

<https://doi.org/10.35336/VA-2023-2-13><https://elibrary.ru/WYARQL>

К ВОПРОСУ О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ ЭКТОПИЙ И АБЕРРАНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ QRS С КАРТИНОЙ БЛОКАДЫ ПРАВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА

М.М.Медведев^{1,2}, А.Б.Парижский²

¹Санкт-Петербургский Государственный Университет, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб. д. 7/9;

²НАО Институт кардиологической техники «ИНКАРТ», Россия, Санкт-Петербург, Выборгское ш., д. 22А.

Рассматриваются подходы к дифференциальной диагностике желудочковых эктопий и aberrantных комплексов QRS с картиной полной блокады правой ножки пучка Гиса, основанные на оценке скоростей охвата миокарда возбуждением, сходстве и различиях начальных частей «узких» и «широких» комплексов QRS, наличии низкоамплитудного начала комплекса QRS в ряде отведений.

Ключевые слова: широкие комплексы QRS; желудочковые эктопии; aberrantное проведение; полная блокада правой ножки пучка Гиса; электрокардиография

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 07.01.2023 **Исправленная версия получена:** 27.02.2023 **Принята к публикации:** 21.03.2023

Ответственный за переписку: Медведев Михаил Маркович, E-mail: mikhmed@mail.ru

М.М.Медведев - ORCID ID 0000-0003-4903-5127, А.Б.Парижский - ORCID ID 0009-0004-7018-9360

Для цитирования: Медведев ММ, Парижский АБ. К вопросу о дифференциальной диагностике желудочковых эктопий и aberrantных комплексов QRS с картиной блокады правой ножки пучка Гиса. *Вестник аритмологии*. 2023;30(2): e26-e32. <https://doi.org/10.35336/VA-2023-2-13>.

THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF VENTRICULAR PREMATURE BEATS AND ABERRANT QRS COMPLEXES WITH A PICTURE OF COMPLETE RIGHT BUNDLE BRANCH BLOCK

М.М.Медведев^{1,2}, А.Б.Парижский²

¹Saint-Petersburg State University, Russia, Saint-Petersburg, 7/9 Universitetskaya emb.;

²NJSC Institute of Cardiology Engineering «INCART», Russia, Saint-Petersburg, 22A Viborgskoye h.

Approaches to the differential diagnosis of ventricular premature beats and aberrant QRS complexes with a picture of complete right bundle branch block are considered, based on the assessment of the rates of myocardial coverage by excitation, the similarity, and differences in the initial parts of “narrow” and “wide” QRS complexes, the presence of a low-amplitude onset of the QRS complex in several leads.

Key words: wide QRS complexes; ventricular premature beats; aberrant conduction; complete right bundle branch block; electrocardiography

Conflict of Interests: none.

Funding: none.

Received: 07.01.2023 **Revision Received:** 27.02.2023 **Accepted:** 21.03.2023

Corresponding author: Mikhail Medvedev, E-mail: mikhmed@mail.ru

М.М.Медведев - ORCID ID 0000-0003-4903-5127, А.Б.Парижский - ORCID ID 0009-0004-7018-9360

For citation: Medvedev MM, Parizhskiy AB. The differential diagnosis of ventricular premature beats and aberrant QRS complexes with a picture of complete right bundle branch block. *Journal of Arrhythmology*. 2023;30(2): e26-e32. <https://doi.org/10.35336/VA-2023-2-13>.

Поиски универсального алгоритма дифференциальной диагностики тахикардий с широкими комплексами QRS продолжаются более 60 лет и, судя по всему, еще далеки от своего завершения [1]. Это связано с рядом причин. Прежде всего с обилием тахикардий с широкими комплексами QRS, часть из которых принципиально невозможно дифференцировать только на

основании электрокардиографических (ЭКГ) данных, полученных на фоне тахикардии. Например, совершенно различные по своим электрофизиологическим механизмам пароксизмальная реципрокная атриовентрикулярная антидромная тахикардия и желудочковая тахикардия, исходящая из точки окончания дополнительного пути проведения в миокарде желудочков,

могут выглядеть абсолютно идентично. Другой важнейшей причиной несовершенства имеющихся алгоритмов является несопоставимость групп больных, на которых они были разработаны. В большинстве исследований желудочковые тахикардии регистрировались у пожилых больных с наличием очаговых рубцовых изменений, а наджелудочковые - у молодых пациентов с отсутствием структурных изменений сердца.

Поскольку решение задачи дифференциальной диагностики тахикардий с широкими комплексами QRS «в целом» с приемлемым уровнем чувствительности и специфичности разработанных алгоритмов, а также возможности их использования «у постели больного» вызвало существенные затруднения, вероятно, стоит пытаться решать ее «пошагово», двигаясь от частного к общему. Представляется целесообразным, в качестве первого шага определить критерии, позво-

ляющие дифференцировать предсердные экстрасистолы (ПЭС) с аберрантным проведением в виде полной блокады правой ножки пучка Гиса (ПБПНПГ) и желудочковые экстрасистолы (ЖЭС) с морфологией той же блокады. Очевидно, что для уменьшения влияния ряда факторов, например наличия или отсутствия кардиальной патологии, желательнее использовать для сравнения ПЭС и ЖЭС, зафиксированные в рамках одного холтеровского мониторирования (ХМ) ЭКГ у одного и того же пациента. Оптимально регистрировать подобные ПЭС и ЖЭС во время ночного сна, что должно способствовать как повышению качества записи, так и исключать влияния, связанные с изменением положения тела, например, при переходе в ортостаз.

ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ, зарегистрированные у пациента М. представлены на рис. 1. На фрагменте ХМ ЭКГ, зафиксированном в 05:33:00 по-

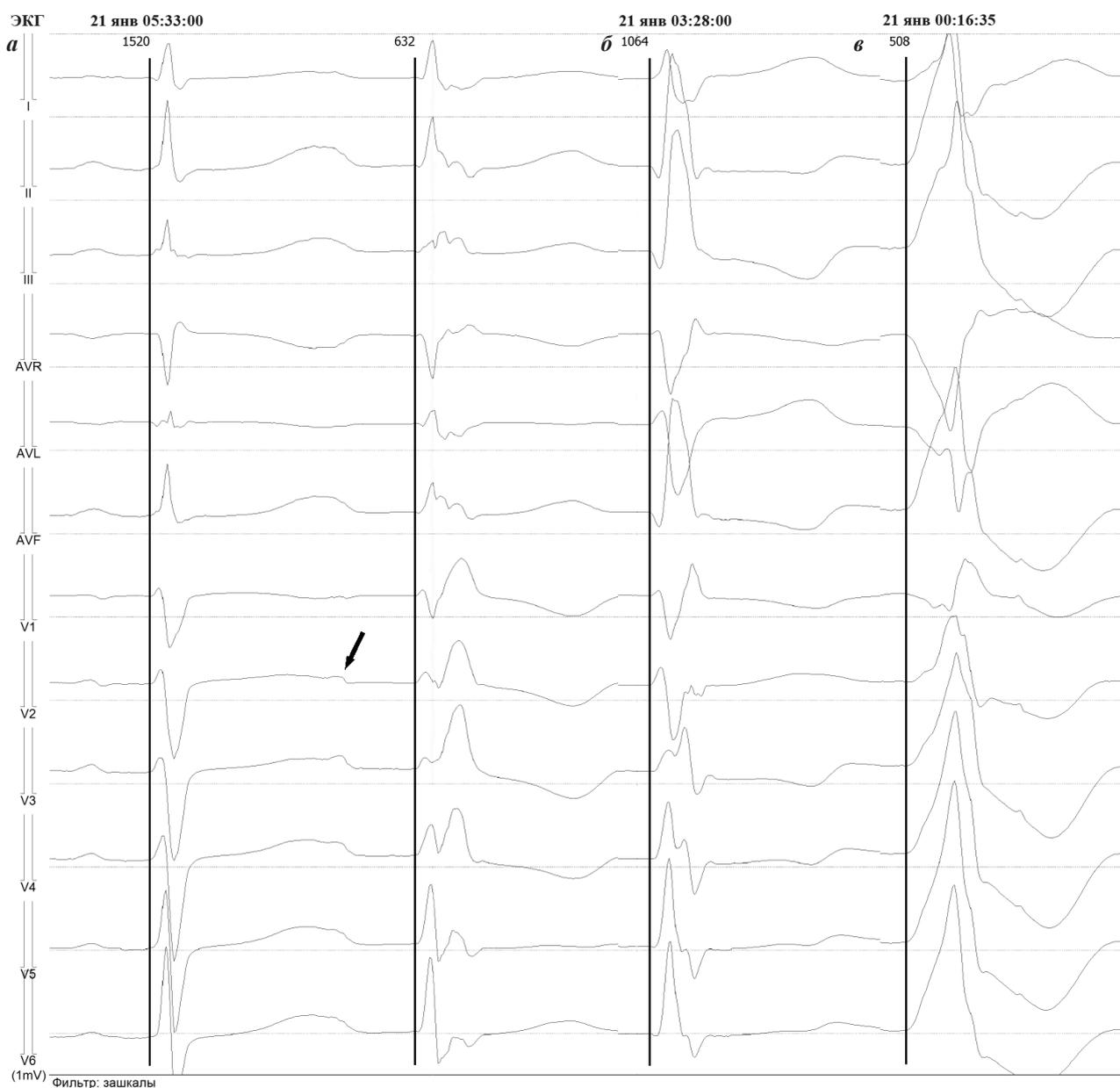


Рис. 1. Фрагменты холтеровского мониторирования ЭКГ пациента М.: а - с синусовым комплексом P-QRS-T и предсердной экстрасистолой с аберрацией в виде полной блокады правой ножки пучка Гиса (ПБПНПГ), б - с желудочковой экстрасистолой с морфологией ПБПНПГ, в - с желудочковой экстрасистолой из задней стенки сердца. Объяснения в тексте.

сле синусового комплекса P-QRS-T следует ПЭС с абберрантным проведением в виде ПБПНПГ. Стрелочка указывает на волну Р этой ПЭС. В 03:28:00 зарегистрирована ЖЭС с картиной ПБПНПГ. Важно, что продолжительности комплексов QRS как ПЭС, так и ЖЭС сопоставимы. Кроме того, необходимо отметить, что как в синусовом комплексе P-QRS-T, так и в комплексах QRS ПЭС и ЖЭС отсутствуют признаки блокад передне-верхней или задне-нижней ветвей левой ножки пучка Гиса. На третьем фрагменте ХМ ЭКГ, для сравнения представлена ЖЭС, вероятно, происходящая из задней стенки сердца.

Прежде чем предлагать новые критерии дифференциальной диагностики ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ представляется целесообразным проверить, возможно ли их разделение на основании общепринятых критериев [2, 3]. Интересно, что случае ПЭС с картиной ПБПНПГ выявляется ряд признаков, характерных для желудочковых эктопий: величина интервала RS в отведениях V5 и V6 превышает 120 мс, в отведении aVR ширина зубца Q превышает 50 мс. С другой стороны, желудочковая экстрасистола с картиной ПБПНПГ демонстрирует отсутствие отрицательной конкордантности, наличие RS в грудных отведениях, соотношение R/S в отведении V6 превышающее 1. Таким образом, признаки представленные в действующих Рекомендациях, не позволяют однозначно трактовать генез этих широких комплексов QRS.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ВОСЬМИМЕРНОГО ПСЕВДО ВЕКТОРА

Методику построения восьмимерного псевдо вектора, отражающего динамику моментных значений амплитуды электрокардиосигнала в восьми первично регистрируемых каналах (из которых в дальнейшем рассчитываются двенадцать общепринятых отведений) мы опубликовали ранее [1]. Важно, что при таком подходе анализируется весь объем поступающей ЭКГ информации. Если ранее мы демонстрировали графики нормированного значения псевдо вектора, а также линейной и тангенциальной скоростей охвата миокарда возбуждением, то при построении рис. 2 мы ограничились графиками нормированных значений амплитуды псевдо векторов четырех рассматриваемых комплексов QRS.

По оси абсцисс отложено время от начала комплекса QRS в миллисекундах, по оси ординат - моментная нормированная амплитуда восьмимерного псевдо вектора в промилле от амплитуды интегрального псевдо вектора, отражающего полный охват миокарда возбуждением (см. ниже). Представлены графики, полученные при анализе синусового (суправентрикулярного - S), абберрантного в виде ПБПНПГ (AR), желудочкового в виде ПБПНПГ (VR) и желудочкового из задней стенки сердца (VP) комплексов QRS. График моментной нормированной амплитуды восьмимерного

псевдо вектора синусового комплекса QRS компактен (его продолжительность не достигает 100 мс), характер распределения близок к симметричному, имеется умеренная бимодальность, вероятно, связанная с наличием нарушения внутрижелудочкового проведения. Сравняя этот график с графиком ПЭС с картиной ПБПНПГ мы должны констатировать, что их начальные части на протяжении примерно 30 мс практически совпадают. Это очень важный признак, который можно использовать при дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ. В дальнейшем график нормированного псевдо вектора ПЭС приобретает выраженную бимодальность, причем продолжительность второй волны этого графика примерно в два раза больше, чем первой, а конечные скорости охвата миокарда возбуждением существенно меньше начальных.

Иную картину представляет собой график нормированного псевдо вектора ЖЭС с картиной ПБПНПГ. На протяжении первых 30 мс скорость охвата миокарда возбуждением при этой ЖЭС существенно ниже, чем при наджелудочковых комплексах QRS с отсутствием и наличием абберрации. Вероятно, это связано с тем, что возбуждение охватывает миокард из эктопического очага (из одной точки), а не из разветвлений системы Гиса-Пуркинью. Затем скорость охвата миокарда возбуждением при ЖЭС с картиной ПБПНПГ возрастает и выравнивается с таковой у наджелудочковых комплексов QRS (графики идут практически параллельно). В целом график нормированного псевдо вектора ЖЭС с картиной ПБПНПГ выглядит асимметрично (начальные скорости охвата миокарда возбуждением превышают конечные), имеется умеренная бимодальность, выраженная существенно меньше, чем при ПЭС с картиной ПБПНПГ.

Представленный для сравнения график нормированного псевдо вектора ЖЭС из задней стенки сердца

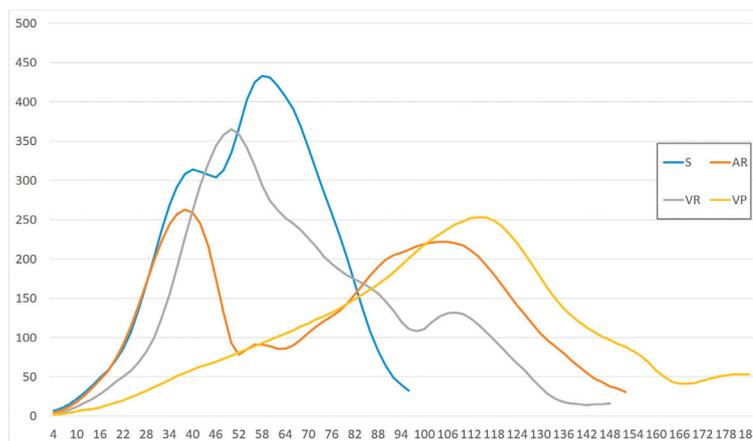


Рис. 2. Графики изменения нормированного восьмимерного псевдо вектора во времени. По оси абсцисс время от начала комплекса QRS в миллисекундах, по оси ординат - моментная амплитуда псевдо вектора в промилле от полного охвата миокарда возбуждением, принятого за единицу. Здесь и далее: S - суправентрикулярный комплекс QRS, AR - предсердная экстрасистола с абберацией в виде полной блокады правой ножки пучка Гиса (ПБПНПГ), VR - желудочковая экстрасистола с морфологией ПБПНПГ, VP - желудочковая экстрасистола из задней стенки сердца. Объяснения в тексте.

демонстрирует чрезвычайно низкую начальную скорость охвата миокарда возбуждением, сохраняющуюся на протяжении примерно 120 мс. Вероятно, это связано как с расположением эктопического очага в эпикардиальном слое миокарда, так и, собственно, с расположением эктопического очага. В целом график этой ЖЭС демонстрирует мономодальность и асимметричное распределение с преобладанием конечной скорости охвата миокарда возбуждением, над начальной. Интересно, что завершающие участки графиков всех трех экстрасистол идут практически параллельно, демонстрируя равные скорости охвата миокарда возбуждением. Таким образом даже визуальный анализ графиков нормированного псевдо вектора позволяет выявить закономерности, которые могут быть использованы при дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ИНТЕГРАЛА ВОСЬМИМЕРНОГО ПСЕВДО ВЕКТОРА

Несколько иные возможности в дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ связаны с интегральным представлением псевдо вектора (Рис. 3). Каждой временной точке на оси абсцисс соответствует не моментное значение нормированной величины псевдо вектора, а сумма нормированных моментных значений во всех предыдущих точках. Благодаря такому подходу каждый из графиков достигает величины в 1000 промилле, соответствующей полному охвату миокарда возбуждением.

График охвата миокарда возбуждением суправентрикулярного комплекса QRS на протяжении значительного времени представляет из себя практически прямую линию, что свидетельствует о фор-

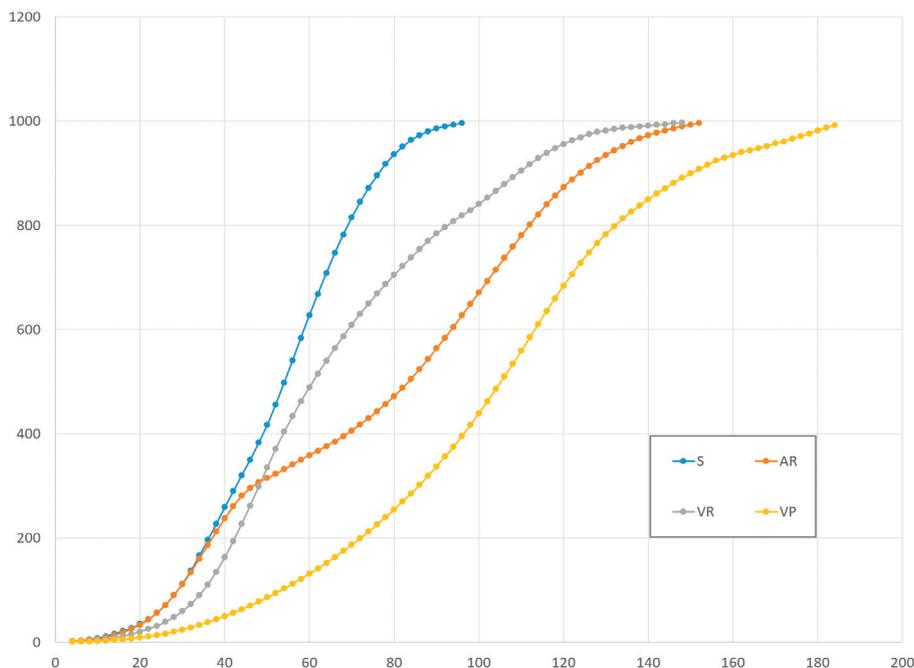


Рис. 3. Графики изменения интеграла восьмимерного псевдо вектора во времени. По оси абсцисс время от начала комплекса QRS в миллисекундах, по оси ординат - моментная интегральная амплитуда псевдо вектора в промилле от полного охвата миокарда возбуждением, принятого за единицу. Объяснения в тексте.

мировании единого фронта возбуждения и его равномерном распространении. Интегральный график ПЭС с картиной ПБПНПГ первоначально совпадает с таковым наджелудочкового комплекса QRS, а затем происходит резкое снижение скорости распространения возбуждения, связанное с ПБПНПГ. Начальная часть графика ЖЭС с картиной ПБПНПГ очень похожа на график наджелудочкового комплекса QRS, но запаздывающий по времени примерно на 10-15 мс. В дальнейшем скорость охвата миокарда возбуждением при ЖЭС также снижается, но не столь резко, как при ПЭС. Наконец, график охвата миокарда возбуждением при ЖЭС из задней стенки сердца в целом напоминает график суправентрикулярного QRS, но с выраженным почти двукратным снижением скорости охвата.

Сравнивая эти четыре графика, можно обнаружить временные точки, в которых они максимально различаются по доле деполяризованного миокарда, что может быть использовано при дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ. Применительно к началу охвата миокарда возбуждением в качестве такой точки целесообразно использовать значение в 30 мс от начала комплексов QRS. В этой точке доли охвата миокарда возбуждением для суправентрикулярного QRS и ПЭС практически совпадают (112 и 111 промилле, соответственно), а при ЖЭС с картиной ПБПНПГ составляет всего 59 промилле. Таким образом соотношение долей охвата миокарда возбуждением при ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ к 30-ой мс от начала комплекса QRS достигает числа 1,88. Необходимо отметить, что это максимальное значение, на основании которого и была выбрана точка 30 мс от начала комплексов QRS. Стоит напомнить, что в ряде публикаций определение начальной скорости охвата миокарда возбуждением производилось через 40 мс от начала комплекса QRS. Вероятно, это было продиктовано не поиском оптимального результата, а использованием ЭКГ, снятой на «бумажном носителе» при скорости 25 мм/с, когда интервал в 1 мм, соответствует 40 мс [4, 5].

Конечные скорости охвата миокарда возбуждением отличаются не столь значимо. В сравниваемых ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ целесообразно сопоставить доли охвата миокарда возбуждением примерно на 70 мс от начала комплекса QRS. К этому моменту соответствующие доли охвата составили 815, 406 и 609 промилле для суправентрикулярного комплекса QRS, ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ. Соотношение долей

охвата ПЭС и ЖЭС составляет 0,666, что позволяет использовать этот показатель в дифференциальной диагностике. Важно подчеркнуть, что ближе к окончаниям комплексов QRS ПЭС и ЖЭС это различие существенно нивелируется. Так, в точке, отстоящей на 40 мс от окончания комплексов QRS ПЭС и ЖЭС (используемой в процитированных нами исследованиях) соотношение долей охвата составляет 0,86. Таким образом, оно в этой точке приближается к единице и окажет существенно меньшее влияние на формирование правильного диагноза.

СХОДСТВО НАЧАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ УЗКИХ И ШИРОКИХ КОМПЛЕКСОВ QRS

Важным признаком, указывающим на аберрантный генез широкого комплекса QRS с картиной ПБПНПГ является сходство его начальной части с начальной частью узкого суправентрикулярного комплекса. При сравнении таких комплексов необходимо соблюдать ряд условий. В широком комплексе QRS должна присутствовать картина только ПБПНПГ без блокад передне-верхней или задне-нижней ветвей левой ножки пучка Гиса. Сравнение нужно проводить при одном и том же положении тела пациента

(оптимально - лежа на спине во время ночного сна). Желательно сравнивать комплексы, находящиеся в непосредственной близости друг от друга. Сравнение можно проводить визуально, оценивая начальные части комплексов QRS в каждом из 12 отведений. Возможно сравнение с помощью построения специальных графиков. Наконец, оптимальным представляется математический подход, когда сравниваются матрицы отсчетов, формирующих сопоставляемые комплексы и рассчитывается показатель, отражающий их сходство.

При визуальном сравнении синусового комплекса QRS (см. рис. 1) и ПЭС с картиной ПБПНПГ мы можем отметить высокую степень сходства их начальных частей. Во всех отведениях эти комплексы начинаются примерно одинаково. Этого не происходит при сравнении синусового комплекса QRS и ЖЭС с картиной ПБПНПГ. Например, в нижних отведениях синусовый комплекс начинается с низкоамплитудных зубцов r, а комплекс QRS ЖЭС с картиной ПБПНПГ с зубцов q. Облегчить визуальное сравнение призваны специализированные графики (Рис. 4). В этих графиках по оси абсцисс отложены восемь первично регистрируемых каналов ЭКГ сиг-

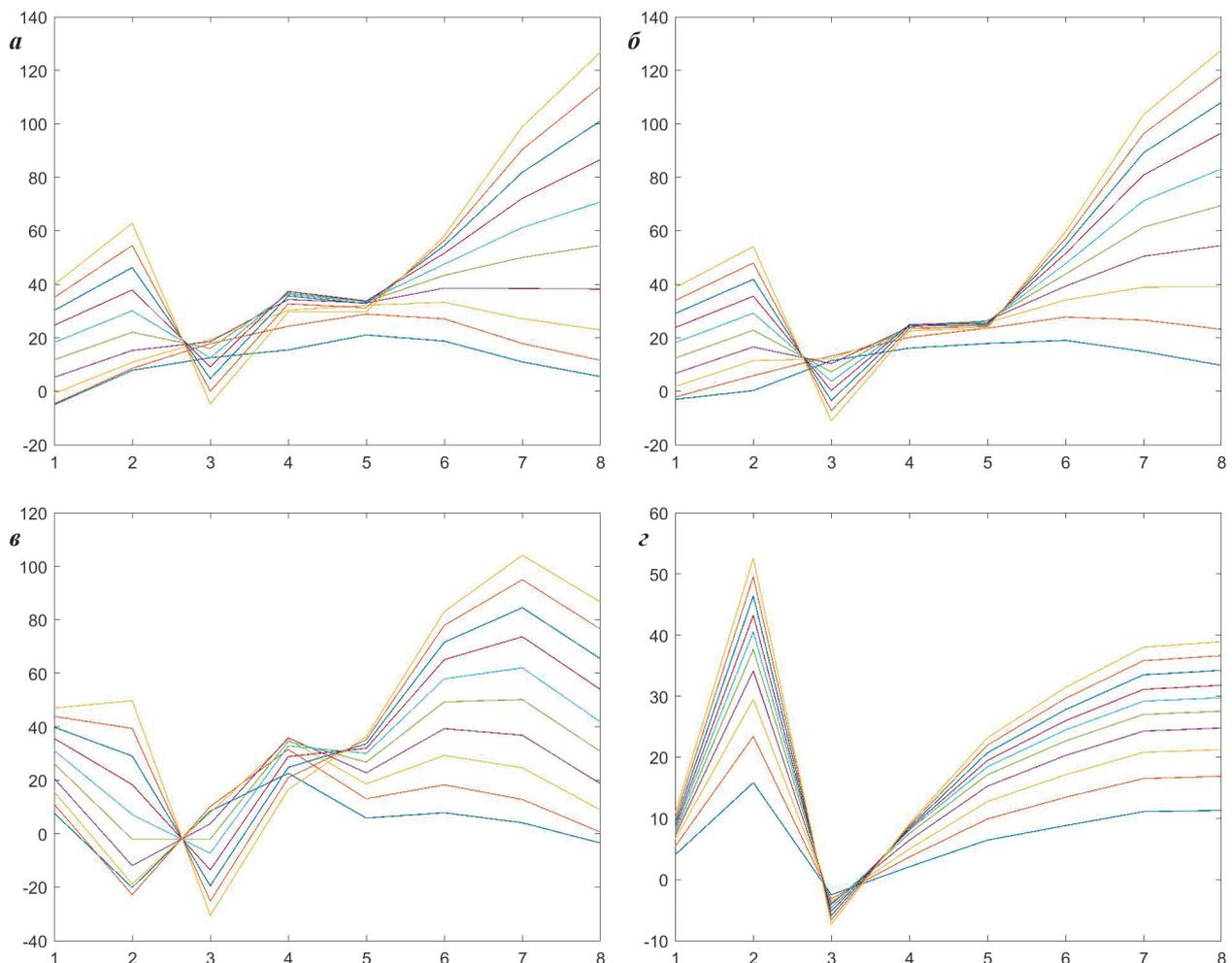


Рис. 4. Графики распределения 13 первых отсчетов в восьми исходно регистрируемых отведениях электрокардиограммы: а - суправентрикулярный комплекс QRS, б - предсердная экстрасистола с аберрацией в виде полной блокады правой ножки пучка Гиса (ПБПНПГ), в - желудочковая экстрасистола с морфологией ПБПНПГ, г - желудочковая экстрасистола из задней стенки сердца. Наблюдается выраженное сходство графиков а и б. Объяснения в тексте.

нала, а по оси ординат - значения первых 13 отсчетов. Для наглядности соответствующие отсчеты в каждом из каналов соединены линиями. Полученные фигуры сравниваются визуально. Видно, что графики, полученные при суправентрикулярном комплексе QRS и при ПЭС с картиной ПБПНПГ практически идентичны, тогда как два других графика существенно от них отличаются.

Эти визуальные оценки подтверждаются результатами математического сравнения матриц отсчетов, формирующих начальные части сопоставляемых комплексов. В результате попарного сравнения этих матриц создавались так называемые «матрицы различий» в которых, как следует из их названия, отображались различия между моментными псевдо векторами пар комплексов QRS. Полному сходству псевдо векторов должно было соответствовать значение показателя равное 0 (не достижимо), их максимальному различию соответствовало значение показателя равное 2 (в рассматриваемых комплексах его максимальное значение составило 1,495). При сравнении матриц синусового комплекса QRS и ПЭС с картиной ПБПНПГ минимальный показатель различия псевдо векторов составил 0,76, среднее значение четырнадцати минимальных показателей различия (число соответствует размерности матрицы) - 0,82, среднее значение показателей различия сформировавших диагональ матрицы - 0,182. При сравнении синусового комплекса QRS и ЖЭС с картиной ПБПНПГ значения этих показателей ровнялись 0,294, 0,392 и 0,463, соответственно. Полученные данные подтверждают высокий уровень сходства начальной части синусового комплекса QRS с ПЭС с картиной ПБПНПГ, но не с ЖЭС с картиной ПБПНПГ.

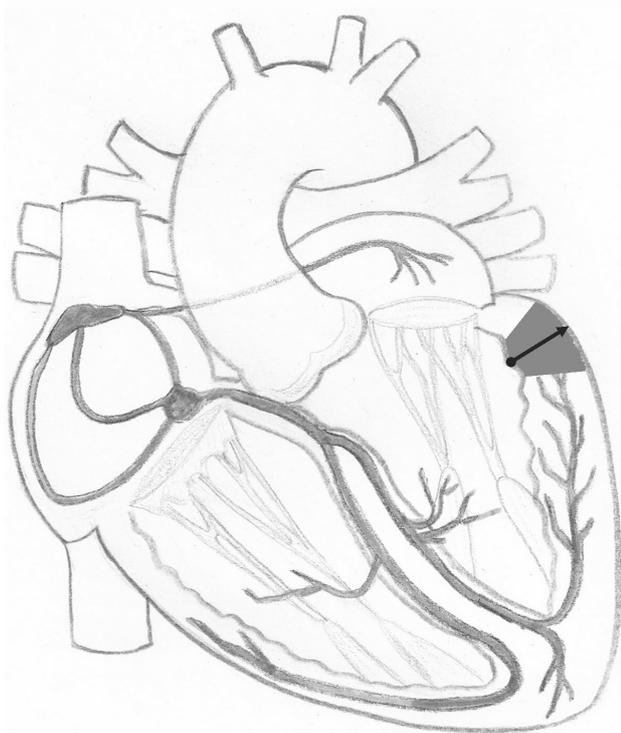


Рис. 5. Схема проводящей системы сердца с начальным вектором желудочковой экстрасистолы. *Объяснения в тексте.*

НАЛИЧИЕ НАЧАЛЬНОЙ НИЗКОАМПЛИТУДНОЙ ЧАСТИ В ШИРОКИХ КОМПЛЕКСАХ QRS

Еще одним важным признаком, который может быть использован при дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ, является наличие низкоамплитудной начальной части комплекса QRS, регистрируемой в грудных отведениях. Механизм формирования такого низкоамплитудного компонента комплекса QRS представлен на рис. 5. Если в случае ЖЭС возбуждение начинает распространяться во все стороны из точки, расположенной в эндокардиальном слое миокарда, то вектора, направленные в противоположные стороны, нивелируются и суммарный начальный вектор будет ориентирован в направлении от эндокарда к эпикарду. Этот вектор может быть перпендикулярен осям каких-либо отведений, вследствие чего там будет формироваться низкоамплитудная начальная часть комплекса QRS.

Необходимо напомнить, что в основе векторной теории лежит представление о сердце как о точке, из которой исходит результирующий моментный вектор, изменяющийся во времени и пространстве. Окончание этого вектора в рамках одного кардиоцикла формирует векторные петли P, QRS и T. Корректное отображение этих петель благодаря удаленности электродов на конечностях от сердца возможно только во фронтальной плоскости. Прекордиальные отведения, с нашей точки зрения, в силу своей близости к сердцу не позволяют адекватно рассчитывать направления и амплитуды моментных векторов, но позволяют выявлять перпендикулярность тех или иных векторов осям некоторых отведений. Вместе с тем необходимо отметить, что в последние годы предпринимаются попытки использования векторного анализа (в том числе в горизонтальной и сагиттальной плоскостях) в дифференциальной диагностике тахикардий с широкими комплексами QRS [6].

Наличие низкоамплитудных или изоэлектричных участков в начале комплекса QRS при регистрации отведений от конечностей встречается весьма часто. Это связано с тем, что оси отведений от конечностей идут с шагом в 60 градусов и начальный вектор QRS может быть близок к перпендикуляру к одному из этих отведений. Например, в синусовом комплексе QRS (см. рис. 1а) такой изоэлектричный участок регистрируется в отведении aVR. Именно поэтому при определении границ комплексов QRS нужно выявлять их самые ранние и самые поздние точки при синхронной регистрации двенадцати общепринятых отведений. Определение ширины комплекса QRS в каком-либо одном отведении, в группах по 3 или 6 отведений, а также в восьми исходно регистрируемых каналах записи представляется нам неправильным.

С другой стороны, при регистрации грудных отведений из-за их прекордиальности в случае синусовых комплексов QRS (см. рис. 1а) и при ПЭС с картиной ПБПНПГ (см. рис. 1б) изоэлектричные или низкоамплитудные участки отсутствуют и начальные точки комплексов QRS расположены (как и должно быть) на одной вертикали. Иная картина наблюдается при ЖЭС с картиной ПБПНПГ. В отве-

дениях V4 и V5 регистрируются начальные изоэлектричные участки, что, на наш взгляд, подтверждает желудочковый генез этих комплексов. Очевидно, что в дальнейшем потребуется выработка критериев для количественной оценки таких низкоамплитудных участков записи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные нами подходы к дифференциальной диагностике ПЭС и ЖЭС с картиной ПБП-

НПГ, несомненно, требуют дальнейшего анализа и оценки чувствительности и специфичности каждого из признаков. В последующем с использованием адекватной обучающей выборки возможно формирование алгоритма дифференциальной диагностики ПЭС и ЖЭС с картиной ПБПНПГ с использованием как предлагаемых подходов, так и «классических» признаков. Кроме того, разработанные алгоритмы необходимо будет проверить на независимой контрольной выборке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев ММ, Парижский АБ. Почему «не работают» электрокардиографические алгоритмы дифференциальной диагностики тахикардий с широкими комплексами QRS. Вестник аритмологии. 2020;27(2): 54-66. [Medvedev MM, Parizhskiy AB. Why “don’t work” electrocardiographic algorithms for differential diagnostics of wide QRS tachycardia. *Journal of arrhythmology*. 2020;27(2): 54-66(In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2020-2-54-66>.
2. Brugada J, Katritsis D, Arbelo E, et al. 2019 ESC guidelines for the management of supraventricular tachycardias. The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ECS). *Eur Heart J* 2019;41: 655-720. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz467>.
3. Katritsis D, Brugada J. Differential diagnosis of wide QRS tachycardias. *Arrhythmia & Electrophysiology Review* 2020;9(3): 155-60. <https://doi.org/10.15420/aer.2020.20>.
4. Verecke A, Duray G, Szénási G, et al. Application of a new algorithm in the differential diagnosis of wide QRS complex tachycardia. *Eur Heart J*. 2007;28: 589-600.
5. Verecke A, Duray G, Szénási G, et al. New algorithm using only lead aVR for differential diagnosis of wide QRS complex tachycardia. *Heart Rhythm*. 2008;5: 88-98.
6. Kashou AH, LoCoco S, McGill TD et al. Automatic wide complex tachycardia differentiation using mathematically synthesized vectorcardiogram signals. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2020;27: e12890. <https://doi.org/10.1111/anec.12890>.