

Возможности методов лучевой диагностики в оценке гемодинамики и сократимости миокарда при желудочковых нарушениях ритма сердца

К.В. Завадовский^{1,2}, д. м. н., вед. науч. сотр.;

В.В. Саушкин¹, к. м. н., мл. науч. сотр.;

Ю.Б. Лишманов^{1,2}, д. м. н., профессор, чл.-корр. РАН

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» Сибирского отделения РАМН, ул. Киевская, 111а, Томск, 634012, Российская Федерация;

² ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», пр-т Ленина, 30, Томск, 634050, Российская Федерация

Capabilities of radiodiagnostic techniques for evaluating myocardial hemodynamics and contractility in ventricular arrhythmias

K.V. Zavodovskiy^{1,2}, MD, PhD, DSc, Leading Researcher;

V.V. Saushkin¹, MD, PhD, Junior Researcher;

Yu.B. Lishmanov^{1,2}, MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences

¹ Research Institute for Cardiology, Siberian Department of Russian Academy of Medical Sciences, ul. Kievskaya, 111a, Tomsk, 634012, Russian Federation;

² Tomsk National Research Polytechnic University, prospekt Lenina, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation

В настоящее время изучение желудочковых нарушений ритма (ЖНР) сердца представляет актуальность для аритмологии и кардиологии. Они составляют около 30% от всех аритмий и имеют разнообразную этиопатогенетическую основу. При отсутствии заметного влияния на качество жизни пациента ЖНР сердца могут стать причиной фибрилляции желудочков, тяжелых нарушений кровообращения и внезапной сердечной смерти.

В данном исследовании проведено сравнение возможностей лучевых методов в оценке гемодинамики и сократимости миокарда желудочков у пациентов с желудочковыми аритмиями.

Результаты анализа показали, что на сегодняшний день с этой целью используется множество современных методов лучевой диагностики, среди которых нельзя выделить наиболее предпочтительный для выявления причин и изучения нарушений гемодинамики. Каждый из методов имеет свои особенности применения у пациентов с аритмиями.

Введение

Нарушения ритма сердца являются важной не только медицинской, но и социальной проблемой. Некоторые виды аритмий, в частности желудочковые нарушения ритма, могут носить злокачественный характер и нередко служат причиной внезапной смерти. Другие виды нарушений ритма сердца могут значительно снижать качество жизни и приводить к инвалидизации пациентов. Под желудочковыми нарушениями ритма (ЖНР) сердца

понимают аритмии, источник возбуждения которых расположен ниже атриовентрикулярного соединения, – в каком-либо отделе внутрижелудочковой проводящей системы (пучке Гиса, его ножках или волокнах Пуркинье) или в миокарде желудочков [1]. В группу ЖНР сердца входят как крайне неблагоприятные, злокачественные, формы, представляющие непосредственную угрозу для больного, так и относительно «благоприятные» – малосимптомные варианты, редко приводящие

к развитию серьезных осложнений [1]. Изучение последних является актуальной проблемой

As of now, the study of ventricular arrhythmias (VA) is of topical interest for modern arrhythmology and cardiology. These arrhythmias constitute about 30% of all the arrhythmias and have a diverse etiopathogenetic basis. Having no noticeable impact on a patient's quality of life, VA may cause ventricular fibrillation, severe circulatory disorders, and sudden cardiac death.

Objective of this study – to compare the capabilities of radiation techniques for evaluating ventricular hemodynamics and contractility in patients with VA.

A multitude of current radiodiagnostic methods, among which the most preferential technique cannot be set aside to reveal the causes of and to study hemodynamic disorders, is now used to evaluate ventricular hemodynamics and contractility in patients with VA. Each procedure has its usage features in a contingent of patients with arrhythmias.

Ключевые слова: эхокардиография, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, радионуклидная томографиология, аритмии, диагностика
Index terms: echocardiography, magnetic resonance imaging, computed tomography, tomographic radionuclide ventriculography, arrhythmias, diagnosis

современной аритмологии и кардиологии, особенно в плане оценки прогноза течения указанной патологии [2]. Малосимптомные аритмии составляют около 30% от общего числа ЖНР сердца и имеют разнообразную этиологическую и патогенетическую основу [1, 3]. Поэтому в настоящее время клиническая аритмология является одним из значимых, быстро и динамично развивающихся разделов современной кардиологии.

Наиболее часто ЖНР развиваются при остром инфаркте миокарда, миокардитах, кардиомиопатиях и пороках сердца [1, 3]. Вместе с тем в некоторых случаях установить природу возникновения нарушений ритма не удается, и тогда возникшую аритмию относят к идиопатической.

Длительное течение ЖНР приводит в итоге к значительным структурным изменениям сердца – увеличению объема желудочков и изменению морфологии клеток [4, 5], что, в свою очередь, способствует развитию хронической сердечной недостаточности (СН). В то же время методология ранней оценки сократительной функции сердца при ЖНР до конца не разработана. В связи с этим совершенствование неинвазивных способов выявления сократительной дисфункции миокарда у пациентов с желудочковыми аритмиями представляет собой актуальную научно-практическую задачу. В настоящее время для определения функционального состояния сердца используются лучевые методы исследования, которым практически нет альтернативы.

Эхокардиография

Эхокардиография является общедоступным способом оценки функции сердца. В современной литературе встречается ограниченное число работ, посвященных ультразвуковой оценке функционального состояния сердца у больных с ЖНР. Так, в исследовании В. Zaborska et al. [6] у 40 пациентов (средний возраст 55 ± 15 лет)

с частыми идиопатическими желудочковыми экстрасистолами (ЖЭ) (>2500 за сутки) показатели гемодинамики измеряли с помощью тканевой доплер-ЭхоКГ на синусовом ритме, во время эпизода ЖЭ и в период между эпизодами возникновения ЖЭ. При этом достоверных различий значений ударного объема (УО) между группами выявлено не было. Однако отмечалась корреляционная связь УО левого желудочка, измеренного во время возникновения ЖЭ, с интервалом сцепления. Максимальная скорость изгнания левого желудочка во время приступа ЖЭ была достоверно меньше, чем измеренная на синусовом ритме и в межприступном периоде у всех пациентов.

При наличии нарушений ритма сердца выполнение эхокардиографии показано для выявления сопутствующей патологии, наличие которой будет учитываться при назначении патогенетически обоснованной терапии [7]. Левый желудочек визуализируется во всех стандартных эхокардиографических сечениях [8, 9], и ультразвуковая семиотика его патологических состояний, включая нарушения ритма, разработана достаточно хорошо.

Ультрасонографическая оценка сократимости правого желудочка имеет ряд ограничений, связанных со сложной геометрией его полости [10]. Как известно, в поперечной плоскости она имеет форму полумесяца, а в сагитальной – форму пирамиды и плохо поддается описанию с использованием общепринятых математических моделей [10]. Кроме того, высокая трабекулярность внутренней поверхности правого желудочка усложняет идентификацию эндокарда, что, в свою очередь, затрудняет определение границ камер сердца для расчета объемных показателей.

В своем исследовании Е.Г. Верченко [11] определял эхокардиографические особенности нарушения диастолической функции левого желудочка и факторы раз-

вития аритмогенной кардиомиопатии у детей. В исследование были включены 80 пациентов в возрасте от 1,5 мес до 17 лет с тахикардиями, в контрольную группу вошли 102 ребенка без сердечно-сосудистой патологии. Эхокардиографию и доплер-эхокардиографию проводили всем пациентам на фоне тахикардии и синусового ритма. Оценивались основные гемодинамические показатели ЛЖ. Аритмогенное расширение полости ЛЖ во время тахикардии постоянного типа было выявлено у 24% детей. Симптомы СН имели место у 40% обследованных детей. После купирования гетерогенного ритма у 50% детей с СН расширение полости ЛЖ оставалось даже на синусовом ритме. Кроме того, практически у всех пациентов отмечена десинхронизация работы камер сердца. Была выявлена корреляционная связь степени тяжести СН с максимальной скоростью диастолического наполнения на фоне тахикардии. По результатам выполненной работы автор выделил функциональные стадии течения тахикардии, а также определил основные ультразвуковые признаки диастолической дисфункции ЛЖ и диагностические критерии аритмогенной кардиомиопатии – увеличение объемных показателей сердца, снижение ФВ и нарушение синхронности сокращения стенки левого желудочка.

В настоящее время разрабатываются эхокардиографические методы визуализации очагов эктопии в качестве альтернативы электрофизиологическому исследованию. Целью экспериментального исследования С. Varga et al. [12] была разработка методики трехмерной ультразвуковой визуализации сердца. Лабораторным животным последовательно проводили абляцию атрио-вентрикулярного узла, электрофизиологическое картирование миокарда и чреспищеводную эхокардиографию. Далее сопоставляли локализацию зон аритмии по данным обоих диагностических

методов. Авторы пришли к выводу, что при помощи ЭхоКГ возможно определение зон эктопии, так как их локализация совпадает с таковой по данным электрофизиологического исследования [12].

В работе J. Yao et al. [13] было изучено нарушение сократимости левого желудочка у 29 пациентов с идиопатическими правожелудочковыми экстрасистолами и проведен сравнительный анализ с данными 30 здоровых испытуемых. При помощи доплер-ЭхоКГ авторы изучали скоростные деформационные свойства миокарда левого желудочка. Пациенты с ЖЭ характеризовались более выраженной внутрижелудочковой диссинхронией. Кроме того, авторы выявили положительную корреляцию средней силы ($r=0,44$, $p=0,02$) между частотой ЖЭ и индексом диссинхронии ЛЖ. На основании полученных результатов авторы делают вывод, что наличие правожелудочковой экстрасистолии приводит к нарушению сократимости ЛЖ как во время экстрасистолы, так и синусового ритма.

B.W. De Boeck et al. [14] опубликовали результаты клинического наблюдения 51-летнего пациента с лекарственно резистентной формой синдрома Вольфа–Паркинсона–Уайта (ВПУ). Перед процедурой радиочастотной абляции (РЧА) этому пациенту была выполнена эхокардиография в В-режиме, с дальнейшим построением кривых деформации левого желудочка. На основании анализа кривых циркулярной деформации была локализована зона раннего сокращения миокарда, которая соответствовала нижней стенке ЛЖ. По данным ЭКГ и электрофизиологического исследования зона раннего возбуждения также находилась в базальных отделах заднеперегородочной области ЛЖ. После успешной процедуры РЧА исчезновение зоны раннего возбуждения по данным ЭКГ сочеталось с нормализацией фазовых характеристик сокращения сердца. На основании данного клиничес-

кого случая авторы делают вывод о высокой точности двухмерной оценки деформации миокарда в идентификации зон раннего сокращения.

Магнитно-резонансная томография

Информативным методом оценки функции сердца, по мнению ряда авторов, является высокопольная магнитно-резонансная томография (МРТ) [7]. Достижения в области МР-томографии сердца сделали возможным использование этой методики для оценки морфологических изменений миокарда, которые могут сопутствовать либо явиться субстратом аритмии.

В своем исследовании D.G. Aquino et al. [15] определяли возможность прогнозирования частоты развития неблагоприятных сердечных событий с помощью метода МРТ у пациентов с аритмогенной дисплазией правого желудочка (АДПЖ). Были обследованы 440 пациентов с частой ЖЭ, у которых оценивали движение стенок, объемные показатели и ФВ ПЖ. Авторы установили, что АДПЖ сопровождается следующими МР-признаками в правом желудочке: изменение сигнала с области миокарда, нарушение сокращения стенки ПЖ, дилатация его полости и снижение ФВ. По количеству выявленных признаков больные были распределены на три группы: в 1-ю группу вошли лица, у которых был хотя бы один признак АДПЖ, во 2-ю группу – несколько признаков, пациенты 3-й группы не имели МР-признаков АДПЖ. В результате анализа было установлено, что при наличии нескольких МР-критериев частота развития сердечных событий была достоверно выше, чем у лиц с единичными критериями АДПЖ или без таковых. Наличие только одного критерия также увеличивало вероятность развития неблагоприятных сердечных событий. Все это позволило авторам сделать вывод, что при помощи МРТ возможно страти-

фицировать риск развития неблагоприятных сердечных событий у больных с частой ЖЭ, при этом наиболее значимым МРТ-критерием является дискинезия ПЖ.

K. Ilg et al. [16] в ходе исследования у 35 пациентов с идиопатической желудочковой тахикардией (ЖТ) и ЖЭ до и после радиочастотной абляции очагов аритмии проводили МРТ сердца с оценкой глубины и площади повреждения миокарда и сопоставляли полученные данные с энергией радиочастотного воздействия при выполнении электрофизиологического исследования (ЭФИ). Была установлена корреляционная связь между значениями повреждения миокарда и характеристиками ЭФИ. Наибольшее повреждение миокарда наблюдалось при расположении фокуса аритмии в папиллярных мышцах. Авторы обратили внимание, что малый объем повреждения миокарда, выявленный по данным МРТ, статистически значимо чаще сочетается с отсутствием эффекта от РЧА.

В исследование C. Hasdemir et al. [17] были включены 298 пациентов с ЖТ, ЖЭ и сниженной фракцией выброса ЛЖ (<50%). После РЧА у 22 пациентов ФВ ЛЖ восстанавливалась до нормальных значений, у остальных пациентов данный показатель достоверно не изменялся. Контрастная МРТ сердца была проведена 19 пациентам с положительной динамикой и 5 пациентам без эффекта от лечения. В ходе обработки результатов исследования у 5% пациентов с положительной динамикой и у 80% пациентов без динамики лечения было выявлено позднее контрастирование. Авторы указывают, что феномен позднего контрастирования редко наблюдается у пациентов с желудочковыми нарушениями ритма сердца, и его обнаружение является неблагоприятным прогностическим фактором в плане оценки эффективности лечения.

В то же время метод МРТ имеет ряд ограничений, к числу

которых относят: достаточно продолжительное время исследования, наличие у пациентов выраженных нарушений ритма сердца, невозможность обследования больных с клаустрофобией, искусственными водителями ритма [9].

Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ), как и МРТ, обеспечивает получение изображений сердца в высоком разрешении, что позволяет точно измерить объемные показатели желудочков. Данный метод используют у тех пациентов, у которых не представляется возможным проведение ЭхоКГ или МРТ сердца в связи с перечисленными выше ограничениями этих методов [7]. В современной литературе встречаются единичные сообщения о применении КТ у пациентов с ЖНР сердца.

М. Takagi et al. [7] изучали возможность использования КТ для определения морфологических изменений миокарда у больных с синдромом Бругада и оценивали взаимосвязь между выявленными очагами, зонами с подъемом сегмента *ST* на ЭКГ и топическим происхождением преждевременных желудочковых сокращений. Были обследованы 26 пациентов с синдромом Бругада и 23 из группы сравнения. У 81% больных с нарушением ритма и 9% из группы сравнения в правом желудочке были обнаружены морфологические изменения. В выходном отделе правого желудочка они определялись у 17 пациентов, а у 4 человек – в апикальных отделах ПЖ. При сопоставлении с результатами электрофизиологического исследования отмечалось практически полное совпадение локализации очагов аритмогенеза и зон морфологических нарушений по данным КТ.

Радионуклидная диагностика

Публикации последних лет свидетельствуют, что для оценки функционального состояния мио-

карда желудочков может быть использован метод радионуклидной равновесной томоventрикулографии, сопоставимый по точности определения основных показателей гемодинамики и оценки диссинхронии с магнитно-резонансной томографией сердца [18]. Следует отметить, что методы радионуклидной индикации выгодно отличаются от других способов лучевой диагностики своей функциональностью и высокой воспроизводимостью, а также возможностью получения информации о динамике физиологических процессов [2, 19–21].

Алгоритм фазового анализа позволяет таким радионуклидным кардиологическим методам, как ЭКГ-синхронизированная перфузионная сцинтиграфия миокарда и ЭКГ-синхронизированная равновесная томоventрикулография, оценивать механическую диссинхронию миокарда желудочков.

В зарубежной и отечественной литературе встречаются лишь единичные сообщения об использовании радионуклидных методов для оценки функционального состояния сердца у пациентов с различными формами нарушений ритма и проводимости [22, 23].

Так, группой ученых из Франции во главе с J.F. Toussaint [24] было проведено исследование, показавшее высокую воспроизводимость планарной радионуклидной вентрикулографии (РВГ) в оценке миокардиальной диссинхронии. Сцинтиграфическое исследование было выполнено 26 пациентам в возрасте 62 ± 7 лет без сердечно-сосудистой патологии. В анамнезе больных не было кардиологических заболеваний и не проводились операции на сердце. На момент исследования у всех пациентов был синусовый ритм, отсутствовали блокада левой ножки пучка Гиса, синдром ВПУ, инфаркт миокарда и у них не было искусственных водителей ритма. Оценка воспроизводимости осуществлялась путем последовательной двукратной

записи планарной РВГ в левой переднекосой и левой боковой проекциях с последующей обработкой полученных данных двумя независимыми врачами-радиологами.

Было показано, что воспроизводимость вычисления общего времени сокращения для левого желудочка составила 1,4%, для правого – 2,2%, а для межжелудочковой задержки – 0,8%. Коэффициент корреляции между показателями, определёнными разными исследователями, составил: 0,9 – для общего времени сокращения ЛЖ, 0,87 – для общего времени сокращения ПЖ, 0,96 – для межжелудочковой задержки (все корреляции были статистически значимыми, $p < 0,001$).

Согласно результатам, полученным J.F. Toussaint et al., показатели внутри- и межжелудочковой диссинхронии, определённые при помощи РВГ [24] и радионуклидной томоventрикулографии (РТВГ), позволяют с большей точностью по сравнению с длительностью комплекса *QRS* [25–27] предсказать ответ на сердечную ресинхронизирующую терапию.

Ряд исследований, проведенных в последнее время, посвящены использованию ЭКГ-синхронизированной перфузионной сцинтиграфии миокарда для вычисления показателей сердечной диссинхронии. Так, по данным, полученным M.A. Trimble et al. [28], общее время сокращения и внутрижелудочковая диссинхрония (ВЖД) левого желудочка в группе пациентов с нарушением ритма (с низкой ФВ ЛЖ ($n = 120$), блокадой левой ($n = 33$) и правой ($n = 19$) ножек пучка Гиса, однокammerными электрокардиостимуляторами ($n = 23$)) были достоверно выше, чем в группе сравнения ($n = 157$). В другом исследовании этих же авторов [29], включающем 125 лиц с ФВ ЛЖ $< 35\%$, показано, что при пролонгированном по времени *QRS* имеется, согласно данным ЭКГ-синхронизированной перфузионной сцинтиграфии миокарда,

более выраженная диссинхрония, чем у пациентов с нормальной продолжительностью желудочкового комплекса. При этом важно отметить, что корреляция между продолжительностью комплекса *QRS* (как главного электрического показателя диссинхронии) и скинтиграфически выявляемой диссинхронией (продолжительность сокращения и стандартное отклонение среднего времени сокращения) низкая. Эти данные показывают, что электрическая и механическая диссинхрония не всегда взаимосвязаны.

Есть ряд работ, посвященных использованию радионуклидных методов исследования для оценки аритмогенной дисфункции миокарда правого желудочка. Так, в работе D. Mariano-Goulart et al. [30] было показано, что РТВГ позволяет адекватно диагностировать диффузную и локальную формы аритмогенной дисфункции правого желудочка. В основу работы были положены результаты недавних исследований, согласно которым АДПЖ может манифестировать тяжелой сердечной недостаточностью либо внезапной смертью пациента. В связи с этим подчеркивается необходимость максимально ранней оценки состояния миокарда при желудочковых нарушениях ритма сердца. Диагностика АДПЖ основана на учете нескольких критериев, разработанных Международной ассоциацией кардиологов [31]. При этом большинство функциональных показателей, использующихся в процессе постановки диагноза аритмогенной дисплазии правого желудочка, можно получить с помощью РТВГ [32]. При томовентрикулографии нивелируются эффекты проекционного наложения правого предсердия и легочного ствола на правый желудочек, что позволяет корректировать неточности вычисления его функции в ходе планарного исследования. Однако использованию этого метода в диагностике АДПЖ посвяще-

ны лишь единичные сообщения [32–34].

В уже упомянутом нами исследовании D. Mariano-Goulart [30] были обследованы 59 пациентов в возрасте от 20 до 78 лет с установленным по данным электрокардиографии диагнозом правожелудочковой аритмии. В исследование не включались лица с клапанной патологией, левожелудочковой кардиомиопатией, врожденными пороками сердца, инфарктами ЛЖ. Всем пациентам выполняли радионуклидную равновесную томовентрикулографию с мечеными ^{99m}Tc эритроцитами. По результатам РТВГ оценивали гемодинамические показатели и синхронность сокращения правого желудочка. Все обследуемые были распределены на три группы: в 1-ю группу включены лица без признаков АДПЖ (в соответствии с критериями), во 2-ю – больные с локальными участками диссинхронии правого желудочка, 3-ю группу составили пациенты с диффузной диссинхронией, распространяющейся на весь правый желудочек. По результатам исследования показатели гемодинамики ПЖ в 1-й и 2-й группах достоверно не различались, а показатели сократимости ПЖ в 3-й группе были достоверно ниже, чем в 1-й группе. Таким образом, авторы сделали вывод, что метод РТВГ может быть использован для выявления АДПЖ в соответствии с критериями Международной ассоциации кардиологов [7]. Кроме того, этот метод дает возможность дифференцировать локальную и диффузную формы АДПЖ.

В многоцентровом исследовании, посвященном вопросам прогностической оценки результатов равновесной радионуклидной томовентрикулографии у пациентов с правожелудочковыми аритмиями [27], были обследованы 188 человек (средний возраст 44 ± 15 лет). Больные были разделены на три группы: 1) с наличием желудочковой аритмии (ЖА) и отсутствием изменений со стороны желудочков по данным РВГ;

2) с наличием ЖА и единичными участками асинхронного сокращения, локализованными в правом желудочке; 3) с наличием ЖА и диффузными зонами асинхронии в миокарде обоих желудочков. Результаты проспективного наблюдения (45 ± 34 мес) показали, что наличие зон диссинхронии в миокарде желудочков является независимым прогностическим фактором внезапной сердечной смерти и синкопальных состояний. При этом другие инструментальные (ЭКГ, холтеровское мониторирование) и клинические (выраженность симптомов нарушения ритма сердца, частота эпизодов желудочковой тахикардии и др.) данные не являлись прогностически значимыми.

P. Weismuller et al. [35] провели исследование с целью изучения возможностей РТВГ для неинвазивной топической диагностики аритмогенных фокусов при синдроме ВПУ. У 15 пациентов с синдромом ВПУ были выполнены РТВГ и внутрисердечное электрофизиологическое исследование. В группу контроля вошли 40 человек без изменений на ЭКГ. Для оценки точности РТВГ в определении дополнительных путей проведения была использована 3-балльная система: 0 баллов – результат РТВГ не совпал ни с данными ЭФИ, ни поверхностной ЭКГ в 12 отведениях; 1 балл – результат РТВГ совпал с данными поверхностной ЭКГ, но не совпал с данными ЭФИ; 2 балла – результат РТВГ совпал с данными и ЭФИ, и поверхностной ЭКГ. Суммарный балл корреляции у всех 15 больных составил 25 (из 30 возможных). Дополнительные пути проведения при синдроме ВПУ были выявлены с помощью метода РТВГ в 66,6% случаев.

В исследовании P. Chevalier et al. [36] метод РТВГ применялся для оценки результатов РЧА у пациентов с дополнительными путями проведения возбуждения. Больным с синдромом ВПУ ($n=44$) до и через 2 дня после процедуры РЧА проводили РТВГ.

Правосторонние дополнительные пути были выявлены у 14 обследуемых, 30 человек имели левосторонние дополнительные пути. После лечения у больных с левосторонними дополнительными путями проведения отмечалось значительное увеличение ФВ ЛЖ. У пациентов с правосторонними дополнительными путями проведения ФВ ЛЖ не изменялась, однако по данным фазового анализа имело место достоверное уменьшение выраженности внутрижелудочковой диссинхронии. На основании полученных данных авторы делают вывод, что у больных с синдромом ВПУ метод РТВГ позволяет не только выявить наличие дополнительных путей проведения, но и оценить результаты процедуры РЧА.

В российской научной периодике практически нет работ, посвященных использованию метода РТВГ у пациентов с аритмиями. Исключением являются ранее опубликованные нами сообщения, в которых доказана возможность использования радионуклидной томографики для оценки функциональных нарушений гемодинамики и сократимости миокарда у пациентов с желудочковыми аритмиями и предложены скинтиграфические симптомы аритмий, к которым относятся: наличие зон асинхронного сокращения на фазовых полярных картах, умеренное увеличение конечного диастолического и конечного систолического объемов желудочков сердца, снижение скоростных показателей изгнания и наполнения желудочков сердца [19, 20, 37].

Заключение

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день для оценки гемодинамики и сократимости желудочков у пациентов с желудочковыми аритмиями используется множество современных методов лучевой диагностики, среди которых нельзя выделить наиболее предпочтительный для выявления причин и изучения

нарушений гемодинамики. Каждый из методов имеет свои особенности применения у пациентов с аритмиями.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-15-00178) на базе НИИ кардиологии г. Томска.

Литература

1. Кушаковский М.С. Аритмии сердца. Нарушение сердечного ритма и проводимости. СПб.: Фолиант; 2004.
2. Беленков Ю.Н., Оганов Р.Г. (ред.) Кардиология: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007.
3. Белялов Ф.И. Аритмии сердца. Иркутск: РИО ИМАПО; 2011.
4. Spinale F.G., Hendrick D.A., Crawford E.A. et al. Chronic supraventricular tachycardia causes ventricular dysfunction and subendocardial injury in swine. *Am. J. Physiol.* 1990; 259 (1, Pt 2): 218–29.
5. Spinale F.G., Tomita M., Zellner J.L. et al. Collagen remodeling and changes in LV function during development and recovery from supraventricular tachycardia. *Am. J. Physiol.* 1991; 261 (2, Pt 2): 308–18.
6. Zaborska B., Stec S., Flasińska K. et al. Echocardiography and tissue Doppler imaging in assessment of haemodynamics in patients with idiopathic, premature ventricular complexes. *Pol. Merkur. Lekarski.* 2006; 20 (117): 302–4.
7. Zipes D.P., Camm A.J., Borggrefe M. et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden death. *Europace.* 2006; 8: 746–837.
8. Ройтберг Г.Е., Струтынский А.В. Внутренние болезни. Сердечно-сосудистая система. М.: Бином-пресс; 2007.
9. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2010.
10. Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография. 2-е изд. М.: Практика; 2005.
11. Верченко Е.Г. Роль диастолической дисфункции миокарда левого желудочка в развитии сердечной недостаточности и аритмогенной кардиомиопатии при тахикардиях у детей. *Вестник аритмологии.* 2003; 32: 61–9.
12. Bara C., Niehaus M., Ghodsizad A. et al. Echocardiographic detection of cardiac ectopy: a possible alternative to electrophysiological mapping? *Heart Surg. Forum.* 2010; 13 (5): 324–7.
13. Yao J., Yang R., Xu D. et al. Circumferential myocardial contraction patterns in patients with idiopathic frequent premature ventricular complexes from the right ventricular outflow tract. *Int. J. Cardiol.* 2013; 166 (1): 166–72.
14. De Boeck B.W., Cramer M.J., Loh P., Doevendans P.A. Images in cardiovascular medicine. Two-dimensional strain imaging to assess the origin and extent of ventricular preexcitation associated with an accessory bypass. *Circulation.* 2006; 113 (22): 835–9.
15. Aquaro D.G., Pingitore A., Strata E. Cardiac magnetic resonance predicts outcome in patients with premature ventricular complexes of left bundle branch block morphology. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010; 56 (15): 1235–43.
16. Ilg K., Baman T.S., Gupta S.K. et al. Assessment of radiofrequency ablation lesions by CMR imaging after ablation of idiopathic ventricular arrhythmias. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2010; 3 (3): 278–85.
17. Hasdemir C., Yuksel A., Camli D. et al. Late gadolinium enhancement CMR in patients with tachycardia-induced cardiomyopathy caused by idiopathic ventricular arrhythmias. *Pacing. Clin. Electrophysiol.* 2012; 35 (4): 465–70.
18. Kjaer A., Lebech A.M., Hesse B., Petersen C.L. Right-sided cardiac function in healthy volunteers measured by first-pass radionuclide ventriculography and gated blood-pool SPECT: comparison with cine MRI. *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 2005; 25 (6): 344–9.
19. Завадовский К.В., Ковалев И.А., Чернышев А.А., Саушкин В.В., Попов С.В., Лишманов Ю.Б. Возможности радионуклидной томографии в оценке механической диссинхронии миокарда и внутрисердечной гемодинамики при желудочковых аритмиях у детей. *Вестник аритмологии.* 2010; 60: 37–42.
20. Завадовский К.В., Ковалёв И.А., Чернышев А.А., Саушкин В.В., Лишманов Ю.Б. Скintиграфическая диагностика дисфункции правых отделов сердца у детей с желудочковыми тахикардиями. *Радиология – практика.* 2011; 5: 34–44.

21. Botvinick E.H., O'Connell J.W., Kadkade P.P. et al. Potential added value of three-dimensional reconstruction and display of single photon emission computed tomographic gated blood pool images. *J. Nucl. Cardiol.* 1998; 5 (3): 245–55.
22. Шлевков Н.Б., Бакалов С.А., Паша С.П. и др. Показатели сократимости сегментов миокарда левого желудочка, соответствующих топографии аритмогенных зон, – высокоспецифические маркеры результатов тестирования антиаритмических препаратов у больных пароксизмальными желудочковыми тахикардиями. *Вестник аритмологии.* 2007; 49: 14–24.
23. Rouzet F., Algalarrondo V., Burg S. et al. Contraction delay of the RV outflow tract in patients with Brugada syndrome is dependent on the spontaneous ST-segment elevation pattern. *Heart Rhythm.* 2011; 8 (12): 1905–12.
24. Toussaint J.F., Lavergne T., Kerrou K. et al. Basal asynchrony and resynchronization with biventricular pacing predict long-term improvement of LV function in heart failure patients. *Pacing. Clin. Electrophysiol.* 2003; 26 (9): 1815–23.
25. Harel F., Finnerty V., Gregoire J. et al. Comparison of left ventricular contraction homogeneity index using SPECT gated blood pool imaging and planar phase analysis. *J. Nucl. Cardiol.* 2008; 15: 80–5.
26. Vilain D., Daou D., Casset-Senon D. et al. Optimal 3-dimensional method for right and left ventricular Fourier phase analysis in electrocardiography-gated blood-pool SPECT. *J. Nucl. Cardiol.* 2001; 8: 371–8.
27. Le Guludec D., Gauthier H., Porcher R. et al. Prognostic value of radionuclide angiography in patients with right ventricular arrhythmias. *Circulation.* 2001; 103 (15): 1972–6.
28. Trimble M.A., Borges-Neto S., Smalheiser S. et al. Evaluation of left ventricular mechanical dyssynchrony as determined by phase analysis of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging in patients with left ventricular dysfunction and conduction disturbances. *J. Nucl. Cardiol.* 2007; 14: 298–307.
29. Trimble M.A., Borges-Neto S., Honeycutt E.F. et al. Evaluation of mechanical dyssynchrony and myocardial perfusion using phase analysis of gated SPECT imaging in patients with left ventricular dysfunction. *J. Nucl. Cardiol.* 2008; 15: 663–70.
30. Mariano-Goulart D., Déchaux L., Rouzet F. et al. Diagnosis of diffuse and localized arrhythmogenic right ventricular dysplasia by gated blood-pool SPECT. *J. Nucl. Med.* 2007; 48 (9): 1416–23.
31. McKenna W.J., Thiene G., Nava A. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. Task Force of the Working Group Myocardial and Pericardial Disease of the European Society of Cardiology and of the Scientific Council on Cardiomyopathies of the International Society and Federation of Cardiology. *Br. Heart J.* 1994; 71: 215–8.
32. Itti R., Casset D., Philippe L. et al. Characterization of right or left ventricular contraction heterogeneity using Fourier phase analysis. *Eur. J. Nucl. Med.* 1988; 14: 196–202.
33. Casset-Senon D., Babuty D., Alison D. et al. Delayed contraction area responsible for sustained ventricular tachycardia in an arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: demonstration by Fourier analysis of SPECT equilibrium radionuclide angiography. *J. Nucl. Cardiol.* 2000; 7: 539–42.
34. Casset-Senon D., Philippe L., Babuty D. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy by Fourier analysis of gated blood pool singlephoton emission tomography. *Am. J. Cardiol.* 1998; 82: 1399–404.
35. Weismüller P., Clausen M., Weller R. et al. Non-invasive three-dimensional localisation of arrhythmogenic foci in Wolff–Parkinson–White syndrome and in ventricular tachycardia by radionuclide ventriculography: phase analysis of double-angulated integrated single photon emission computed tomography (SPECT). *Br. Heart J.* 1993; 69 (3): 201–10.
36. Chevalier P., Bontemps L., Fatiemi M. et al. Gated blood-pool SPECT evaluation of changes after radiofrequency catheter ablation of accessory pathways: evidence for persistent ventricular preexcitation despite successful therapy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34 (6): 1839–46.
37. Завадовский К.В., Панькова А.Н., Саушкин В.В., Лишманов Ю.Б. Методические особенности выполнения, обработки результатов и интерпретации данных радионуклидной равновесной томографии. *Радиология – практика.* 2011; 6: 75–83.

References

1. Kushakovskiy M.S. Cardiac arrhythmias. Abnormal heart rhythm and conduction. St. Petersburg: Foliant; 2004 (in Russian).
2. Belenkov Yu.N., Oganov R.G. (eds) Cardiology: National guideline. Moscow: GEOTAR-Media; 2007 (in Russian).
3. Belyalov F.I. Cardiac arrhythmias. Irkutsk; 2011 (in Russian).
4. Spinale F.G., Hendrick D.A., Crawford F.A. et al. Chronic supraventricular tachycardia causes ventricular dysfunction and subendocardial injury in swine. *Am. J. Physiol.* 1990; 259 (1, Pt 2): 218–29.
5. Spinale F.G., Tomita M., Zellner J.L. et al. Collagen remodeling and changes in LV function during development and recovery from supraventricular tachycardia. *Am. J. Physiol.* 1991; 261 (2, Pt 2): 308–18.
6. Zaborska B., Stec S., Flasińska K. et al. Echocardiography and tissue Doppler imaging in assessment of haemodynamics in patients with idiopathic, premature ventricular complexes. *Pol. Merk. Lekarski.* 2006; 20 (117): 302–4.
7. Zipes D.P., Camm A.J., Borggrefe M. et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden death. *Europace.* 2006; 8: 746–837.
8. Roytberg G.E., Strutynskiy A.V. Internal medicine. Cardiovascular system. Moscow: Binom-press; 2007 (in Russian).
9. Ternovoy S.K., Sinitsyn V.E. Radiodiagnostics and therapy: Tutorial. Moscow: GEOTAR-Media; 2010 (in Russian).
10. Shiller N., Osipov M.A. Clinical echocardiography. 2nd ed. Moscow: Praktika; 2005 (in Russian).
11. Verchenko E.G. The role of diastolic dysfunction of the left ventricular myocardium in the development of heart failure and arrhythmogenic cardiomyopathy tachycardia in children. *Vestnik aritmologii.* 2003; 32: 61–9 (in Russian).
12. Bara C., Niehaus M., Ghodsizad A. et al. Echocardiographic detection of cardiac ectopy: a possible alternative to electrophysiological mapping? *Heart Surg. Forum.* 2010; 13 (5): 324–7.
13. Yao J., Yang R., Xu D. et al. Circumferential myocardial contraction patterns in patients with idiopathic frequent premature ventricular complexes from the right ventricu-

- lar outflow tract. *Int. J. Cardiol.* 2013; 166 (1): 166–72.
14. De Boeck B.W., Cramer M.J., Loh P., Doevendans P.A. Images in cardiovascular medicine. Two-dimensional strain imaging to assess the origin and extent of ventricular preexcitation associated with an accessory bypass. *Circulation.* 2006; 113 (22): 835–9.
 15. Aquaro D.G., Pingitore A., Strata E. Cardiac magnetic resonance predicts outcome in patients with premature ventricular complexes of left bundle branch block morphology. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010; 56 (15): 1235–43.
 16. Ilg K., Baman T.S., Gupta S.K. et al. Assessment of radiofrequency ablation lesions by CMR imaging after ablation of idiopathic ventricular arrhythmias. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2010; 3 (3): 278–85.
 17. Hasdemir C., Yuksel A., Camli D. et al. Late gadolinium enhancement CMR in patients with tachycardia-induced cardiomyopathy caused by idiopathic ventricular arrhythmias. *Pacing. Clin. Electrophysiol.* 2012; 35 (4): 465–70.
 18. Kjaer A., Lebech A.M., Hesse B., Petersen C.L. Right-sided cardiac function in healthy volunteers measured by first-pass radionuclide ventriculography and gated blood-pool SPECT: comparison with cine MRI. *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 2005; 25 (6): 344–9.
 19. Zavadovskiy K.V., Kovalev I.A., Chernyshev A.A., Saushkin V.V., Popov S.V., Lishmanov Yu.B. Potentialities of quantitative blood pool single photon emission computed tomography for assessment of mechanic myocardial dyssynchrony and intracardiac hemodynamics in ventricular arrhythmias in pediatric patients. *Vestnik aritmologii.* 2010; 60: 37–42 (in Russian).
 20. Zavadovskiy K.V., Kovalev I.A., Chernyshev A.A., Saushkin V.V., Lishmanov Yu.B. Scintigraphic diagnosis of right heart dysfunction in children with ventricular tachycardia. *Radiologiya – praktika.* 2011; 5: 34–44 (in Russian).
 21. Botvinick E.H., O'Connell J.W., Kadkade P.P. et al. Potential added value of three-dimensional reconstruction and display of single photon emission computed tomographic gated blood pool images. *J. Nucl. Cardiol.* 1998; 5 (3): 245–55.
 22. Shlevkov N.B., Bakalov S.A., Pasha S.P. et al. Contractility Indicators of left ventricular myocardial segments corresponding to the topography of arrhythmogenic zones – highly specific markers test results of antiarrhythmic drugs in patients with paroxysmal ventricular tachycardia. *Vestnik aritmologii.* 2007; 49: 14–24 (in Russian).
 23. Rouzet F., Algalarrondo V., Burg S. et al. Contraction delay of the RV outflow tract in patients with Brugada syndrome is dependent on the spontaneous ST-segment elevation pattern. *Heart Rhythm.* 2011; 8 (12): 1905–12.
 24. Toussaint J.F., Lavergne T., Kerrou K. et al. Basal asynchrony and resynchronization with biventricular pacing predict long-term improvement of LV function in heart failure patients. *Pacing. Clin. Electrophysiol.* 2003; 26 (9): 1815–23.
 25. Harel F., Finnerty V., Gregoire J. et al. Comparison of left ventricular contraction homogeneity index using SPECT gated blood pool imaging and planar phase analysis. *J. Nucl. Cardiol.* 2008; 15: 80–5.
 26. Vilain D., Daou D., Casset-Senon D. et al. Optimal 3-dimensional method for right and left ventricular Fourier phase analysis in electrocardiography-gated blood-pool SPECT. *J. Nucl. Cardiol.* 2001; 8: 371–8.
 27. Le Guludec D., Gauthier H., Porcher R. et al. Prognostic value of radionuclide angiography in patients with right ventricular arrhythmias. *Circulation.* 2001; 103 (15): 1972–6.
 28. Trimble M.A., Borges-Neto S., Smallheiser S. et al. Evaluation of left ventricular mechanical dyssynchrony as determined by phase analysis of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging in patients with left ventricular dysfunction and conduction disturbances. *J. Nucl. Cardiol.* 2007; 14: 298–307.
 29. Trimble M.A., Borges-Neto S., Honeycutt E.F. et al. Evaluation of mechanical dyssynchrony and myocardial perfusion using phase analysis of gated SPECT imaging in patients with left ventricular dysfunction. *J. Nucl. Cardiol.* 2008; 15: 663–70.
 30. Mariano-Goulart D., Déchaux L., Rouzet F. et al. Diagnosis of diffuse and localized arrhythmogenic right ventricular dysplasia by gated blood-pool SPECT. *J. Nucl. Med.* 2007; 48 (9): 1416–23.
 31. McKenna W.J., Thiene G., Nava A. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. Task Force of the Working Group Myocardial and Pericardial Disease of the European Society of Cardiology and of the Scientific Council on Cardiomyopathies of the International Society and Federation of Cardiology. *Br. Heart J.* 1994; 71: 215–8.
 32. Itti R., Casset D., Philippe L. et al. Characterization of right or left ventricular contraction heterogeneity using Fourier phase analysis. *Eur. J. Nucl. Med.* 1988; 14: 196–202.
 33. Casset-Senon D., Babuty D., Alison D. et al. Delayed contraction area responsible for sustained ventricular tachycardia in an arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: demonstration by Fourier analysis of SPECT equilibrium radionuclide angiography. *J. Nucl. Cardiol.* 2000; 7: 539–42.
 34. Casset-Senon D., Philippe L., Babuty D. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy by Fourier analysis of gated blood pool singlephoton emission tomography. *Am. J. Cardiol.* 1998; 82: 1399–404.
 35. Weismüller P., Clausen M., Weller R. et al. Non-invasive three-dimensional localisation of arrhythmogenic foci in Wolff–Parkinson–White syndrome and in ventricular tachycardia by radionuclide ventriculography: phase analysis of double-angulated integrated single photon emission computed tomography (SPECT). *Br. Heart J.* 1993; 69 (3): 201–10.
 36. Chevalier P., Bontemps L., Fatemi M. et al. Gated blood-pool SPECT evaluation of changes after radiofrequency catheter ablation of accessory pathways: evidence for persistent ventricular preexcitation despite successful therapy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34 (6): 1839–46.
 37. Zavadovskiy K.V., Pan'kova A.N., Saushkin V.V., Lishmanov Yu.B. Methodological features of gated blood pool spect data acquisition, imaging processing and results interpretation. *Radiologiya–praktika.* 2011; 6: 75–83 (in Russian).

Поступила 02.05.2014