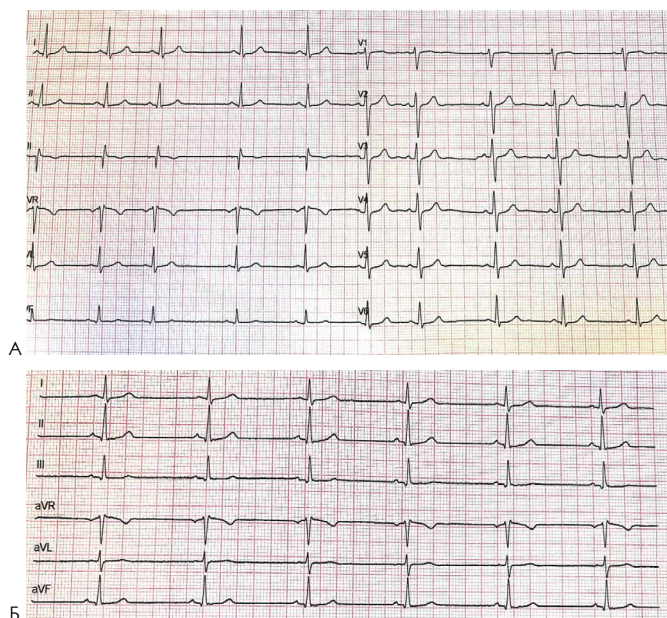


Рисунок 2. ЭКГ пациента на свободном дыхании (А) и вдохе (Б). Пояснения в тексте

пациентки 28 лет, без жалоб и заболеваний сердечно-сосудистой системы в анамнезе. Визуализируются выраженные зубцы S_{III} . На ЭКГвд они значительно уменьшаются с 1 по 4 желудочковый комплексы и к 5 пропадают. ЭОС меняется из горизонтальной на нормальную. Кроме того, обращает на себя внимание, что зубцы Т на вдохе в переднебоковых отведениях уплощаются.

В контексте обсуждения позиционных изменений ЭКГ на высоте глубокого вдоха целесообразно обсудить возможность его влияния не только на ЭОС, но и на электрические оси зубцов Р и Т. Такие изменения вполне возможны, поскольку сердце при задержке дыхания на вдохе ротируется относительно осей ЭКГ отведений целиком. Специальных исследований на эту тему обнаружить не удалось.

В работе [9] были сделаны наблюдения об оси зубца Т и фронтальном угле QRS-T (FA_{QRS-T}) при глубоком вдохе. 50 пациентам без фибрилляции предсердий, блокад ножек пучка Гиса и без кардиостимуляторов, были зарегистрированы ЭКГ в покое и ЭКГвд. Определений положения осей QRS и зубца Т проводилось автоматически (к сожалению, в статье нет данных об использованном оборудовании или программном обеспечении). FA_{QRS-T} рассчитывался как модуль разницы между осью QRS и осью зубца Т во фронтальной плоскости, если разница превышала 180° , то проводилось приведение угла к минимальному по формуле ($360 - FA_{QRS-T}$). Изменение фронтального угла QRS-T рассчитывалось по формуле (FA_{QRS-T} при глубоком вдохе — FA_{QRS-T} в состоянии покоя). В покое ось QRS и ось зубца Т составляли соответственно $20,9^\circ \pm 30,0^\circ$ и $40,9^\circ \pm 36,1^\circ$. FA_{QRS-T} составлял $35,9^\circ \pm 36,1^\circ$. Глубокий вдох вызывал смещение оси QRS вправо ($42,3^\circ \pm 29,5^\circ$, $p < 0,001$) и оси Т-волны вправо ($49,5^\circ \pm 39,7^\circ$, $p < 0,001$). Однако, глубокий вдох не влиял на FA_{QRS-T} ($33,9^\circ \pm 35,8^\circ$, $p = 0,44$). FA_{QRS-T} при глубоком вдохе имел хорошую корреляцию ($r = 0,87$, $p < 0,001$) и согласованность с углом в состоянии покоя. Поскольку FA_{QRS-T} рассматривается как признак нарушений реполяризации и фактор, связанный с общей сердечно-сосудистой смертностью [10–13] и развитием аритмий [14, 15] и других сердечно-сосудистых заболеваний [16], приведенные выше сведения об устойчивости

FA_{QRS-T} в процессе глубокого вдоха представляют несомненный интерес и подтверждают высказанную выше гипотезу о синхронном повороте осей всех зубцов ЭКГ в процессе вдоха.

Представляет интерес наблюдение [17] пациентов с ЭКГ-паттерном синдрома Бругада (у 17 паттерн наблюдался спонтанно, у 17 был спровоцирован медикаментозно). У всех пациентов наблюдался синусовый ритм и не было выявлено структурной патологии сердца. ЭКГ регистрировалась при установке электродов отведений V_1 и V_2 в IV и III межреберьях (стандартно и на ребро выше), а также во время спокойного дыхания и на глубоком вдохе. 19 пациентам была проведена рентгенография грудной клетки с целью определения смещения сердца при дыхании. Было показано, что из 17 пациентов с отсутствием паттерна Бругада на ЭКГ покоя глубокое дыхание провоцирует его у 6 пациентов (регистрация «на ребро выше» — в 7 случаях). Авторы применяют термин *unmasking* (разоблачение) в отношении возможностей ЭКГвд в наблюдении паттерна Бругада. Сходные данные (вероятно, частично в той же когорте пациентов) приведены в [18]. В этой работе показано, что механизмом появления паттерна Бругада при ЭКГвд, скорее всего, является смещение выходного тракта правого желудочка при ротации сердца на вдохе и приближение его к электродам отведений V_1 и V_2 .

РЕФЛЕКТОРНЫЕ И ГУМОРАЛЬНЫЕ ВЛИЯНИЯ НА РАБОТУ СЕРДЦА НА ВДОХЕ

Далеко не все изменения ЭКГ при задержке дыхания на вдохе можно объяснить лишь пространственными изменениями положения сердца. Поэтому представляет интерес описание физиологических процессов, обуславливающих изменения нервных и гуморальных влияний на сердце при выполнении пробы ЭКГвд.

При вдохе за счет работы диафрагмы и дыхательной мускулатуры происходит увеличение объема грудной полости вследствие опускания купола диафрагмы, разворота реберных дуг вверх и увеличения поперечного размера грудной клетки. Давление в грудной полости при этом уменьшается. При глубоком вдохе

Рисунок 3. ЭКГ пациента на свободном дыхании (А) и вдохе (Б), динамика зубца S_{III} . Другие пояснения в тексте



понижение давления относительно атмосферного может составлять до 20 мм рт.ст. для здорового мужчины [19].

Уменьшение внутригрудного давления вызывает снижение давления заполнения правого предсердия, что увеличивает приток крови в него («присасывающее действие»). Наблюдается увеличение скорости венозного кровотока и градиента давления в венах. Обусловленное этим увеличение объема заполнения правого предсердия вызывает его большее, чем на выдохе, растяжение, и раздражение широкого спектра различных рецепторов как в миокарде, так и в сосудах. Аналогичные явления происходят и в левом предсердии. Физиологические эффекты растяжения правого предсердия, по-видимому, реализуется рефлексом Бейнбриджа [20], однако классическое его описание относится к нагрузке правого предсердия давлением [21].

Афферентная часть рефлекса Бейнбриджа начинается от барорецепторов правого предсердия и проходит через волокна блуждающего нерва. Центральное звено рефлекса представлено в продолговатом мозге. Эфферентная часть снижает тонус блуждающего нерва и увеличивает общее симпатическое влияние на сердце [22], реализуемое через симпатические нервы сердца. Таким образом происходит увеличение ЧСС и проявляется положительный инотропный эффект. Схематически эти рефлекторные связи представлены на рис. 4.

По-видимому, определенная и существенная роль в изменении гемодинамики на вдохе принадлежит гуморальным факторам. Среди них надо упомянуть натрийуритические пептиды (НУП), вырабатываемые прежде всего кардиомиоцитами. Механизм их действия до настоящего времени активно изучается. По опубликованным данным [23–29] их синтез и физиологические эффекты схематически изложены ниже.

Выделяют 3 типа НУП: А (или предсердный, 28 аминокислот), В (или мозговой — по месту выделения, 32 аминокислоты) и С (активные формы имеют 53 и 22 аминокислот). НУП-А синтезируется, преимущественно в предсердиях, НУП-В синтезируется преимущественно в миокарде желудочков, но проходит трансформацию в активную форму, в том числе и миокарде предсердий, синтез и трансформации в активные формы НУП-С происходят, преимущественно, в эндотелии сосудов. Типы НУП различаются по продолжительности своей активности. Мощными индукторами НУП-А и НУП-В являются механическое растяжение и напряжение соответственно стенок предсердий и желудочков. Таким образом, при задержке дыхания на вдохе вполне закономерно может повышаться уровень НУП, прежде всего НУП-А.

Идентифицированы 3 типа специфических рецепторов к НУП. Рецепторы типов А и В катализируют синтез внутриклеточного циклогуанозинмонофосфата (цГМФ), который связывается с ферментными белками и ионными каналами, что обуславливает их физиологические эффекты. Рецепторы типа С играют ведущую роль в деградации НУП, а также участвуют в регуляции эндотелия и сосудистого тонуса, вызывая снижение артериального

давления. Важным путем инактивации НУП является активность нейтральной эндопептидазы.

Основные физиологические эффекты НУП, известные к настоящему моменту, связаны с протективным действием на миокард, защитой миокарда от пред- и пост-нагрузки, вазодилатацией, стимуляцией диуреза и натрийуреза [30]. НУП-А и НУП-В снижают симпатический тонус, подавляют секрецию ренина и альдостерона. НУП-С вызывает отрицательное инотропное действие в миокарде, опосредованное участием рецепторов типа С, а при сердечной недостаточности — повышает передачу сигналов β_1 -адренорецепторов. Кроме этого, НУП-С через воздействие на кальциевые каналы L-типа в синоатриальном узле участвует в регуляции ЧСС и проводимости в миокарде предсердий [31–34].

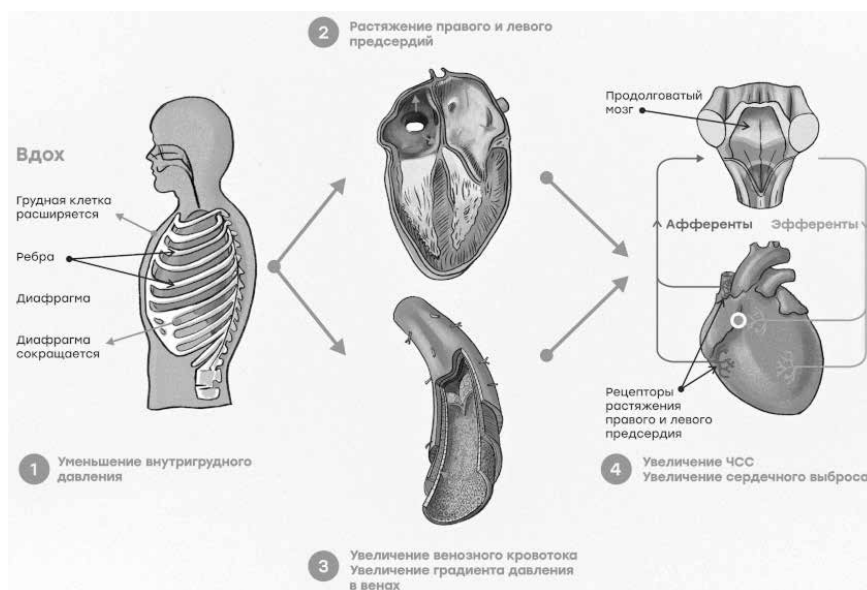


Рисунок 4. Рефлекторные взаимодействия в рефлекс Бейнбриджа

Есть сообщение [35] о подавлении НУП-С желудочковых нарушений ритма при острой ишемии в эксперименте у крыс. Эндотелиальный НУП-С регулирует реактивность лейкоцитов и тромбоцитов, участвует в ангиогенезе и ремоделированию сосудов. Доказаны эффекты НУП всех типов с регуляции липидного обмена и глюкозы [26].

Таким образом, различные НУП и повышение их концентрации в ответ на повышение преднагрузки при глубоком вдохе вполне могут через различные биохимические механизмы вызывать разнообразные системные эффекты как в сердечно-сосудистой системе, так и в других системах организма (рис. 5). Необходимо заметить, что рефлекторные и гуморальные эффекты отчасти разнонаправлены, и при определенном дисбалансе систем могут приводить не к адапционным, а к дисрегуляторным сдвигам.

Кроме того, проба с задержкой дыхания может протекать как неполный вариант пробы Вальсальвы и сопровождаться кратковременной гипоксией, особенно у пациентов с хронической сердечной и дыхательной недостаточностью [36, 37, 38].

Как известно, проба Вальсальвы протекает в несколько стадий и сопровождается определенными изменениями гемодинамики (АД, сердечный выброс, ЧСС) [39, 40, 41]. Выделяют 4 стадии гемодинамических изменений.

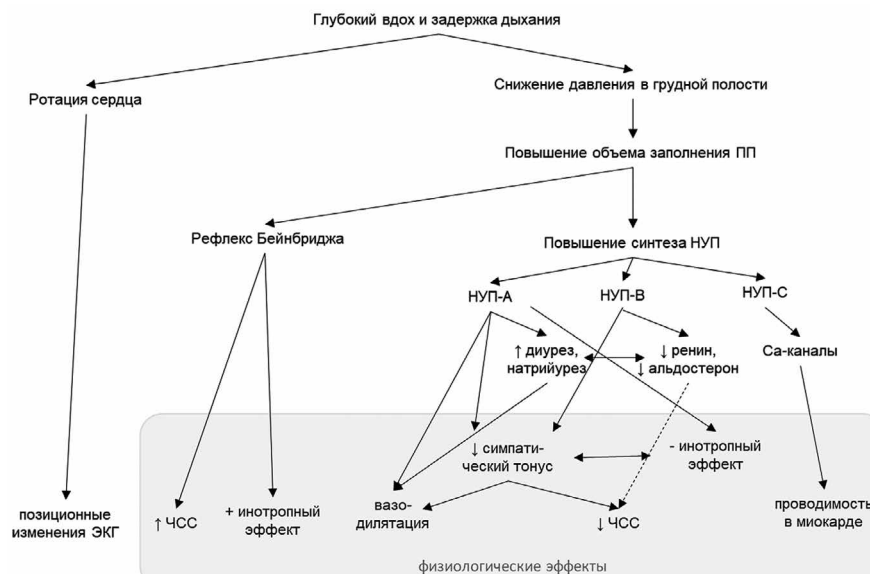


Рисунок 5. Некоторые физиологические эффекты глубокого вдоха, реализуемые рефлекторными и эндокринными влияниями. Обозначения на схеме: НУП — натрийуретический пептид, А, В, С — тип пептида, + — положительный, — отрицательный, ↓ и ↑ — снижение и повышение

Первая стадия характеризуется резким увеличением внутригрудного давления, что ведет к повышению артериального давления и, за счет активации барорецепторов легких, к снижению ЧСС. Эта стадия кратковременная, 2–3 секунды, и реакция ЧСС непостоянная. Но, вероятно, у пациентов с дисфункцией синусового узла или парасимпатикотонией может проявиться патологическим замедлением ритма сердца вплоть до ареста синусового узла [42]. В качестве примера приведем ЭКГ с арестом синусового узла во время пробы ЭКГвд (рис. 6).

Во вторую (напряжения) и третью (начало расслабления) стадии снижается венозный возврат, что приводит к снижению сердечного выброса и артериального давления, увеличению периферического сопротивления сосудов и ЧСС. Длительность этих стадий при пробе Вальсальвы 10–15 с. Эти гемодинамические изменения, наряду с развивающейся кратковременной гипоксией у пациентов с хронической коронарной и сердечной недостаточностью могут привести к ухудшению коронарного кровотока и появлением желудочковой эктопии в виде extrasystol [37], часто полиморфных, и даже устойчивой желудочковой тахикардии (рис. 7 и 8), или нарушением внутрижелудочковой проводимости в виде переходящей блокады ножек пучка Гиса (рис. 9).

Таким образом, есть основания рассматривать ЭКГвд не просто как фактор изменения положения сердца в грудной клетке, а как источник ряда физиологических эффектов, реализуемых как рефлекторным путем через нервную систему, так и гуморальным, через активацию систем гуморального гомеостаза. Очевидно, что этими влияниями можно объяснить не только увеличение ЧСС, как правило, наблюдаемое во время ЭКГвд, но и другие эффекты, часть из которых проиллю-

стрированы выше. Заметим, что серьезные нарушения ритма и проводимости, хотя и встречаются, но крайне редко.

Вопросы методики записи ЭКГ на вдохе

Регистрация ЭКГвд может производиться как двумя отдельными записями, так и непрерывно. Первый вариант принят для аналоговых и цифровых электрокардиографов с выводом ЭКГ на бумагу. После регистрации ЭКГ в 12 общепринятых отведениях, запись прерывается. Пациенту дается команда сделать вдох и задержать дыхание, и регистрируется ЭКГ повторно. На вдохе, в зависимости от возможностей прибора, как правило, ограничиваются выводом на бумагу отведений III и (реже) aVF, возможно, в группах с другими отведениями.

Распространение современных цифровых компьютерных систем регистрации ЭКГ открывает дополнительные возможности для регистрации ЭКГвд в виде получения непрерывной записи ЭКГ на спокойном дыхании и на вдохе.

В большинстве медицинских организаций, в том числе представленных авторами статьи, используется следующий протокол регистрации ЭКГвд на компьютерных системах, возможно, с небольшими вариациями.

ЭКГ регистрируется в положении лежа при общепринятой установке электродов для регистрации 12 отведений непрерывно в течение 30 с:

- первые 10 с на свободном дыхании;
- затем пациенту дается команда на вдох и задержку дыхания и делается пометка «Вдох», после фиксации вдоха ставится вторая отметка и производится непрерывная регистрация ЭКГ до 30 с, при этом пациент продолжает задерживать дыхание. При такой регистрации время самого вдоха также входит в запись;

Рисунок 6. Арест синусового узла во время задержки дыхания на вдохе





Рисунок 7. Полиморфная желудочковая экстрасистолия во время задержки дыхания на вдохе

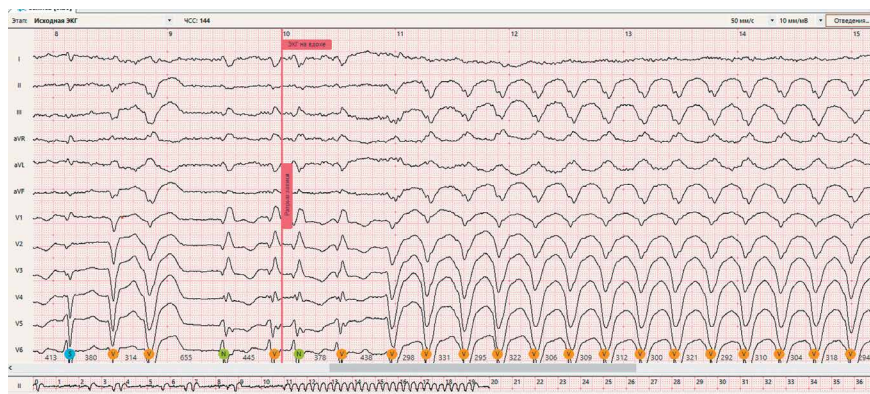


Рисунок 8. Пароксизм желудочковой тахикардии во время ЭКГвд. Купировался самостоятельно



Рисунок 9. Развитие блокады левой ножки пучка Гиса в ответ на задержку дыхания на вдохе

- при затруднении пациента задержать дыхание до окончания записи — продолжительность задержки дыхания на вдохе может быть уменьшена до 5 с, но продолжительность регистрации ЭКГ все равно составляет 30 с. В этом случае ставится еще одна метка «Вдох окончание».

Таким образом, в единой записи имеются: период свободного дыхания, переходный процесс, занимающий 3–5 с, и период фиксации на вдохе. Существенно, что такой подход не увеличивает трудоемкость регистрации ЭКГ медсестрой, незначительно увеличивает суммарное время регистрации ЭКГ (основные затраты времени, как известно, определяются подготовкой к регистрации ЭКГ и ее завершением, т.е. раздеванием пациента, установкой и снятием электродов, одеванием пациента), создает комфортные условия для работы врача при описании ЭКГ и дает возможность сформировать единое заключение для такого исследования.

Выводы

Использование пробы ЭКГвд позволяет в значительной доле случаев дифференцировать позиционные и патологические зубцы Q_{III} , Q_{aVF} . Следует иметь в виду, проба не является абсолютной. Уменьшение «патологических» зубцов Q_{III} , Q_{aVF} на вдохе возможно и при острых или «старых» очаговых изменениях миокарда. Отсутствие динамики зубцов Q_{III} , Q_{aVF} на вдохе может наблюдаться и у пациентов без патологии сердца.

Регистрация ЭКГвд позволяет оценить прямые и опосредованные воздействия вегетативной нервной системы и гуморальной регуляции на сердечный ритм и проводимость, что в ряде случаев приводит к существенным диагностическим находкам. Частота таких находок невысока, но их диагностическое значение может быть весьма существенным.

Методика непрерывной регистрации ЭКГвд в современных компьютеризированных системах позволяет получить качественную непрерывную запись сигнала, удобную для ее последующего анализа, без повышения трудоемкости регистрации ЭКГ медсестрой.

Оценка динамики косвенных показателей сократимости скomprometированного миокарда может быть темой дальнейших клинических исследований.

Исходя из этого, можно рекомендовать регистрацию ЭКГвд всем пациентам при проведении первичного электрокардиографического исследования. С использованием современных цифровых систем регистрации ЭКГ это не вызовет сколько-нибудь существенного изменения трудоемкости как самой регистрации ЭКГ, так и ее интерпретации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References:

1. Дошицин В. А. Клинический анализ электрокардиограммы / М.: Медицина, 1982. — 207 с. (Библиотека практического врача. Сердечно-сосудистые заболевания)
2. Lyle A. M. Further observations on the deep Q3 of the electrocardiogram // Am. Heart J. — 1944 — Vol. 28. — P. 199. DOI 10.1016/S0002-8703(44)90282-6
3. Zema M. J. Lyle's maneuver — an overdue critique // Am. Heart J. — 1980 — Vol. 99, No. 5 — P. 679–680. — DOI 10.1016/0002-8703(80)90749-8.
4. Mimbs J. W., de Mello V., Roberts R. The effect of respiration on normal and abnormal Q waves // Am. Heart J. — 1977 — Vol. 94. — No. 5. — P. 579–584. — DOI 10.1016/S0002-8703(77)80126-9.
5. Shettigar U. R. et al. Diagnostic value of Q-waves in inferior myocardial infarction // Am. Heart J. — 1974. — Vol. 88. — No. 2. — P. 170–175. — DOI 10.1016/0002-8703(74)90006-4
6. Bodenheimer M. M., Banka V. S., Helfant R. H. Determination of lead III Q waves significance: utility of deep inspiration // Archives of Internal

- Medicine. — 1977. — Vol. 137. — No. 4. — P. 437–439. — DOI 10.1001/archinte.1977.03630160011006
7. Nanni S. et al. Inferior Q waves in apparently healthy subjects: Should we take a deep breath? An electrocardiographic, echocardiographic and cardiac magnetic resonance study // *Journal of electrocardiology*. — 2016. — Vol. 49. — No. 1. — P. 46–54. — DOI 10.1016/j.jelectrocard.2015.08.026
 8. Fioranelli A., Paolini E., Quaranta A. QRS Morphologies of Difficult Interpretation // *New Concepts in ECG Interpretation*. — ed. A. Capucci. — Springer: Cham. — 2019. — P. 59–73. — ISBN: 978-3-319-91677-4 — DOI 10.1007/978-3-319-91677-4-7
 9. Kurisu S. et al. Effects of deep inspiration on QRS axis, T-wave axis and frontal QRS-T angle in the routine electrocardiogram // *Heart and Vessels*. — 2019. — Vol. 34. — P. 1519–1523. — DOI 10.1007/s00380-019-01380-7
 10. Aro A. L. et al. QRS-T angle as a predictor of sudden cardiac death in a middle-aged general population // *Europace*. — 2012. — Vol. 14. — No. 6. — P. 872–876. — DOI 10.1093/eurpace/eur393
 11. Сахнова Т. А. и др. Факторы, связанные с увеличением пространственного и фронтального углов QRS-T у больных инфарктом миокарда нижней локализации // *Кардиология*. — 2020. — Т. 60. — № 11. — С. 76–83. — DOI 10.18087/cardio.2020.11.n1295
 12. Сахнова Т. А. и др. Факторы, связанные с увеличением пространственного и фронтального углов QRS-T у больных инфарктом миокарда передней локализации // *Кардиология*. — 2021. — Т. 61. — № 12. — С. 22–30. — DOI 10.18087/cardio.2021.12.n1896
 13. Sweda R. et al. Diagnostic and prognostic values of the QRS-T angle in patients with suspected acute decompensated heart failure // *ESC heart failure*. — 2020. — Vol. 7. — No. 4. — P. 1817–1829. — DOI doi.org/10.1002/ehf2.12746
 14. Borleffs C. J. W. et al. Predicting ventricular arrhythmias in patients with ischemic heart disease: clinical application of the ECG-derived QRS-T angle // *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. — 2009. — Vol. 2. — No. 5. — P. 548–554. — DOI 10.1161/CIRCEP.109.859108
 15. Jogu H. R. et al. Frontal QRS-T angle and the risk of atrial fibrillation in the elderly // *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. — 2017. — Vol. 22. — No. 2. — P. e12388. — DOI 10.1111/anec.12388
 16. LiB. et al. QRS-T angle as a predictor of pulmonary arterial hypertension: A review // *Medicine*. — 2023. — Vol. 102. — No. 2. — P. e32320. — DOI 10.1097/MD.00000000000032320
 17. Yamawake N. et al. Unmasking Brugada-type electrocardiogram on deep inspiration // *Circulation Journal*. — 2014. — Vol. 78. — No. 2. — P. 360–365. — DOI 10.1253/circj.CJ-13-0576
 18. Nagase S., Kusano K. F. Deep-Inspiration Test — A Novel and Simple Technique of Unmasking Type I ECG in Brugada Syndrome // *Circulation Journal*. — 2014. — Vol. 78. — No. 2. — P. 311–312. — DOI 10.1253/circj.CJ-13-1519
 19. Уэст Дж. Физиология дыхания. Основы. — М.: Мир, 1988. — 200 с.
 20. Bainbridge F. A. On some cardiac reflexes // *The Journal of Physiology*. — 1914. — Vol. 48. — No. 4. — P. 332. — DOI 10.1113/jphysiol.1914.sp001666
 21. Crystal G. J., Salem M. R. The Bainbridge and the “reverse” Bainbridge reflexes: history, physiology, and clinical relevance // *Anesthesia & Analgesia*. — 2012. — Vol. 114. — No. 3. — P. 520–532. — DOI
 22. Pakkam M. L., Brown K. N. Physiology, Bainbridge Reflex. — 2019.
 23. Коростышевская И. М., Максимов В. Ф. Где и когда в сердце секретируются натрийуретические пептиды // *Онтогенез*. — 2012. — Т. 43. — № 3. — С. 217–217.
 24. Алиева А. М. Натрийуретические пептиды: использование в современной кардиологии // *Атмосфера. Новости кардиологии*. — 2017. — № 1. — С. 26–31.
 25. Чаулин А. М., Дупляков Д. В. Повышение натрийуретических пептидов, не ассоциированное с сердечной недостаточностью // *Российский кардиологический журнал*. — 2020. — № 54. — С. 55–61. — DOI 10.15829/1560-4071-2020-4140
 26. Драпкина О. М., Шепель Р. Н., Джиоева О. Н. Натрийуретические пептиды: новые задачи-новые решения // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. — 2021. — Т. 20. — № 7. — С. 106–112. — DOI 10.15829/1728-8800-2021-3102
 27. Lemaire M. et al. The heart, an endocrine gland: natriuretic peptides // *Annales d'Endocrinologie*. — Elsevier Masson, 2022. — Vo. 83. — No. 1. — P. 59–62. — DOI 10.1016/j.ando.2021.11.006
 28. Gallo G. et al. Natriuretic Peptides: It Is Time for Guided Therapeutic Strategies Based on Their Molecular Mechanisms // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — No. 6. — P. 5131. — DOI 10.3390/ijms24065131
 29. Arjamaa O. The endocrine heart: natriuretic peptides and oxygen metabolism in cardiac diseases // *CJC open*. — 2021. — Vol. 3. — No. 9. — P. 1149–1152. — DOI 10.1016/j.cjco.2021.04.005
 30. Tokudome T., Otani K. Molecular Mechanism of Blood Pressure Regulation through the Atrial Natriuretic Peptide // *Biology*. — 2022. — Vol. 11. — No. 9. — P. 1351. — DOI 10.3390/biology11091351
 31. Vinnakota S., Chen H. H. The importance of natriuretic peptides in cardiometabolic diseases // *Journal of the Endocrine Society*. — 2020. — Vol. 4. — No. 6. — P. bvaa052. — DOI 10.1210/jendso/bvaa052
 32. Moyes A. J., Hobbs A. J. C-type natriuretic peptide: a multifaceted paracrine regulator in the heart and vasculature // *International journal of molecular sciences*. — 2019. — Vol. 20. — No. 9. — P. 2281. — DOI 10.3390/ijms20092281
 33. Dorey T. W. et al. Natriuretic peptide receptor B maintains heart rate and sinoatrial node function via cyclic GMP-mediated signalling // *Cardiovascular Research*. — 2022. — Vol. 118. — No. 8. — P. 1917–1931. — DOI 10.1093/cvr/cvab245
 34. Zhao H. et al. Chronic B-type natriuretic peptide therapy prevents atrial electrical remodeling in a rabbit model of atrial fibrillation // *Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics*. — 2019. — Vol. 24. — No. 6. — P. 575–585. — DOI 10.1177/1074248419854749
 35. He Y. et al. C-type natriuretic peptide suppresses ventricular arrhythmias in rats with acute myocardial ischemia // *Peptides*. — 2020. — Vol. 126. — P. 170238. — DOI 10.1016/j.peptides.2019.170238
 36. Task Force Members et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology // *European heart journal*. — 2013. — Vol. 34. — No. 38. — P. 2949–3003. — DOI 10.1093/eurheartj/ehf296
 37. Fujii H., Yasue H., Okumura K. et al. Hyperventilation-induced simultaneous multivessel coronary spasm with variant angina an echocardiographic and arteriographic study // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 1988. — Vol. 12. — P. 1184–1192.
 38. Горст В. Р. Исследование реакции организма на задержку дыхания // *Фундаментальные исследования*. — 2007. — № 11. — С. 100.
 39. Аронов Д. М., Лупанов В. П. Функциональные пробы в кардиологии. — М.: МЕДпресс-информ, 2007. — 3-е изд. — 328 с.
 40. Корнеев Н. В., Давыдова Т. В. Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии. — М.: Медика, 2010. — 128 с.
 41. Гаджиева Л. Р., Барвинченко Л. И. Фармакологические и другие диагностические пробы в кардиологии Учебное пособие. М.: 2015–57 с.
 42. M. Brignole, A. Moya, F. J. de Lange et al. 2018 ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. The Task Force for the diagnosis and management of syncope of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) // *European Heart Journal* — 2018 (39) — 1883–1948. DOI 10.1093/eurheartj/ehy037

Сведения об авторах

В. С. Баркан¹, ORCID 0000-0002-3772-0429
Д. В. Дроздов², ORCID 0000-0001-7374-3604
Г. Д. Резветов³, ORCID 0009-0008-6771-7504

¹ ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина», Чита

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. ак. Е. И. Чазова» Минздрава РФ, Москва

³ ФГБУ «52 консультативно-диагностический центр» Министерства обороны РФ, Москва

Автор для переписки: Дроздов Д. В., e-mail: cardioexp@gmail.com

About authors

V. S. Barkan¹, ORCID 0000-0002-3772-0429
D. V. Drozdov², ORCID 0000-0001-7374-3604
G. G. Rezvetsov³, ORCID 0009-0008-6771-7504

¹ Clinical Hospital “RZD-Medicine”, Chita, Russian Federation

² National medical research center for cardiology named after Academician E. Chazov, Moscow, Russian Federation

³ Federal State Budgetary Establishment Ministry of Defense of the Russian Federation “52 the Advisory and Diagnostic Center”

Corresponding author: Drozdov D. V., e-mail: cardioexp@gmail.com

Статья поступила / Received 07.08.2023

Получена после рецензирования / Revised 17.08.2023

Принята в печать / Accepted 27.08.2023

Для цитирования: Баркан В. С., Дроздов Д. В., Резветов Г. Д. Электрокардиограмма на вдохе: физиологические механизмы и диагностические возможности пробы. Медицинский алфавит. 2023;(22):36–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-22-36-42>

For citation: Barkan V. S., Drozdov D. V., Rezvetsov G. G. Deep inspiration electrocardiogram test: physiologic mechanisms and diagnostic capabilities. Medical alphabet. 2023;(22):36–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-22-36-42>

