

## Сцинтиграфическая диагностика дисфункции правых отделов сердца у детей с желудочковыми тахикардиями

К. В. Завадовский<sup>\*</sup>,<sup>1</sup>, И. А. Ковалев<sup>2</sup>, А. А. Чернышев<sup>2</sup>,  
В. В. Саушкин<sup>1</sup>, Ю. Б. Лишманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Лаборатория радионуклидных методов исследования ГУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» Томского научного центра Сибирского отделения РАН

<sup>2</sup> Отделение детской кардиологии ГУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» Томского научного центра Сибирского отделения РАН

### The value of blood pool single photon emission computer tomography in assessment of arrhythmogenic myocardium dysfunction in children with ventricular tachyarrhythmia

K. W. Zavadovskiy, I. A. Kovalev, A. A. Chernishev, V. V. Saushkin, Yu. B. Lishmanov

#### Реферат

В статье представлены результаты обследования 41 ребенка с желудочковыми аритмиями (средний возраст  $13,2 \pm 3,7$  года). Всем пациентам выполнялось стандартное клинико-инструментальное обследование, включавшее радионуклидную томографию (РТВГ) с мечеными *in vivo* <sup>99m</sup>Tc-пирофосфатом эритроцитами. При анализе фазовых полярных карт сокращения сердца были выявлены зоны асинхронного сокращения миокарда (АСМ). В соответствии с количеством зон АСМ все пациенты были подразделены на две группы: первая группа – 18 пациентов с наличием не более одной зоны АСМ; вторая группа – 23 пациента с двумя и более зонами АСМ. При сопоставлении данных радионуклидного и электрофизиологического исследований было установлено, что расположение участков эктопической активности и зон АСМ совпадало в 83,3 % случаев. Значения ударного объема и фракция выброса правого желудочка были достоверно снижены во второй группе пациентов по срав-

#### Abstract

Forty one children with VT were included in the investigation (average age  $13,2 \pm 3,7$  years). All patients underwent a standard clinical and instrumental investigation which included QBS with marked *in vivo* <sup>99m</sup>Tc-stannous pyrophosphate erythrocyte. The areas of ectopic activity (according to electrophysiological study) coincided with positioning of focuses of early contraction (according to QBS) in 83,3 % cases. For the further analysis of diagnostic opportunities of QBS the patients were divided into 2 groups according to the quantity of focuses of asynchronous myocardial contraction (AMC) according to QBS. The first group included 18 children with 1–2 areas AMC, the second group – 23 patients with more than two similar areas. RV peak ejection rate, peak filling rate, mean filling rate for first third of cardiac cycle, RV ejection fraction were significantly more in the first group of patients. Because of its noninvasiveness and simplicity of implementation QBS may be used for observation of children with

<sup>\*</sup> Завадовский К. В.  
Тел.: +7-3822-553449; электронная почта: nuclear@cardio.tsu.ru

нению с первой. Значения максимальной скорости изгнания были достоверно выше у детей с большим числом зон АСМ. У пациентов второй группы был значимо более высоким показатель стандартного отклонения среднего времени сокращения правого желудочка, который отражает степень внутривентрикулярной диссинхронии. Благодаря неинвазивности и простоте выполнения метод радионуклидной томографии (РТВГ) может быть использован при обследовании детей с желудочковыми аритмиями для выявления и оценки выраженности дисфункции миокарда.

**Ключевые слова:** желудочковая тахикардия, радионуклидная томография, миокард, дисфункция.

VT for the purpose of arrhythmogenic myocardium dysfunction diagnostic

**Key words:** ventricular tachyarrhythmia, myocardial dysfunction, single photon emission computer tomography.

### Актуальность

Желудочковые тахикардии (ЖТ) относятся к разряду фатальных нарушений ритма сердца, поскольку могут трансформироваться в фибрилляцию желудочков, а следовательно, стать причиной внезапной сердечной смерти или тяжелых нарушений кровообращения – аритмогенного шока, отека легких и др. Во взрослой популяции 73–79 % всех случаев ЖТ приходится на больных, перенесших острый инфаркт миокарда.

Другими этиологическими факторами ЖТ являются застойная кардиомиопатия и миокардиты (10–13 %), ревматические и врожденные пороки сердца (4–6 %), пролапс митрального клапана (2,5 %), гипертрофическая кардиомиопатия (2 %), аритмогенная правожелудочковая дисплазия (2 %) [1].

Однако около 2 % ЖТ регистрируются у людей, не имеющих видимых органических поражений сердца. Такие тахикардии называют идиопатическими и относят к проявлениям первичной электрической болезни сердца [1].

На желудочковые формы нарушений ритма у детей приходится не более 5 %

от общего числа тахикардий. К сожалению, иногда единственным клиническим проявлением ЖТ в детском возрасте может явиться внезапная смерть [2]. В качестве причин развития ЖТ у детей чаще всего выступают синдром удлинения или укорочения интервала QT; синдром Брудага, воспалительные заболевания миокарда, кардиомиопатии (гипертрофическая, дилатационная, рестриктивная) и др.

Следует обратить особое внимание на тот факт, что источник аритмогенной активности у детей в большинстве случаев локализуется в правом желудочке (ПЖ) при отсутствии выраженных изменений макроструктуры последнего [3].

В зарубежной и отечественной литературе встречаются сообщения об использовании радионуклидных методов исследования для оценки сократительной дисфункции сердца преимущественно у взрослых пациентов с различными формами желудочковых аритмий [4, 5].

Между тем методы радиоизотопной индикации не только позволяют неинва-

зивно идентифицировать фокусы аритмогенной активности, но и открывают возможность для динамической оценки контрактильной функции желудочков сердца у пациентов с ЖТ [6].

Однако конкретные сцинтиграфические характеристики очага эктопической активности в желудочках сердца, а также радионуклидные критерии эффективности лечения аритмий и прогноза заболевания до сих пор отсутствуют.

**Цель:** разработать методические основы использования радионуклидной равновесной томоэнцефалографии для идентификации зон аритмогенной активности и выявления дисфункции миокарда ПЖ у детей.

## Материалы и методы

В исследование включены дети и подростки ( $n = 41$ ) в возрасте от 4 до 17 лет (средний возраст  $13,2 \pm 3,7$  года), находившиеся на обследовании и лечении в отделениях детской кардиологии и хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ГУ «НИИ кардиологии» ТНЦ СО РАМН. Критериями включения в исследование были идиопатические желудочковые нарушения ритма сердца – желудочковая экстрасистолия и/или мономорфная желудочковая тахикардия, зарегистрированные на поверхностной ЭКГ в 12 отведениях и/или при проведении суточного мониторинга. В выборку не включались пациенты с подтвержденными структурными и органическими заболеваниями миокарда.

Всем больным был выполнен полный комплекс клинико-лабораторных и инструментальных исследований с целью установления причины возникновения аритмии (определение маркеров воспа-

ления и повреждения миокарда, эхокардиография, суточное мониторирование ЭКГ, велоэргометрия, сцинтиграфия миокарда с мечеными лейкоцитами, оценка функции щитовидной железы).

Внутрисердечное электрофизиологическое исследование с последующей радиочастотной абляцией аритмогенных зон было выполнено 12 детям. Специальное исследование включало радионуклидную равновесную томоэнцефалографию с эритроцитами, мечеными  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфатом *iv vivo* [7]. Для этого выполняли внутривенное введение стерильного раствора двухвалентного олова в виде пирофосфат-ионов («Пирфотех, Диамед», Россия). Через 30 мин внутривенно болюсно вводили 1–1,5 мл  $^{99m}\text{Tc}$ -натрия пертехнетата активностью 13–15 МБк/кг.

Метод радионуклидной томоэнцефалографии основан на ЭКГ-синхронизированной регистрации радиоактивности кровяного пула в камерах сердца. Детекторы гамма-камеры устанавливали в положение  $90^\circ$  по отношению друг к другу, при этом угол вращения составил  $180^\circ$ . Поворот детекторов происходил в автоматическом пошаговом режиме с углом смещения  $2,8^\circ$  по нециркулярной орбите – с максимальным приближением детекторов к поверхности тела пациента. Запись информации была выполнена в матрицу  $64 \times 64$  пикселей в 64 проекциях с экспозицией – 45 с на кадр. Синхронизацию записи сокращения сердца с ЭКГ осуществляли с учетом коррекции аритмии в фиксированном режиме. Представительный сердечный цикл был разделен на 8 кадров.

Обработка томоэнцефалограмм включала формирование аксиальных срезов исследуемой области (по серии

нативных изображений) и последующую реконструкцию сечений сердца по короткой оси при помощи программы AutoSPECT+ ver: 3.5 (фильтр Butterworth).

Все сцинтиграфические исследования были выполнены на томографической двухдетекторной гамма-камере Philips-Forte с использованием параллельных высокоразрешающих коллиматоров (Rembrandt™) и настройкой на фотопик  $140 \pm 10$  % КэВ. Лучевая нагрузка на все тело составила 0,0021 мЗв/мБк.

Анализ полученной информации проводили при помощи специализированной программы Quantitative Blood Pool SPECT (QBS) 2.0. Данный программный пакет позволяет производить вычисление объемов – конечно-систолического (КСО), конечно-диастолического (КДО) и ударного (УО), а также фракции выброса (ФВ) на основании трех алгоритмов:

- определение площади поверхности желудочков – Surfaces based (SB);
- счет импульсов в камерах сердца – Count based (CB);
- анализ числа вокселей для каждой из сердечных полостей в систолу и диастолу – Volume based (VB) [8].

Кроме того, для обоих желудочков были построены производные кривые, по которым были рассчитаны максимальная скорость изгнания (МСИ, КДО/с) и наполнения (МСН, КДО/с), среднее время наполнения за 1/3 диастолы (СВН/3, КДО/с), время максимума наполнения (ВМН, мс) желудочков. Данные кривые определяли как функцию объема от времени по формуле  $f'(x) = dV/dT$ .

Отрицательный (находящийся ниже нулевой линии) пик данной кривой соответствовал максимальному времени

изгнания, положительный или положительные (находящиеся выше нулевой линии) пики позволяли судить о максимальной скорости наполнения.

По результатам фазового анализа представительного сердечного цикла были построены гистограммы (рис. 1, 2, f), по которым определяли стандартное отклонение среднего времени сокращения ПЖ (СО\_СВС, °), являющееся характеристикой внутрижелудочковой диссинхронии.

Кроме того, были построены фазовые 2D- и 3D-полярные карты синхронности движения отделов миокарда. Фазовую неоднородность сердечного цикла, являющуюся проявлением внутрижелудочковой диссинхронии [9], оценивали по наличию одной или нескольких зон асинхронного сокращения миокарда (АСМ), в которых изменение фазы движения сердечной стенки на протяжении сердечного цикла происходит раньше или позже по сравнению с основной массой миокарда.

В соответствии с количеством зон АСМ всех пациентов разделили на две группы:

- первая группа (n = 18) – лица с отсутствием или наличием только одной зоны АСМ (см. рис. 1);
- вторая группа (n = 23) – больные с двумя и более зонами АСМ (см. рис. 2).

По возрасту, полу и количеству экстрасистол в течение суток группы между собой были сопоставимы.

Статистическую обработку результатов выполняли при помощи программы STATISTICA 6.0 by StatSoft. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонений ( $M \pm SD$ ). Полученные данные не подчинялись закону нормального распре-

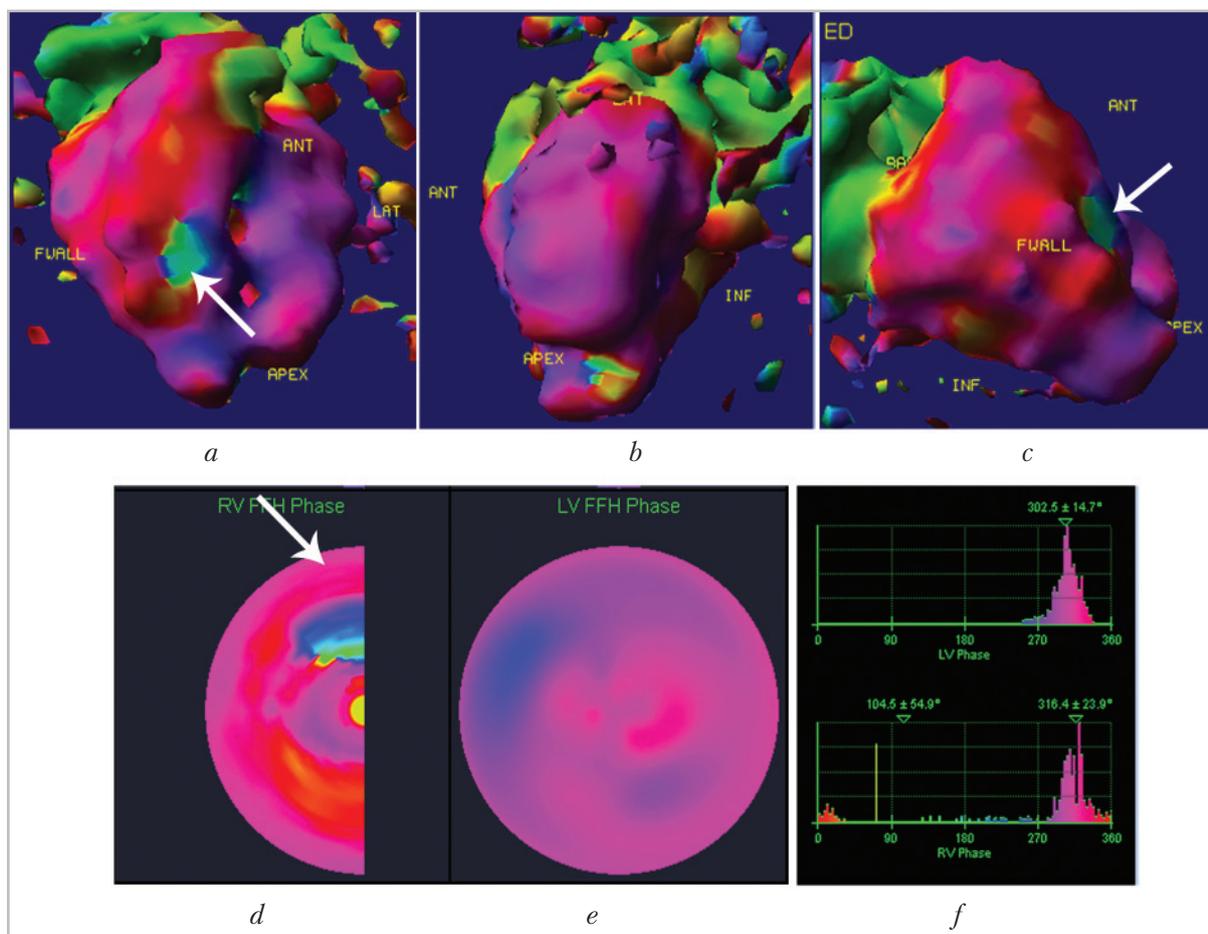


Рис. 1. Полярная фазовая карта сократимости желудочков сердца в трехмерном (a, b, c) и двухмерном (d — правый желудочек; e — левый желудочек) представлении. Фазовая гистограмма сократимости левого и правого желудочков (f). Зона асинхронного сокращения в выходных отделах правого желудочка (стрелки)

деления (по критерию Колмагорова — Смирнова). В связи с этим достоверность межгрупповых различий оценивали в соответствии с непараметрическим критерием Манна — Уитни, взаимосвязь — по критерию Пирсона [10].

### Результаты и обсуждение

Как следует из табл. 1, гемодинамические параметры левого желудочка (ЛЖ) у детей с разным количеством зон АСМ не имели статистически значимых межгрупповых различий.

Вероятнее всего, это связано с отсутствием в миокарде ЛЖ зон асинхронного сокращения. Объемные показатели (КДО и КСО) ПЖ в указанных выборках были также сходными. При этом значения ударного объема, определенного по алгоритму SB, и фракция выброса ПЖ, вычисленная с применением любого из трех методов анализа, были достоверно более низкими во второй группе пациентов по сравнению с первой.

Наиболее значимые различия между группами были выявлены при анализе

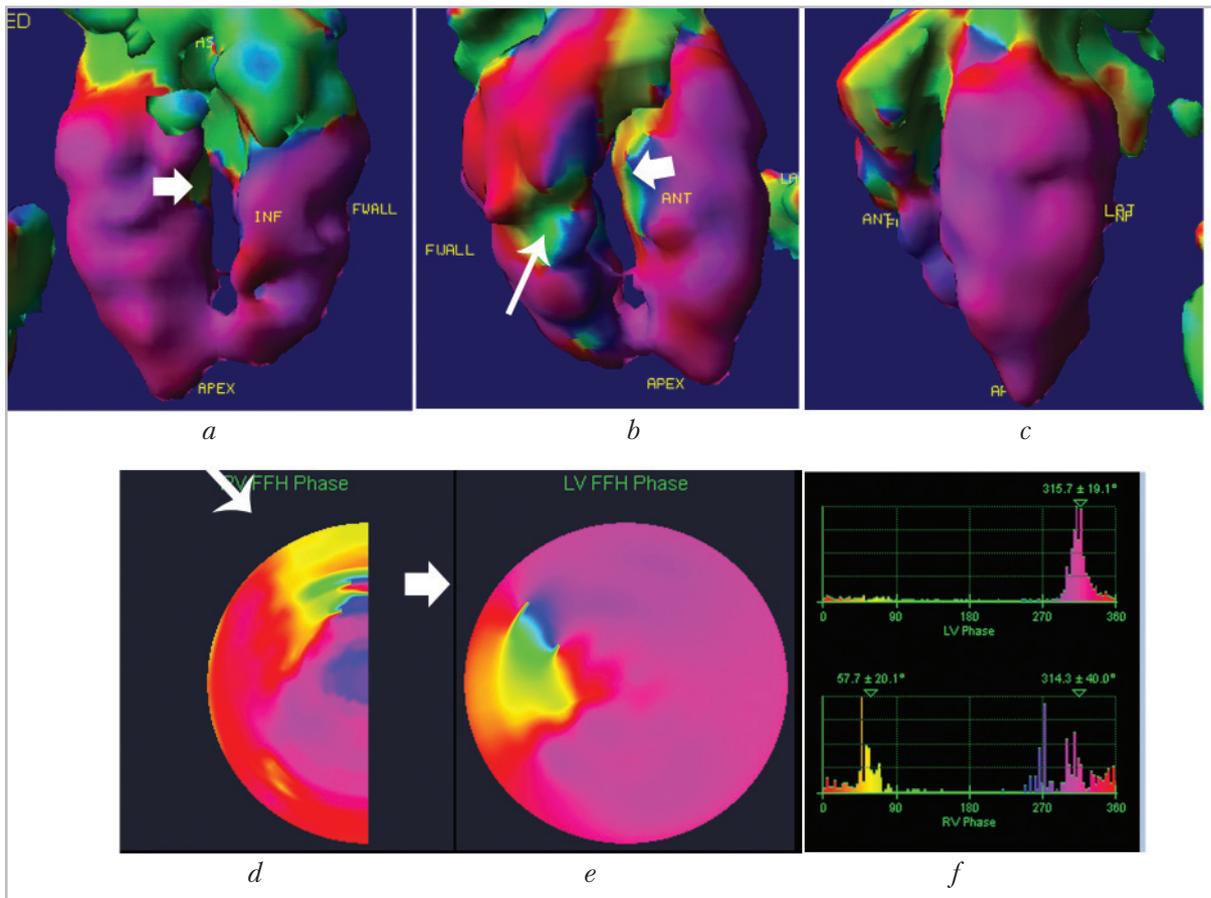


Рис. 2. Полярная фазовая карта сократимости желудочков сердца в трехмерном (a, b, c) и двухмерном (d – правый желудочек; e – левый желудочек) представлении. Фазовая гистограмма сократимости левого и правого желудочков (f). Зона асинхронного сокращения в выходных отделах правого желудочка указана длинной стрелкой. Зона асинхронного сокращения в межжелудочковой перегородке обозначена короткой стрелкой

кривой наполнения ПЖ. Так, значения максимальной скорости изгнания у детей с меньшим числом зон АСМ достоверно превысили таковые у пациентов второй группы на 23,3 %, что свидетельствует о снижении контрактильной функции миокарда ПЖ у последних. У этих же больных определялись более высокие значения показателей максимальной и средней скорости наполнения за 1/3 диастолы, соответственно на 19,6 и 31 %.

Таким образом, наличие феномена диссинхронии, выявляемой по дан-

ными РТВГ, можно считать одной из наиболее вероятных причин систоло-диастолической дисфункции ПЖ у детей с тахиаритмиями. Результаты фазового анализа свидетельствуют о том, что единичные фокусы АСМ у всех детей, включенных в исследование, в 53,6 % случаев ( $n = 22$ ) локализируются в выходных отделах ПЖ, в 19,5 % ( $n = 8$ ) – в боковой и задней стенках ПЖ. Изолированных участков асинхронии в ЛЖ выявлено не было. Зоны АСМ, имеющие место одновременно и в ЛЖ,

**Сравнительный анализ объемных, систолических, диастолических и фазовых показателей функционального состояния левого и правого желудочков сердца по данным радионуклидной томовентрикулографии**

Показатели		Левый желудочек			Правый желудочек		
		Первая группа	Вторая группа	Критерий Манна – Уитни	Первая группа	Вторая группа	Критерий Манна – Уитни (U-Test), p
КДО, мл	SB	90,33 ± 27,42	95,44 ± 30,61	0,62	120 ± 20,66	117,66 ± 32,62	0,48
	VB	116,33 ± 34,58	128,22 ± 35,43	0,68	167,33 ± 22,03	166,11 ± 45,13	0,77
КСО, мл	SB	39,66 ± 21,45	50,22 ± 18,8	0,74	78,33 ± 15,82	91,55 ± 25,17	0,74
	VB	38,66 ± 24	52,88 ± 22,38	0,77	87,66 ± 25,4	105,22 ± 24,91	0,41
УО, мл	SB	51 ± 5,56	45,22 ± 16,30	0,68	41,66 ± 5,03	26,11 ± 10,92	<b>0,04</b>
	VB	77,66 ± 11,06	75,44 ± 23,74	0,68	83 ± 7,93	60,55 ± 24,29	0,23
ФВ, %	SB	59 ± 13,85	47,77 ± 11,04	0,68	35,33 ± 2,3	21,88 ± 6,52	<b>0,004</b>
	CB	76,33 ± 13,57	66,88 ± 14,76	0,41	55,33 ± 9,29	41,33 ± 8,38	<b>0,008</b>
	VB	69,66 ± 14,15	59,44 ± 15,54	0,30	50 ± 7,93	35,55 ± 7,17	<b>0,003</b>
МСИ (КДО/с)		- 2,43 ± 0,40	- 1,97 ± 0,48	0,74	- 1,41 ± 0,22	- 0,82 ± 0,34	<b>0,007</b>
МСН (КДО/с)		2,31 ± 0,66	1,93 ± 1,06	0,62	1,14 ± 0,06	0,78 ± 0,28	<b>0,02</b>
СВН/3 (КДО/с)		1,31 ± 0,19	1,00 ± 0,31	0,9	0,68 ± 0,08	0,41 ± 0,15	<b>0,006</b>
ВМН, мс		178,33 ± 17,55	201,44 ± 116,26	0,77	192 ± 20,42	202,66 ± 38,61	0,30
СВС, °		289,43 ± 12,17	303,78 ± 15,31	0,22	306,73 ± 7,76	323,92 ± 30,30	0,23
СО_СВС, °		11,46 ± 2,53	20,58 ± 5,56	<b>0,03</b>	25,33 ± 2,63	36,54 ± 7,76	0,01

*Примечания:* КДО – конечно-диастолический объем; КСО – конечно-систолический объем; УО – ударный объем; ФВ – фракция выброса; МСИ – максимальная скорость изгнания; МСН – максимальная скорость наполнения; СВН/3 – скорость наполнения за 1/3 диастолы; ВМН – время максимума наполнения; СВС – среднее время сокращения; СО\_СВС – стандартное отклонение среднего времени сокращения; SB, CB, VB – алгоритмы вычисления сердечных объемов – соответственно Surface based, Count based и Volume based; p – уровень достоверности межгрупповых различий.

и в ПЖ сердца, были обнаружены у 11 (26,9 %) пациентов.

Сопоставление полученных результатов с данными внутрисердечного электрофизиологического исследования (ЭФИ) позволило наиболее точно определить локализацию эктопического очага возбуждения в миокарде [11]. При этом топография эктопических очагов выглядела следующим образом:

- выходной отдел ПЖ — 6 пациентов (50 %);
- свободная стенка ПЖ — 2 пациента (16,7 %);
- выходной отдел ЛЖ — 3 пациента (25 %);
- свободная стенка ЛЖ — 1 пациент (8,3 %).

Топографическое совпадение участков эктопической активности, зарегистрированных при ЭФИ, и зон АСМ, выявленных в процессе сцинтиграфии, имело место в 83,3 % случаев. Интересным является тот факт, что зон асинхронии миокарда, изолированно локализованных только в ЛЖ, у обследованных нами детей выявлено не было. При этом в 33,3 % случаев определялись эктопические очаги биоэлектрической активности, расположенные только в ЛЖ. Иными словами, у детей с ЖТ контрактальная гетерогенность миокарда ПЖ в ряде случаев может регистрироваться на фоне его неизменной электрофизиологии. Вероятно, это связано с анатомической близостью эктопического очага возбуждения, локализованного в ЛЖ, к правым отделам сердца [12, 13].

В процессе фазового анализа полученных сцинтиграмм было установлено, что у пациентов с двумя и более зонами асинхронии миокарда дисперсия показателей времени сокращения как ЛЖ,

так и ПЖ была достоверно более высокой, чем в первой группе (см. табл. 1), что выразилось в увеличении стандартного отклонения среднего времени сокращения (СО\_СВС). Эти результаты свидетельствуют о наличии у пациентов второй группы внутрижелудочковой диссинхронии. При этом само по себе среднее время сокращения ПЖ и ЛЖ в обеих группах достоверно между собой не различалось, что указывает на отсутствие межвентрикулярной диссинхронии. Интересен тот факт, что увеличение СО\_СВС ЛЖ явилось единственным признаком дисфункции последнего в проведенном исследовании. С другой стороны, не было обнаружено корреляционной связи данного показателя с сократимостью ЛЖ. В то же время параметры систоло-диастолической функции ПЖ статистически значимо ухудшались по мере увеличения стандартного отклонения его среднего времени сокращения (табл. 2).

Аналогичная корреляция проявлялась между снижением контрактильной способности ПЖ и увеличением числа зон АСМ.

Так, коэффициент корреляции (R) количества зон АСМ с УО ПЖ составил 0,67, с ФВ ПЖ — (- 0,78), с МСИ ПЖ — 0,78, с МСН ПЖ — (- 0,74), с ССН/3 ПЖ — (- 0,77).

Эти данные свидетельствуют о том, что диссинхрония ПЖ отрицательно сказывается на его контрактильной функции.

## Выводы

1. Сцинтиграфическое выявление зон асинхронии миокарда позволяет косвенно определить локализацию очага аритмогенной активности в желудочках сердца.

Значения коэффициентов корреляции фазового индекса внутрижелудочковой диссинхронии и показателей функционального состояния левого и правого желудочков

Показатели	КДО		КСО		УО		ФВ			МСИ, КДО/с	МСН, КДО/с	СВН/3, КДО/с	ВМН, мс
	SB	VB	SB	VB	SB	VB	SB	CB	VB				
СО_СВС левого желудоч- ка	R = 0,09, p = 0,66	R = 0,14, p = 0,54	R = 0,12, p = 0,55	R = 0,22, p = 0,31	R = 0,10, p = 0,63	R = 0,18, p = 0,39	R = 0,13, p = 0,55	R = -0,13, p = 0,54	R = -0,10, p = 0,64	R = 0,29, p = 0,16	R = -0,01, p = 0,93	R = -0,35, p = 0,09	R = -0,03, p = 0,87
СОСВС правого желудоч- ка	R = -0,29, p = 0,17	R = -0,22, p = 0,29	R = -0,08, p = 0,70	R = 0,04, p = 0,84	R = -0,63, p = 0,001	R = -0,44, p = 0,03	R = -0,55, p = 0,005	R = -0,33, p = 0,11	R = -0,57, p = 0,004	R = 0,55, p = 0,006	R = -0,51, p = 0,01	R = -0,57, p = 0,004	R = 0,21, p = 0,31

Примечание: R – коэффициент корреляции; p – уровень статистической значимости.

2. Количество зон АСМ и стандартное отклонение среднего времени сокращения ПЖ имеет положительную корреляцию со степенью его контрактильной дисфункции.
3. По данным скинтиграфического исследования показано, что контрактильная гетерогенность миокарда ПЖ оказывается зачастую более выраженной по сравнению с его электрофизиологической неоднородностью.

### Список литературы

1. Кушаковский М. С. Аритмии сердца (расстройства сердечного ритма и нарушения проводимости. Причины, механизмы, электрокардиографическая и электрофизиологическая диагностика, клиника, лечение): Руководство для врачей. 3-е изд., испр. и доп. / М. С. Кушаковский. СПб.: ООО «Издательство, «Фолиант», 2004. 672 с.
2. Мутафьян О. А. Аритмии сердца у детей и подростков. СПб.: Изд-во «Диалект», 2003. 224 с.
3. 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. Sep. 48 (9). 1416–1423.
4. Nakajima K., Bunko H., Tada A. et al. Phase Analysis in the Wolff – Parkinson – White Syndrome with Surgically Proven Accessory Conduction Pathways: Concise Communication // Ibid. 1984. 25. P. 7–13.
5. 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. С. 14–24.
6. Le Guludec D., Gauthier H., Porcher R. et al. Prognostic Value of Radionuclide Angiography in Patients With Right Ventricular Arrhythmias // Circul. 2001. V. 103. P. 1972–1976.
7. Сошин Л. Д., Кузьмин В. П., Бирюков А. П. и др. Равновесная радионуклидная вентрикулография // Стандартизированные методики радиоизотопной диагностики. Обнинск, 1987. С. 240–242.
8. Daou D., Van Krieking S. D., Coaguila C. et al. Automatic quantification of right ventricular function with gated blood pool SPECT. // J. Nucl. Cardiol. 2004. May – Jun. 11(3). 242–244.
9. Остроумов Е. Н., Сергиенко В. Б., Голицын С. П. и др. Применение фазовых изображений в радионуклидной вентрикулографии для топической диагностики синдрома Вольфа – Паркинсона – Уайта и источников патологических ритмов в желудочках // Кардиология. 1990. № 2. С. 12–16.
10. Петри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине. Пер. с англ. В. П. Леонова. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. 144 с.
11. Josephson M. E. Clinical cardiac electrophysiology: Technique and interpretation. 2-nd edition. 1993. Lea and Febiger // Chapter 12, Recurrent ventricular tachycardia: 417–616.

12. *Eguchi M., Tsuchihashi K., Nakata T. et al.* Right ventricular abnormalities assessed by myocardial single-photon emission computed tomography using technetium – 99mTc-sestamibi/tetrofosmin in right ventricle-originated ventricular tachyarrhythmias // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000. 36. P. 1767–1773.
13. *Ревшвили А. Ш., Рзаев Ф. Г., Снегур Р. Ю., Лабарткава Е. З.* Алгоритм топической диагностики правожелудочковых аритмий // *Вестн. аритмологии.* 2006. № 46. С. 5–11.