

Миронова Т.Ф.¹, Миронов В.А.², Ковин Е.А.¹

Возможности ритмокардиографии высокого разрешения в аритмологии

1 — ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, 2 — ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Екатеринбург

Mironova T.F., Mironov V.A., Kovin E.A.

Possibilities of high-resolution rhythmocardiography in rhythmocardiology

Резюме

Представлены некоторые результаты исследования ритмокардиографии высокого разрешения (РКГ) в клинической кардиологической аритмологии. Большинство известных клинических форм аритмий регистрируется с помощью РКГ и доступно для диагностики. Кроме этого, регистрируется автономный фон регуляции ритма сердца и его связь с нарушениями ритма, гемодинамическое значение каждого аритмического эпизода, что важно для оценки причины аритмии. Найдено и показано на примере РКГ, что синдром автономной кардионейропатии с крайне выраженным угнетением автономной регуляции ритма является предиктором тяжёлых форм аритмий и высокого риска летального исхода. РКГ полезна для диагностики сердечных аритмий, содержит преимущества, не реализуемые рутинными методами.

Ключевые слова: ритмокардиография, вариабельность сердечного ритма, аритмия

Summary

Purpose of researches was approbation of the high-resolution rhythmocardiography (RCG) at cardiological clinical arrhythmology. Presented here some results of the cardiac rhythm breaches registration and analyses of heart rate variability wave structures in patients with different diseases. Also here are descriptions for every example. These examples testified next results. RCG is informative method and register a number forms of cardioarrhythmias, and also it register an autonomic background of the rhythm breaches, connection arrhythmias with autonomic system, hemodynamic influence of the every arrhythmic episode. Predictor of the arrhythmias are reduction of the autonomic regulation and absent of it. RCG is very impotent method for the cardiological arrhythmology.

Key word: rhythmocardiography, heart rate variability, arrhythmias

Введение

Тема исследования обоснована распространённостью сердечных аритмий, и необходимостью поиска дополнительных специализированных методов и аппаратуры для их актуальной диагностики. Прекрасно разработанный метод анализа электропотенциалов сердца (ЭКГ) имеет ограничения в оценке аритмогенного фона, в том числе автономного, гемодинамического значения нарушений ритма, соотношения их между собой и другие. Совершенствование ЭКГ-аппаратуры идёт по пути разработки многоканальной записи для сокращения времени на ЭКГ-запись, что чревато потерей объёма диагностически значимой информации. Именно из-за ограничений Норманн Холтер в 50-х годах предложил многочасовую мониторинговую запись ЭКГ (ХМ), довольно затратным по времени на расшифровку и анализ. В последующем анализ ХМ-записей заменён программным обеспечением с потерей её точности до 80-125 Гц из-за объёма хранения

в оперативной памяти компьютеров в современной медицине. Обращает внимание также отсутствие дозированной нагрузки в обычной жизнедеятельности человека, что мешает выявлению закономерностей в норме и патологии. Наш опыт работы с ритмокардиографией высокого разрешения (РКГ) и анализом волновой структуры вариабельности сердечного ритма (ВСР) убеждают, что РКГ не имеет выше названных недостатков. Иногда удаётся зарегистрировать ранее не описанные кардиоаритмии (КА). Не умаляя достоинств ЭКГ, можно считать РКГ полезным дополнением к ЭКГ потому, что она ориентирована на исследование автономной (вегетативной) регуляции ритма сердца. Являясь нейрорефлекторной, автономная нервная система обеспечивает быстрое изменение функций внутренних органов, важна и необходима для адаптации и обеспечения жизнедеятельности человека в ежесекундно меняющихся условиях. Высокая точность также оказалась необходимой, так как физиологический уровень ис-

следования синаптический, субклеточный, где происходит квантовая медиаторная передача импульсов с автономных симпатических и парасимпатических нервных окончаний клеткам-эффекторам. В этом преимущество РКГ, и перспектива перехода исследования от органного уровня к более глубокому, регуляторному.

Цель исследования: Клиническая апробация РКГ в аритмологии.

Материалы и методы

Авторами проводится разработка и медицинская апробация аппаратно-программного диагностического компьютерного комплекса (АПК) высокой тонности ($1000 \pm 3 \text{ Гц}$) для регистрации и анализа ВСП, содержащей диагностическую информацию о вегетативной дисрегуляции сокращений сердца. С нарушений ритма сердца нередко начинаются кардиоваскулярные заболевания (КВЗ), на их фоне формируются, что значимо для ранней диагностики и лечения КВЗ с использованием выбора лечения, оценки выраженности болезни и её динамики. Физиологической основой ВСП является интегральная сократительная функция сердца, потенцируемая пейсмекерными клетками синоатриального узла (СУ) - пейсмекерами первого порядка. СУ в условиях КВЗ имеет многовариантные дисрегуляторные изменения. Поэтому потребовалось не только создание АПК, но и одновременная разработка диагностического метода РКГ и программного обеспечения регистрации и анализа ВСП [1,2, 3] с учётом физиологических и патологических изменений регуляции сердечного ритма. Диагностический комплекс - КАП-РК-01-«Микор» был создан в 1992 г., зарегистрирован и разрешён к применению для обследования больных (Рег. удостоверение № ФС 02262005/2447-06). В состав комплекса для точной регистрации ЭКС включён прибор-преобразователь ЭКС - ПРКГ-01 для устранения разночастотных помех. АПК обеспечивает техническими и программными средствами точную регистрацию ЭКС ($1000 \pm 3 \text{ Гц}$), таков же и анализ ВСП и хранение в оперативной памяти компьютера. Хотя метод не имеет широкого применения, в том числе из-за контрафактных работ, РКГ в оценке состояния вегетативной регуляции сердечного ритма пока не имеет альтернативы. Положительный опыт обосновывается базой данных почти в 70-тысяч больных, обследованных с ВСП-анализом. С 2001 по 2016 г.г. были обследованы стандартными кардиологическими методами 4020 преимущественно стационарных больных с кардиоаритмиями на фоне хронической ИБС в сочетании с сахарным диабетом, патологией гормонопродуцирующих органов, с острым коронарным синдромом, инфарктом миокарда, аритмической формы ИБС, и лиц, перенёвших инфаркт различного генеза. Диагнозы верифицировались рутинными методами. Помимо стандартного кардиологического функционального и лабораторных методов, пациентам проводилось РКГ-исследование.

Метод РКГ высокого разрешения

АПК КАП-РК-01(02)-«Микор» и его модификация с мониторинговой записью во время хирургических опера-

ций регистрируется ЭКС с передней поверхности грудной клетки испытуемого пациента тремя электродами с соблюдением специально разработанных условий. Точность регистрации ЭКС до 1 мс сохранялась в памяти компьютера и в последующих расчётах волновой структуры ВСП [1, 2, 3]. Использовался статистический и спектральный анализ 260-300 межсистолических RR-интервалов. Результат статистического анализа представлен показателями: средние величины продолжительности RR-интервалов на анализируемой Ркг-(RR), их стандартной девиации от среднестатистической величины (SDNN), среднеквадратические отклонения всех волн гуморально-метаболического влияния (σ_1), симпатического (σ_2), парасимпатического (σ_3), средняя амплитуда дыхательной аритмии (ARA) в секундах. Ркг здорового человека представлена на рис.1.

Для расчёта соотношения 3-х факторов регуляции ВСП - симпатического, парасимпатического отделов автономной системы, а также гуморально-метаболического влияния на медленные потенциалы в СУ, последний фактор не учитывается в зарубежных разработках вопреки физиологической классике. Использовалось также частотное вычисление соответствующих 3-х энергетических вкладов в общий тотальный спектр колебаний ВСП с применением быстрого преобразования Фурье и спектральных окон Хамминга и Парсена. Спектральное соотношение факторов регуляции в СУ после разложения на частотные гармоники представлено долями (степенями) воздействия на пейсмекеры гуморально-метаболического влияния (VLF%), симпатического (LF%) и парасимпатического (HF%). Запись ВСП осуществлялась с использованием проб в соответствии с клинико-экспериментальным методом А.М. Вейна с соавт [4], характеризующих регуляцию СУ в состоянии покоя (Ph), в пробах Вальсальвы-Бюркера (Vm) преимущественно парасимпатической направленности, гуморально-метаболической Ашнера (pA), симпатической активной ортостатической (Aop) и субмаксимальной нагрузочной (PWC120), позволяющей оценивать все 3 фактора регуляции СУ (рис.1). В каждой из 5 позиций регистрировалось 260-300 R-интервалов, всего около 2000 при однократном РКГ-исследовании. Для корректности спектрального результата после физической нагрузки записывалась шестая ритмокардиограмма (Ркг). Анализировались постстимульный результат стационарной Ркг и отдельно периоды стимуляции в пробах по времени достижения максимального изменения RR интервала (t_{AB}), максимальной реакции на стимул в процентах относительно исхода ($\Delta RR\%$), а также время восстановления 95% исходного интервала после действия стимула (t_r). В пробах Vm, pA, Aop, PWC120 в норме максимальная реакция на стимул- $\Delta RR\%$ была 6-10%, 10%, 30%, 45%, соответственно. Время её достижения - t_{AB} -2-3с, 2-4с, 10-12 с, 25-30с, а время восстановления после стимула-4-6с, 4-7с, 15-20с, 87с, также соответственно. Данные спектрального анализа - в процентах долей 3-х энергетических вкладов в тотальный спектр, принятый за 100%. Контролем служили РКГ-данные 47 здоровых женщин и 48

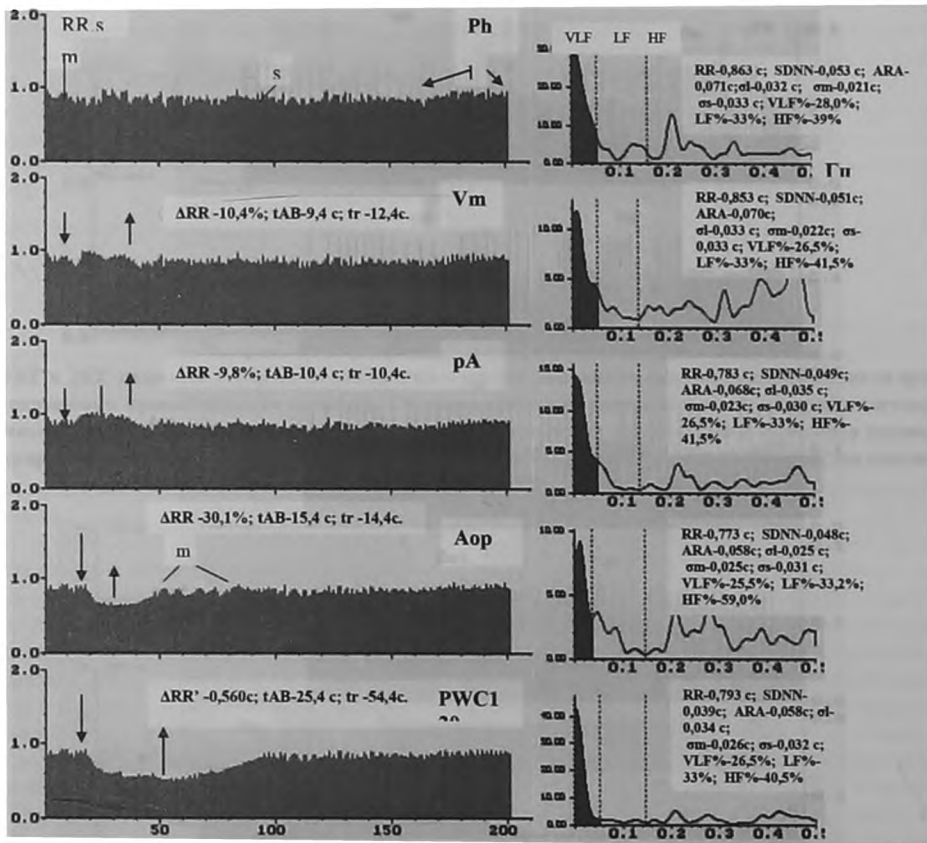


Рис.1. Ритмокардиограммы, спектрограммы и средние значения показателей ВСП у здорового мужчины в покое (Ph), парасимпатическом манёвре Вальсальвы-Бюркера (Vm), гуморальной пробе Ашнера (pA), в симпатической пробе активной ортостатической (Aop), нагрузочной пробе, дозированной по ЧСС120 (PWC120). Волны ВСП: m-симпатические с периодом > 0,033-0,12 с, s-парасимпатические с периодом >0,12 до 0,4 с, l-гуморально-метаболические флуктуации с периодом >0 до 0,033 с. Средние показатели ВСП при автокорреляционном статистическом анализе: RR- среднее значение всех RR-интервалов, SDNN – стандартное отклонение всех RR-интервалов, ARA – средняя амплитуда дыхательной аритмии, σ1-среднеквадратичные отклонения гуморально-метаболических, σm- симпатических, σs-парасимпатических волн ВСП. Показатели спектрального соотношения энергетических вкладов долей гуморального (VLF%), симпатического (LF%) и парасимпатического (HF%) влияний в синусовом узле сердца относительно тотального спектра, принятого за 100%. Вертикальными стрелками отмечены начало и завершение стимуляции в пробах. Периоды стимуляции имеют показатели: ΔRR – максимальная реакция на стимул; tAB-время достижения максимальной реакции; tr – время восстановления после действия стимула в пробе. На спектрограммах – площади спектральной плотности соответствуют долям трёх регулирующих воздействий в синусовом узле. Периоды стимуляции в пробах оценивались по максимальной реакции на стимул, времени её достижения и времени восстановления после действия стимула.

мужчин, отобранных по результатам разнопрофильного медицинского обследования. Предлагаемый нами метод отличается от разработок физиологов по теме анализа ВСП, проверен клиническими исследованиями в каждом фрагменте работ, соответствует уровню В-1 доказательной медицины. В представляемых наблюдениях вариант аритмий оценивался по клинической форме, межприступной волновой структуре ВСП, изменениям ВСП до и после аритмического эпизода, зависимости частоты и выраженности аритмии в разнонаправленных

стимулирующих пробах. Предлагаемый метод апробирован на кафедре неврологии 1-й Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова, Российском университете дружбы народов имени П.Лумумбы, Московском научно-исследовательском институте медико-биологических проблем РАН, Тюменском кардиологическом научном центре (филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, на кафедре госпитальной терапии Челябин-

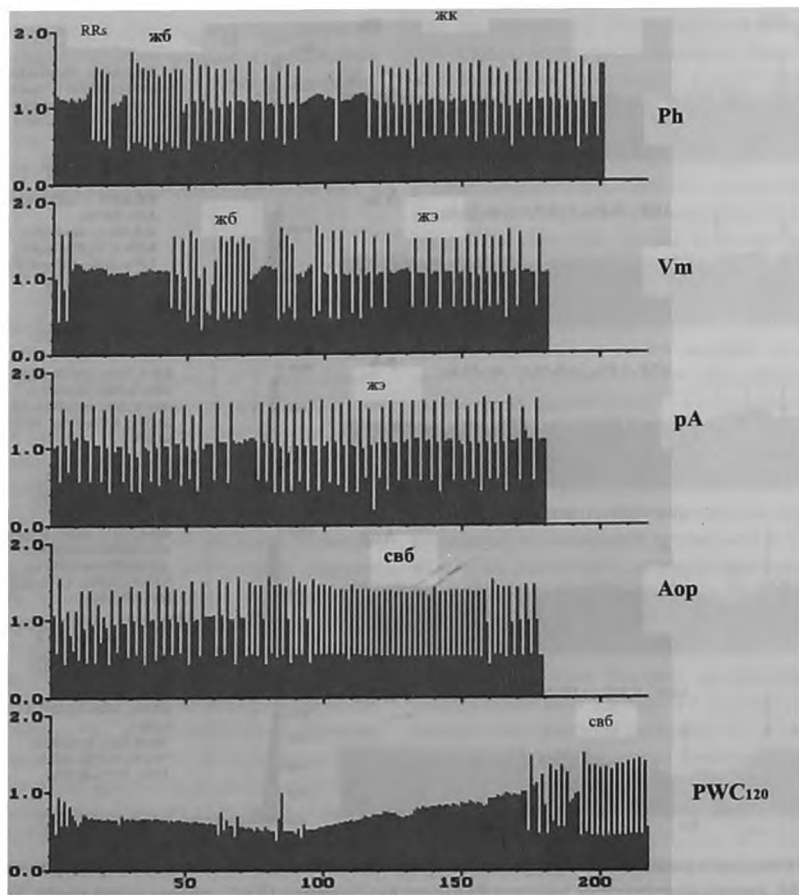


Рис.2. Ритмокардиограммы пациента со сложными нарушениями сердечного ритма в покое (Ph, в маневре Вальсальвы - Бюркера (Vm), в пробах Ашнера (pA), активной ортостатической (Aop), с физической нагрузкой (PWC120), дозированной по ЧСС 120. Заметно, что аритмии меняют свои клинические формы в стимулирующих нагрузочных пробах

ской медицинской академии. В 1999 году Департаментом научных исследований Министерства здравоохранения СССР используемая технология [2] утверждена в качестве учебного пособия для последиplomной профессиональной подготовки врачей. Зарегистрировано 9 патентов на способы и устройства для диагностики с использованием рассматриваемого метода ритмокардиографии, выдано регистрационное удостоверение РосАПО на пакет прикладных программ для компьютерной реализации метода.

Результаты и обсуждение

Представляемый метод, аппаратура и программное обеспечение отличаются от разработок физиологов по нескольким позициям. При дискретизации ЭКС в 80-125 Гц (она чаще всего принята в приборах для регистрации ЭКГ), в сравнении с РКГ с 1000 ± 3 Гц, различия оказались существенными.

В Ph начале записи зарегистрирована желудочковая бигеминия (жб), её сцепленные интервалы имеют

различную длину, затем нарушения переходят в парасимпатической пробе Vm в желудочковую экстрасистолию (жэ), которая продолжается в течение стимула с прессорным воздействием на глазные яблоки (pA), а также в постстимульный период. В симпатической Aop после перехода в ортостаз аритмии учащаются и формируются суправентрикулярная бигеминия (свб). В нагрузочной PWC во время пробы на тредмиле аритмии прекращаются, после восстановительного периода вновь регистрируется эпизод суправентрикулярной бигеминии (свб). Заметны снижение ВСР и зависимость частоты аритмий от преобладания тонауса симпатического отдела вегетативной системы. При его повышении аритмии становятся реже или вовсе исчезают.

В фармакологии изучение вегетативных эффектов создаваемых лекарств изучено недостаточно. Антигипертензивное действие β -адреноблокаторов объясняют блокадой β -адренорецепторов на пресинаптической мембране окончаний симпатических нервов, что как бы урежает квантовые выбросы нордреналина в синапти-

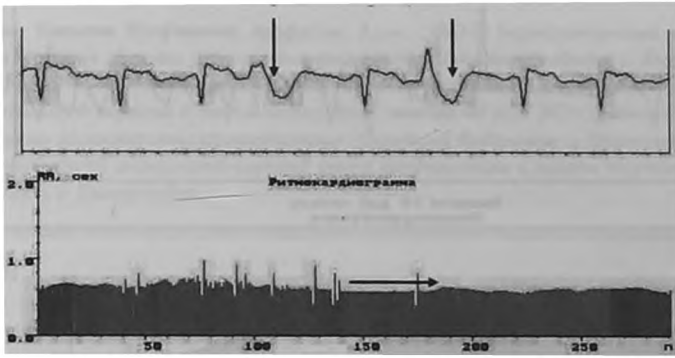


Рис.3. РКГ и ЭКГ пациента с ишемической болезнью сердца (сниженная амплитуда волн ВСР из-за хронического нарушения кровоснабжения миокарда, СУ, дистрофических нарушений в пейсмерных клетках [5], и стабильной стенокардической напряженности. После парных экстрасистол (вертикальные стрелки) у пациента зарегистрирован ишемический эпизод в виде участка РКГ без каких-либо волн ВСР. Заметно, что амплитуда волн ВСР снижена в сравнении с волнами на РКГ здорового человека (рис.1).

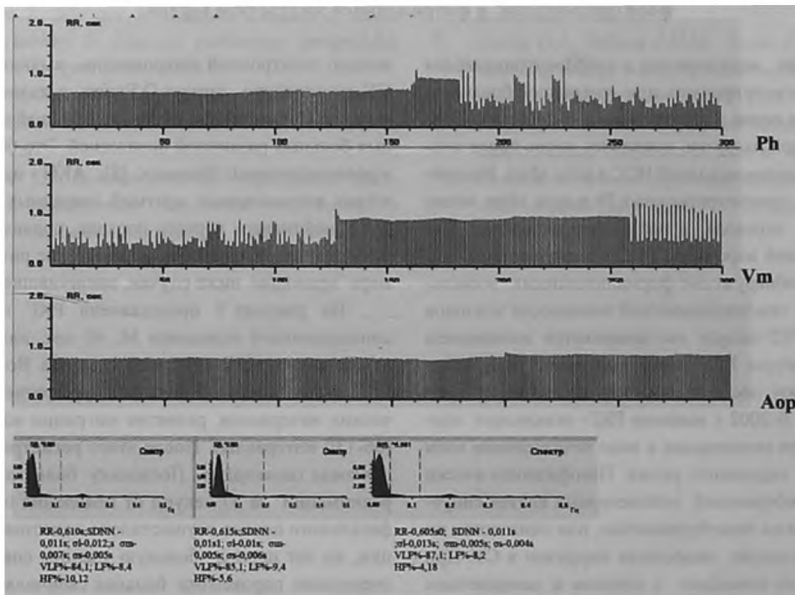


Рис.4. Ритмокардиограммы, спектрограммы и математические значения показателей ВСР пациента с диабетом 1 типа и ИБС с синдромом автономной кардионейропатии в виде стабилизации сердечного ритма и отсутствия каких-либо реакций на стимулы в пробах парасимпатической Вальсальвы-Бюркера и симпатической ортостатической, что свидетельствует об отсутствии автономной быстрой регуляции ритма. В этом можно убедиться по статистическим показателям os и osH , а также по выраженности спектральных долей симпатических и парасимпатических вкладов в энергетический тотальный спектр колебаний ВСР. $LF\%$, $HF\%$, спектральные соотношения всех регулирующих ритм факторов свидетельствуют, что флуктуации изменений межсистолических интервалов происходят от колебаний состава внеклеточной гуморально-метаболической среды ($VLF\%$), медленной и не адекватной, что, по данным клинических наблюдений во время выполнения проб, отрицательно влияет на кардиоваскулярную адаптацию. Анализ стабилизированной части РКГ свидетельствует о перманентном синдроме АКН. На этом фоне в конце записи РКГ (верхняя строка и начало второй строки) ритм трансформировался в фибрилляцию с заместительными ритмами.

ческую щель. На самом деле, это происходит благодаря выбросу ацетилхолина, активирующего мускариновые рецепторы той же симпатической мембраны, которые урежают кванты норадреналина в синапсе.

С помощью РКГ можно определить автономный фон, на котором возникают эпизоды КА, и определить его аритмогенное влияние на частоту КА или преформирование в иную клиническую форму (рис.2). На представ-

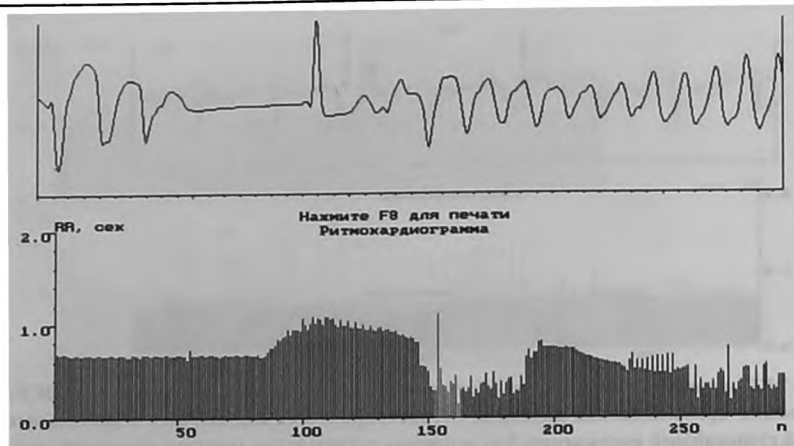


Рис. 5. Ритмокардиограмма и электрокардиограмма пациентки с исходно низкой амплитудой ВСП во время РКГ-записи с предикторами желудочковой тахикардии, миграцией водителя ритма по синусовому узлу на фоне брадикардии и фибрилляции желудочков сердца.

ленном примере желудочковая и суправентрикулярная бигеминия зарегистрированы при умеренной брадикардии в состоянии покоя и отсутствовали в пробе PWC во время физической нагрузки, появились вновь после полного восстановления исходной ЧСС в позе лёжа. Квадригеминия также зарегистрирована в Rh в позе лёжа после постурального перехода в неё и восстановления. Помимо клинической апробации РКГ, преимуществом метода является обнаружение формализованных возможностей оценки гемодинамической значимости эпизодов аритмии. При РКГ-записи это проявляется изменением волновой структуры ВСП перед аритмией, или непосредственно сразу после эпизода нарушения сердечного ритма (рис.3). В 2002 г. выявлен РКГ- эквивалент эпизода ишемии при стенокардии в виде исчезновения волн (стабилизации) сердечного ритма. Патолофизиологически это связано с гнберацией пейсмекерных клеток синусового узла (СУ) и их невозбудимостью, или снижением их активации, в условиях недостатка перфузии в СУ. При стенокардии это совпадает с началом и завершением приступа [6].

Средняя величина разницы RR-интервалов фрагмента стабилизации ВСП составила $3,55 \pm 1,02$ миллисекунды [6].

В примере на рис. 2 показана зависимость частоты нарушений ритма от изменений вегетативного тонуса. Во время физической нагрузки, сопровождающейся повышением симпатического тонуса экстрасистолы стали существенно реже. Запись КА методом РКГ высокой точности облегчает работу аритмолога. Визуально-логически определяются клиническая форма КА, автономный аритмогенный фон эпизодов КА влияние их на гемодинамику. Особого внимания заслуживает синдром автономной кардионейропатии (АКН). Впервые этот синдром описан D.Ewing [7] у больных диабетом 1 типа, 50% из которых умерли в течение 1 года. Автор назвал этот синдром АКН и считал его маркёром вегетативной денервации и предиктором летального исхода. Нам удалось с по-

мощью электронной микроскопии выявить дистрофию СУ, но название, данное D.Ewing, осталось приоритетным. АКН появляется не только при диабете, но у тяжёлых больных различной нозологией. Это было выявлено у реанимационных больных [8]. АКН - предвестник тяжёлых жизнеопасных аритмий, связанных с потерей СУ роли пейсмекера первого порядка, подавляющей, подавляющей патологические эктопические ритмы. Для примера приводим ниже случаи, закончившиеся летально.

На рисунке 5 представлена РКГ пациентки реанимационного отделения М, 40 лет, находящейся на лечении по поводу мозгового инсульта. Во время записи РКГ, когда внезапно началось урежение межсистолических интервалов, развитие миграции водителя ритма (66-130 интервалы). После этого регистрируется желудочковая тахикардия. Поскольку больная находилась в реанимации за 57 секунд от появления предвестников фатального исхода осуществлена подготовка к реанимации, на тот период больную удалось спасти. На фоне очередного пароксизма больная скончалась через 2 суток (рис.5).

Выводы

1. Ритмокардиография высокого разрешения может быть полезным методом диагностики нарушений ритма сердца, позволяет оценить гемодинамическую значимость каждого эпизода аритмии, положительную или отрицательную патогенетическую связь нарушений ритма с вегетативной регуляцией кардиоваскулярной системы, оценить риск летального исхода в диагностике и лечении аритмий, изучить индивидуальные особенности вегетативной фармакодинамики и фармакокинетики лекарственных препаратов.

2. Технология выполнения проста, экономически малозатратна, может быть использована для диагностики аритмий и фона их развития, оценки эффективности медицинских технологий в стационарных и амбулаторных условиях. ■

Миронова Татьяна Феофановна, профессор, д.м.н., ФБУН Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, ул. Попова, д.30. Тел. 8 909 001 60 21. E-mail: micos_mail@mail.ru. Миронов Владимир Александрович, профессор, д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии и скорой медицинской помощи ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Екатеринбург, ул. Репина, Ковин Е.А., ФБУН Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, –

Литература:

1. Антюфьев В.Ф., Миронова Т.Ф., Миронов В.А. Дисфункция синоатриального узла сердца. Челябинск : Ректал, 2009. – 197 с.
2. Миронова Т.Ф., Миронов В.А. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца (Введение и атлас ритмокардиограмм). Челябинск, 1998. – 162 с.
3. Mironova T., Mironov V. *Clinical Analysis of Heart Rate Variability* /- Zauralie publishing- poligraphic enterprise, Kurgan: 2000. – 208 с.
4. Вейн А.М. *Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение.* Москва: ГЭОТАР МЕДИА, 2003.-741с.
5. Давыдова Е.В. *Закономерности дизрегуляций пейсмекерной активности синусового узла сердца у больных профессиональными заболеваниями,* докт. дисс. по специальности 14.02.04- медицина труда, Иркутск, 2011-349 с.
6. Миронов М.В. *Ритмокардиографическое исследование периферической вегетативной регуляции пейсмекерной активности синусового узла при ишемической болезни сердца* : дис. ... канд. мед. наук / М.В. Миронов. – Челябинск, 2002. – 137 с. по специальности 14.00. 05.
7. Ewing D.J., Neilson J.M.M., Travis P. *New method for assessing cardiac parasympathetic activity using 24-hour electrocardiograms.* Br Heart J. 1984; 52: 396 - 402.
8. Марченко, Ю.М. *«Периферические вегетативные дизрегуляции синусового узла у терапевтических больных с высоким риском летального исхода»* : дис. ... канд. мед. наук / Ю.М. Марченко. – Челябинск, 2008. – 166 с.