



Сопряженность электрофизиологических и перфузионных изменений миокарда левого желудочка при постинфарктных аневризмах с желудочковой тахикардией

Бабокин В.Е. • Минин С.М. • Гупор С.С. • Баталов Р.Е. • Шипулин В.М. • Лишманов Ю.Б. • Попов С.В. • Карпов Р.С.

Актуальность. Наличие желудочковой тахикардии у больных с постинфарктной аневризмой левого желудочка (ЛЖ) предполагает нарушение миокардиальной перфузии.

Цель – определение взаимосвязи электрофизиологических и перфузионных изменений миокарда ЛЖ у больных ишемической болезнью сердца с постинфарктной аневризмой и желудочковой тахикардией.

Материал и методы. Обследованы 23 больных с постинфарктной аневризмой ЛЖ, идущих на операцию аневризмэктомии и/или аортокоронарного шунтирования. В обследование было включено внутрисердечное электрофизиологическое исследование (ЭФИ) с трехмерной электроанатомической реконструкцией ЛЖ и перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда с ^{99m}Tc-Технетрилом.

Результаты. У большинства (68%) сегментов ЛЖ с нормальной электрической проводимостью

(амплитуда электрического потенциала более 1,5 мВ, 1-я группа ЭФИ) перфузия миокарда была более 70% (аккумуляция радиофармпрепарата от максимального включения в миокард); сегменты переходной зоны (амплитуда электрического потенциала 0,5–1,5 мВ, 2-я группа ЭФИ) находились в равной степени (по 18%) в зонах гипоперфузии 31–69% и 45–54%; большинство (52%) сегментов с «электрофизиологическим рубцом» (амплитуда электрического потенциала менее 0,5 мВ, 3-я группа ЭФИ) находились в зоне аперфузии (менее 30%); сегменты с нулевой проводимостью (4-я группа ЭФИ) были также в зоне аперфузии и частично (20%) в гипоперфузии до 44%. При оценке процента перфузии каждого сегмента в отдельности оказалось, что сегменты 1-й группы ЭФИ перфузируются на уровне 61% (48–71%) от максимального значения перфузии миокарда ЛЖ, сегменты 2-й группы ЭФИ – 45% (34–56%), сегменты 3-й группы ЭФИ – 35% (30–46%), сегменты 4-й группы ЭФИ – 26% (21–31%). Все группы

пациентов были достоверно связаны с перфузией миокарда как в полуколичественной шкале, то есть по группам перфузии (от 0 до 4) ($V=93,5$; $p<0,001$), так и в количественной шкале с обратным коэффициентом корреляции ($r=-0,56$; $p<0,001$), то есть чем больше процент перфузии сегмента, тем выше вероятность его нахождения в 1-й группе ЭФИ.

Заключение. Электрофизиологическое состояние ЛЖ зависит от перфузии миокарда. Электрофизиологически нормальный миокард с электрическим потенциалом более 1,5 мВ, переходная зона (0,5–1,5 мВ) и зона с потенциалом менее 0,5 мВ достоверно различаются между собой по проценту перфузии – 61, 45 и 35% соответственно.

Ключевые слова: постинфарктная аневризма левого желудочка, желудочковая тахикардия, внутрисердечное электрофизиологическое исследование, перфузионная однофотонная томография миокарда, операция Дора.



Изменения электрофизиологических свойств миокарда левого желудочка (ЛЖ), связанные с перенесенным инфарктом, приводят к развитию желудочковой тахикардии. В 50% всех случаев смерти больных с ремоделированным ЛЖ причиной выступает желудочковая аритмия [1, 2]. Внутрисердечное электрофизиологическое исследование (ЭФИ) дает возможность выявлять потенциально аритмогенные зоны, способные приводить к развитию желудочковых нарушений ритма сердца [3]. Это может значительно облегчить задачу дальнейшего хирургического лечения данной патологии [4]. Огромный вклад в диагностику жизнеспособности миокарда и прогноз послеоперационной выживаемости пациентов вносит оценка перфузии миокарда у таких больных [5, 6]. Если в результате длительного угнетения кровотока миокард утрачивает свою контрактильную функцию, но при этом метаболические процессы остаются сохраненными, он считается жизнеспособным [7]. Наличие желудочковой тахикардии может быть связано с функциональными свойствами миокарда и нарушением перфузии.

Мы решили оценить два метода диагностики миокарда ЛЖ, патологически измененного вследствие перенесенного инфаркта, и дать их сравнительную характеристику. Целью работы было определение взаимосвязи электрофизиологических и перфузионных изменений миокарда ЛЖ у больных ишемической болезнью сердца с постинфарктной аневризмой ЛЖ и желудочковой тахикардией.

Материал и методы

В исследование были включены 23 больных (22 мужчины, 1 женщина; средний возраст $57,7 \pm 7,5$ года), госпитализированных с основным диагнозом «ишемическая болезнь сердца, постинфарктный кардиосклероз, хроническая аневризма ЛЖ». Диагноз во всех случаях был верифицирован на основании комплексного клинико-инструментального обследования, включавшего анализ электрокардиограммы, эхокардиографию, коронаровентрикулографию по методу Judkins. У 4 (17,4%) пациентов была диагностирована стенокардия напряжения

Бабokin Вадим Егорович – канд. мед. наук, руководитель отделения кардиохирургии¹

✉ 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация. Тел.: +7 (495) 631 72 23. E-mail: babokin@bk.ru

Минин Станислав Михайлович – канд. мед. наук, заведующий отделением радиоизотопной диагностики отдела лучевой и функциональной диагностики²

Гутор Сергей Сергеевич – ассистент кафедры морфологии и общей патологии³

Баталов Роман Ефимович – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции⁴

Шипулин Владимир Митрофанович – д-р мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии⁴

Лишманов Юрий Борисович – д-р мед. наук, профессор, чл.-кор. РАН, руководитель отделения радионуклидных методов исследования⁴

Попов Сергей Валентинович – д-р мед. наук, профессор, чл.-кор. РАН, руководитель отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции²

Карпов Ростислав Сергеевич – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор⁴

II функционального класса (ФК), у 16 (69,6%) – III ФК и у 3 (13%) – IV ФК. Сердечная недостаточность была выявлена у всех больных, в том числе сердечная недостаточность I ФК по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (New York Heart Association – NYHA) диагностирована у 3 (13%) пациентов, II ФК – у 8 (34,9%), III ФК – у 9 (39,1%), IV ФК – у 3 (13%).

Все пациенты в анамнезе имели указание на перенесенный в течение последних 3 лет инфаркт миокарда: 17 человек – однократно, 5 – дважды, 1 – трижды. У всех пациентов была диагностирована постинфарктная аневризма ЛЖ. Наиболее часто аневризма ЛЖ локализовалась в передне-перегородочной области ($n=22$), реже – в области задней стенки ($n=5$) и с захватом боковой стенки ЛЖ ($n=3$). У 9 больных отмечены желудочковые нарушения ритма, причем в 5 случаях желудочковая тахикардия была документирована до исследования, а в 4 была индуцирована во время внутрисердечного ЭФИ.

По данным коронаровентрикулографии поражение бассейна 1 коронарной артерии выявлено у 3 (13%) больных, 2 коронарных артерий – у 7 (30,4%) и 3 коронарных артерий – у 13 (56,6%).

Из сопутствующих заболеваний у 9 (39,1%) больных была гипертоническая болезнь II степени, у 2 (8,7%) – сахарный диабет 2-го типа.

Двадцати пациентам была выполнена левожелудочковая реконструкция в сочетании с аортокоронарным шунтированием в условиях искусственного кровообращения, из них 8 выполнена операция Дора [8], 9 – операция Дора в модификации Мениканти [9], 3 – линейная аневризмэктомия по Кули. Троем больным выполнено только аортокоронарное шунтирование. Девяти пациентам проведена левожелудочковая реконструкция с эндокардэктомией по радиочастотным меткам, нанесенным во время внутрисердечного ЭФИ на границе между патологически измененным и здоровым эндомиокардом ЛЖ [4]. Троем пациентам выполнена пластика фиброзного кольца митрального клапана опорным кольцом и пластика трикуспидального клапана по Де Вега, одному – протезирование митрального клапана искусственным клапаном сердца. Аортокоронарное шунтирование выполнено у всех пациентов, наложено от 1 до 3 шунтов.

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация

² ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения имени академика Е.Н. Мешалкина» Минздрава России; 630055, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15, Российская Федерация

³ ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; 634050, Томская обл., г. Томск, Московский тракт, 2, Российская Федерация

⁴ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт кардиологии»; 634012, Томская обл., г. Томск, ул. Киевская, 111а, Российская Федерация

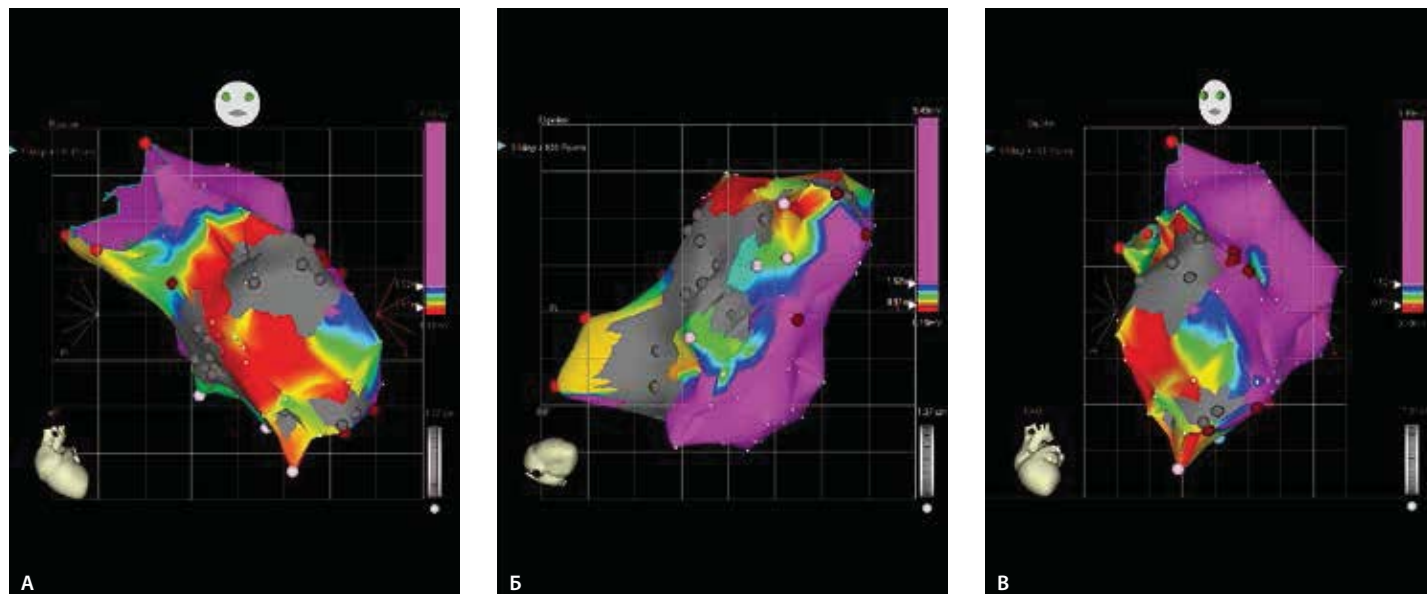


Рис. 1. Внутрисердечное электрофизиологическое исследование пациента 55 лет, перенесшего крупноочаговый инфаркт миокарда: **А** – прямая проекция, **Б** – нижняя проекция, **В** – левая косая проекция

Время искусственного кровообращения составило в среднем $142,3 \pm 70,4$ минуты, время пережатия аорты – $98,6 \pm 49,2$ минуты.

В обследовании больных перед операцией аневризмэктомии было включено внутрисердечное ЭФИ с трехмерной электроанатомической реконструкцией ЛЖ [3], определяли амплитуду электрического потенциала, зоны замедленного проведения, зоны двойного потенциала (рис. 1). Электрофизиологическое исследование проводилось с помощью оборудования фирмы Biosense Webster Inc. (США). Полученные электрограммы обрабатывали при помощи пакетов прикладных программ CARTOXP фирмы Biosense Webster Inc. (США).

Локальные зоны миокарда ЛЖ с нарушением проведения электрического потенциала оценивали по 4-балльной шкале. Первой группе ЭФИ соответствовала зона с амплитудой электрического потенциала более 1,5 мВ (фиолетовый цвет на рис. 1), 2-й группе ЭФИ – переходная зона с амплитудой электрического потенциала 0,5–1,5 мВ (желтый, зеленый, синий цвета на рис. 1), 3-й группе ЭФИ – зона низкоамплитудного электрического потенциала менее 0,5 мВ (электрический рубец) (красный цвет на рис. 1), 4-й группе ЭФИ – отсутствие электрического потенциала (серый цвет на рис. 1). Кроме этого, были отмечены зоны замедленного проведения (розовые точки на рис. 1) и зона двойного потенциала (голубая точка на рис. 1).

Всем больным была выполнена перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда с ^{99m}Tc -Технетрилом (компания «Диамед», Россия) в покое. Исследование проводили через 1 час после инъекции радиофармпрепарата [10].

Все радионуклидные исследования были выполнены на гамма-камере Forte фирмы Philips Medical Systems (Нидерланды). В процессе сбора данных детекторы устанавливали под углом 90 градусов друг к другу. Угол поворота детекторов составлял 90 градусов. Для каждого детектора регистрировали 16 проекций (всего 32 проекции) по 30 секунд каждая в матрицу размером 64×64 пикселя с использованием параллельного высокоразрешающего коллиматора для низких энергий и настройкой гамма-камеры на фотопик ^{99m}Tc – 140 кэВ, ^{123}I – 159 кэВ с шириной окна дифференциального дискриминатора 20%.

Обработку полученных сцинтиграмм проводили при помощи пакетов прикладных программ Jet Stream® Workspace Release 3.0 фирмы Philips Medical Systems. Реконструкцию сечений сердца по короткой и длинным осям осуществляли при помощи программы AutoSPECT+, анализ полученной информации – с использованием специализированной программы AutoQuant.

Локальные нарушения перфузии и метаболизма ЛЖ оценивали в двух вариантах. Первый вариант: использовали количественную шкалу, представленную в процентах от максимального

включения радиофармпрепарата в миокард. Второй вариант: использовали полуколичественную шкалу, где оценкой «0 баллов» обозначали нормальную перфузию/сохранный метаболизм (захват радиофармпрепарата более 70% от максимального включения индикатора в миокард), «1 балл» – гипоперфузию/сохранный метаболизм (55–69%), «2 балла» – гипоперфузию/сниженный метаболизм (45–54%), «3 балла» – аперфузию/сниженный метаболизм (31–44%), «4 балла» – аперфузию/отсутствие метаболической активности (аккумуляция радиофармпрепарата менее 30% от максимального включения в миокард).

Оценку зон с нарушением электрического проведения миокарда ЛЖ и включения радиофармпрепарата в миокард проводили с использованием 17-сегментарной модели ЛЖ и системы полярных координат «бычий глаз» (рис. 2) [11].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ SSPS 11.5 for Windows. Нормальность закона распределения количественных показателей проверяли с использованием критерия Шапиро – Вилка. Параметры, подчиняющиеся нормальному закону распределения, описывали с помощью среднего значения (M) и стандартного отклонения (SD). Качественные данные описывались частотой встречаемости или ее процентом. В случае нормального закона распределения для проверки достоверности различий количественных показателей в сравниваемых группах использовали t-критерий Стьюдента. Для проверки достоверности различия количественных данных применяли Z-критерий (точный критерий Фишера). Для проверки достоверности различия послеоперационной летальности использовался метод Каплана – Мейера. Все статистические показатели считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

По данным внутрисердечного ЭФИ зона с нормальной амплитудой и длительностью электрического потенциала более 1,5 мВ была отмечена в 103 из 170 проанализированных сегментов, переходная зона от 0,5 до 1,5 мВ – в 38 сегментах, зона с потенциалом менее 0,5 мВ – в 19 сегментах, отсутствие электрического потенциала зафиксировано в 10 сегментах ЛЖ (табл. 1). Зона замедленного проведения выявлена в 41 сегменте, зона двойного потенциала – в 28 сегментах.

По данным сцинтиграфии миокарда с ^{99m}Tc -Технетрилом в покое до операции нормальная перфузия миокарда отмечалась в 75 из 170 сегментов, гипоперфузия с сохранным

Таблица 1. Сопряженность «сцинтиперфузия – внутрисердечное электрофизиологическое исследование»

Частота, сегменты	ЭФИ, группы				Итого, сегменты	
	1	2	3	4		
Сцинтиперфузия, баллы	0	67	8*	0*	0*	75
	1	18	10	2	1	31
	2	11	8	3	0	22
	3	5	7	6*	2	20
	4	2	5*	8*	7*#	22
Итого, сегменты		103	38	19	10	170

ЭФИ – электрофизиологическое исследование

* Статистически значимые различия по сравнению с 1-й группой при $p < 0,05$

Статистически значимые различия по сравнению со 2-й группой при $p < 0,05$

метаболизмом (55–69%) – в 31 сегменте, гипоперфузия со сниженным метаболизмом (45–54%) – в 22 сегментах, аперфузия со сниженным метаболизмом (31–44%) – в 20 сегментах, аперфузия и отсутствие метаболической активности – в 22 сегментах миокарда ЛЖ.

При сравнительном анализе результатов внутрисердечного ЭФИ и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (см. табл. 1) оказалось, что у большинства сегментов, а именно в 68% от их общего количества, с нормальной электрической проводимостью (1-я группа) перфузия миокарда была более 70%, небольшое количество сегментов (около 20%) было с перфузией миокарда от 55 до 69%, оставшиеся сегменты – от 45 до 54%. Сегменты переходной зоны по внутрисердечному ЭФИ (2-я группа с электрическим потенциалом 0,5–1,5 мВ) находились в равной степени

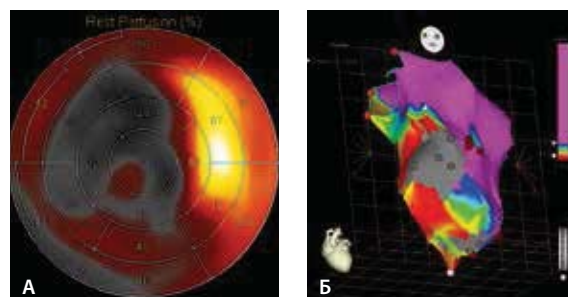


Рис. 2. Пациент с аневризмой левого желудочка и желудочковой тахикардией: **А** – перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда с ^{99m}Tc -Технетрилом, **Б** – внутрисердечное электрофизиологическое исследование



в зонах гипоперфузии 31–44% (18% сегментов) и 45–54% (18%), большинство сегментов были в зоне гипоперфузии 55–69% (37% сегментов) и более 70% (27% сегментов). Часть сегментов (16%) с «электрофизиологическим рубцом» (3-я группа внутрисердечного ЭФИ) находилась в зоне гипоперфузии 45–54%, 32% сегментов этой группы были с гипоперфузией 31–44%, большинство (52%) сегментов – в зоне аперфузии. Четвертая группа, с нулевой проводимостью, была в аперфузии и частично (20%) в гипоперфузии до 44%.

При оценке процента перфузии каждого сегмента в отдельности были получены следующие данные (рис. 3). Сегменты 1-й группы внутрисердечного ЭФИ перфузируются на уровне 61% (48–71%) от максимального значения перфузии миокарда ЛЖ, 2-й группы – 45% (34–56%), 3-й группы – 35% (30–46%), 4-й группы – 26% (21–31%). Все группы пациентов были достоверно связаны с перфузией миокарда как в полуколичественной шкале ($V=93,5$; $p<0,001$), то есть по группам перфузии (от 0 до 4), так и в количественной шкале с обратным коэффициентом корреляции ($r=-0,56$; $p<0,001$), то есть чем больше процент перфузии сегмента, тем выше вероятность его нахождения в 1-й группе (с нормальной электрической проводимостью).

При статистической обработке результатов отмечены достоверные различия по проценту перфузии между всеми группами (табл. 2), кроме одной пары: группа «электрофизиологического рубца» и группа с нулевой проводимостью (рис. 4).

Во время проведения ЭФИ выявлены зоны с нарушением проведения: зоны замедленного проведения в 41 сегменте и зоны двойного потенциала в 28 сегментах. Большая часть их находилась в переходной зоне с амплитудой электрического потенциала от 0,5 до 1,5 мВ. Процент перфузии в них статистически значимо различался ($U=62,5$; $p<0,001$) и был равен в зонах замедленного проведения 40% (35–40%), а в зонах двойного потенциала – 55 (48–61%).

Обсуждение

Постинфарктное повреждение миокарда ЛЖ может привести не только к образованию аневризмы, но и к появлению источников смертельных желудочковых нарушений ритма. Эта проблема беспокоит ученых всего мира уже несколько десятилетий [1, 12, 13, 14]. Выявление электрофизиологических изменений отдельных областей миокарда у больных ишемической болезнью сердца с выраженной дисфункцией ЛЖ и желудочковой тахикардией чрезвычайно

важно для определения тактики ведения этих пациентов и прогноза хирургического лечения [4]. Современные исследования показали: источником желудочковой тахикардии является зона миокарда, приграничная к рубцовой ткани аневризмы ЛЖ [15]. Эпикардальное картирование дает информацию о наличии зон возбуждения в ЛЖ и об их локализации, что необходимо для дальнейшего хирургического лечения [12, 13, 16]. Проведенное до операции внутрисердечное ЭФИ с электроанатомической реконструкцией ЛЖ наглядно демонстрирует нарушения в проводящей системе сердца (см. рис. 1).

При изучении результатов эндокардиального ЭФИ нами выявлены закономерность поражения миокарда и изменение его электрофизиологических свойств. У больных, перенесших передний обширный инфаркт миокарда, осложнившийся аневризмой, определяются зоны низкоамплитудного желудочкового потенциала менее 0,5 мВ – это зона рубца, которая анатомически чаще всего представляет собой верхушку ЛЖ с захватом части передней стенки и межжелудочковой перегородки. Здоровый миокард имеет амплитуду потенциала выше 1,5 мВ. Интерес представляет переходная зона от 0,5 до 1,5 мВ, расположенная между рубцом и здоровым миокардом, где и фиксируются двойной потенциал и/или замедленное проведение, способные привести к возможным ригентри и желудочковой тахикардии. В свою очередь, однофотонная эмиссионная компьютерная томография с радиоизотопными препаратами способна выявить патологические зоны перфузии миокарда. В нашем институте больным, идущим на операцию левожелудочковой реконструкции, выполняется как ЭФИ, так и однофотонная эмиссионная компьютерная томография. Однако ЭФИ – это инвазивный метод, имеющий противопоказания (наличие тромба в полости ЛЖ, выраженный стеноз или окклюзия бедренных артерий). Именно поэтому мы решили сопоставить эти два метода исследования.

Полученные в ходе исследования результаты дали перфузионную оценку электрофизиологическим нарушениям миокарда. Было выявлено, что зона с нормальной электрофизиологией имеет миокардиальную перфузию 48–71%, переходная зона – 34–55,5%, «электрический рубец» – 30–46%, отсутствие электрического импульса возникает на участке менее 31% от максимального значения перфузии миокарда ЛЖ, то есть в зоне аперфузии. Охарактеризованы зоны миокарда, способные запустить желудочковую тахикардию. Так, зона замедленного проведения

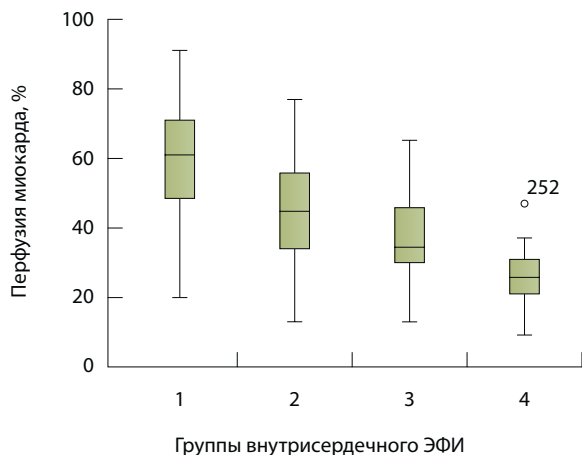


Рис. 3. Сцинтиграфическая перфузионная оценка групп внутрисердечного электрофизиологического исследования (ЭФИ)

находится в зоне с аперфузией миокарда, однако в ней присутствует метаболическая активность 35–40%. Этим объясняется сама возможность проведения электрического потенциала через данный участок миокарда, но с запозданием, что способствует возникновению риентри. Зона двойного потенциала возникает в гипоперфузируемых участках миокарда с сохранным метаболизмом (48–61%), расположенных вокруг зон без электрического потенциала, что также вызывает риентри. Хотя эти участки локализованы в переходной электрофизиологической зоне миокарда, тем не менее они достоверно различаются между собой. Предположительно, это обусловлено

Таблица 2. Парные сравнения значений перфузии для групп внутрисердечного электрофизиологического исследования

Выборка 1 – Выборка 2	Статистика критерия	Стандартная ошибка	Стандартная статистика критерия	Значимость	Скорректирован- ная значимость
4,000–3,000	40,565	25,479	1,592	0,111	0,668
4,000–2,000	88,187	23,869	3,695	0,000	0,001
4,000–1,000	149,040	22,511	6,621	0,000	0,000
3,000–2,000	47,622	16,968	2,807	0,005	0,030
3,000–1,000	108,475	15,001	7,231	0,000	0,000
2,000–1,000	60,853	12,063	5,045	0,000	0,000

В ячейках приводится значение статистического критерия и его стандартная ошибка для каждой сравниваемой пары выборок. В каждой строке проверяется нулевая гипотеза о том, что Выборка 1 и Выборка 2 имеют одинаковые распределения. Выводится асимптоматическая значимость (двусторонний критерий), различия между группами считаются статистически значимыми при $p < 0,05$

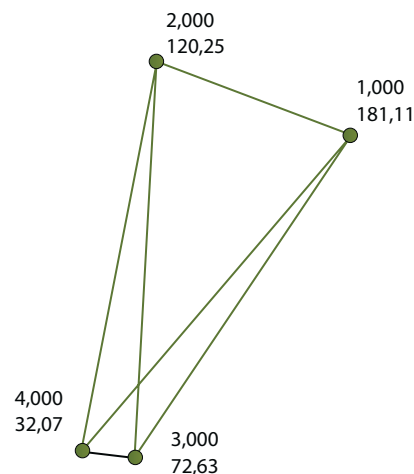


Рис. 4. Сравнения групп внутрисердечного электрофизиологического исследования по перфузии миокарда

различием морфологических свойств миокарда (данная гипотеза нуждается в проверке). В любом случае очевидно, что эти участки миокарда должны быть изолированы от общей массы миокарда ЛЖ в целях предотвращения желудочковых нарушений ритма.

Таким образом, наличие корреляционной связи между электрофизиологией и перфузией миокарда дает возможность диагностировать электрически нестабильные зоны миокарда с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.

Выводы

Электрофизиологическое состояние левого желудочка зависит от перфузии миокарда. Электрофизиологически нормальный миокард с электрическим потенциалом более 1,5 мВ, переходная зона (0,5–1,5 мВ) и зона с потенциалом менее 0,5 мВ достоверно различаются между собой по проценту перфузии, который составляет 61, 45 и 35% соответственно. Зоны замедленного проведения и двойного потенциала преимущественно находятся в переходной зоне проведения электрического потенциала с амплитудой тока от 0,5 до 1,5 мВ с перфузией миокарда от 35 до 61%. Зона двойного потенциала формируется в более перфузируемом участке миокарда с дефектом перфузии 55% с сохранным метаболизмом, в отличие от зоны замедленного проведения, где дефект перфузии равен 40% при низком уровне метаболической активности. Резекция зон риентри является неотъемлемой частью хирургического лечения аневризмы левого желудочка. ©



Литература

- DiDonato M, Sabatier M, Dor V, Buckberg G; RESTORE Group. Ventricular arrhythmias after LV remodelling: surgical ventricular restoration or ICD? *Heart Fail Rev.* 2004;9(4):299–306.
- Sosa E, Jatene A, Kaeriyama JV, Scanavacca M, Marcial MB, Bellotti G, Pileggi F. Recurrent ventricular tachycardia associated with post-infarction aneurysm. Results of left ventricular reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103(5):855–60.
- Kautzner J. Clinical application of electro-anatomical mapping in the treatment of arrhythmias. In: Kautzner J, Kirstein Pedersen A, Peichl P, editors. *Electro-anatomical mapping of the heart.* London: Remedica Publishing; 2006. p. 3.8–3.14.
- Babokin V, Shipulin V, Batalov R, Popov S. Surgical ventricular reconstruction with endocardectomy along radiofrequency ablation-induced markings. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(5):1133–8.
- Cuocolo A, Acampa W, Nicolai E, Pace L, Petretta M, Salvatore M. Quantitative thallium-201 and technetium ^{99m} sestamibi tomography at rest in detection of myocardial viability in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction. *J Nucl Cardiol.* 2000;7(1):8–15.
- Окунева ГН, Чернявский АМ, Булатецкая ЛМ, Воронова ИП, Власов ЮА, Бобошко АВ, Мироненко СП. Миокардиальный кровоток на разных участках сердца у больных ишемической болезнью сердца до и после реваскуляризации. *Кардиология.* 2002;42(5):52–4.
- Rahimtoola SH. The hibernating myocardium. *Am Heart J.* 1989;117(1):211–21.
- Dor V, Sabatier M, Montiglio F, Civaia F, DiDonato M. Endoventricular patch reconstruction of ischemic failing ventricle. A single center with 20 years experience. Advantages of magnetic resonance imaging assessment. *Heart Fail Rev.* 2004;9(4):269–86.
- Menicanti L, Castelvecchio S, Ranucci M, Frigola A, Santambrogio C, de Vincentiis C, Brankovic J, Di Donato M. Surgical therapy for ischemic heart failure: single-center experience with surgical anterior ventricular restoration. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(2):433–41.
- Лишманов ЮБ, Чернов ВИ, ред. Радионуклидная диагностика для практических врачей. Практическое руководство. Томск: STT; 2004. 394 с.
- PereztoI-Valdés O, Candell-Riera J, Santana-Boado C, Angel J, Aguadé-Bruix S, Castell-Conesa J, Garcia EV, Soler-Soler J. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary arteries. *Eur Heart J.* 2005;26(24):2637–43.
- Бокерия ЛА, Федоров ГГ. Хирургическое лечение больных с постинфарктными аневризмами сердца и сопутствующими тахикардиями. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 1994;4(4):4–8.
- Moran JM. Postoperative ventricular arrhythmia. *Ann Thorac Surg.* 1984;38(4):312–3.
- Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, Klein H, Wilber DJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, Brown MW, Andrews ML; Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial II Investigators. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med.* 2002;346(12):877–83.
- Marrouche NF, Verma A, Wazni O, Schweikert R, Martin DO, Saliba W, Kilicaslan F, Cummings J, Burkhardt JD, Bhargava M, Bash D, Brachmann J, Guenther J, Hao S, Beheiry S, Rossillo A, Raveie A, Themistoclakis S, Natale A. Mode of initiation and ablation of ventricular fibrillation storms in patients with ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(9):1715–20.
- Дор В, ДиДонато М, Сивая Ф. Постинфарктное ремоделирование левого желудочка: магнитно-резонансная томография для оценки патофизиологии после реконструкции левого желудочка. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2014;3(3):14–27.

References

- DiDonato M, Sabatier M, Dor V, Buckberg G; RESTORE Group. Ventricular arrhythmias after LV remodelling: surgical ventricular restoration or ICD? *Heart Fail Rev.* 2004;9(4):299–306.
- Sosa E, Jatene A, Kaeriyama JV, Scanavacca M, Marcial MB, Bellotti G, Pileggi F. Recurrent ventricular tachycardia associated with post-infarction aneurysm. Results of left ventricular reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103(5):855–60.
- Kautzner J. Clinical application of electro-anatomical mapping in the treatment of arrhythmias. In: Kautzner J, Kirstein Pedersen A, Peichl P, editors. *Electro-anatomical mapping of the heart.* London: Remedica Publishing; 2006. p. 3.8–3.14.
- Babokin V, Shipulin V, Batalov R, Popov S. Surgical ventricular reconstruction with endocardectomy along radiofrequency ablation-induced markings. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(5):1133–8.
- Cuocolo A, Acampa W, Nicolai E, Pace L, Petretta M, Salvatore M. Quantitative thallium-201 and technetium ^{99m} sestamibi tomography at rest in detection of myocardial viability in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction. *J Nucl Cardiol.* 2000;7(1):8–15.
- Okuneva GN, Chernyavskiy AM, Bulatetskaya LM, Voronova IP, Vlasov YuA, Boboshko AV, Mironenko SP. Miokardial'nyy krovotok na raznykh uchastkakh serdtsa u bol'nykh ishemichekoy bolezn'yu serdtsa do i posle revaskulyarizatsii [Myocardial blood flow in various regions of the heart in patients with ischemic heart disease before and after revascularization]. *Kardiologiya [Cardiology].* 2002;42(5):52–4 (in Russian).
- Rahimtoola SH. The hibernating myocardium. *Am Heart J.* 1989;117(1):211–21.
- Dor V, Sabatier M, Montiglio F, Civaia F, DiDonato M. Endoventricular patch reconstruction of ischemic failing ventricle. A single center with 20 years experience. Advantages of magnetic resonance imaging assessment. *Heart Fail Rev.* 2004;9(4):269–86.
- Menicanti L, Castelvecchio S, Ranucci M, Frigola A, Santambrogio C, de Vincentiis C, Brankovic J, Di Donato M. Surgical therapy for ischemic heart failure: single-center experience with surgical anterior ventricular restoration. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(2):433–41.
- Lishmanov YuB, Chernov VI, editors. *Radionuklidnaya diagnostika dlya prakticheskikh vrachey. Prakticheskoe rukovodstvo [Radionuclide diagnostics for practicing physicians. A handbook].* Tomsk: STT; 2004. 394 p. (in Russian).
- PereztoI-Valdés O, Candell-Riera J, Santana-Boado C, Angel J, Aguadé-Bruix S, Castell-Conesa J, Garcia EV, Soler-Soler J. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary arteries. *Eur Heart J.* 2005;26(24):2637–43.
- Bokeriya LA, Fedorov GG. *Khirurgicheskoe lechenie bol'nykh s postinfarktymi anevrizmami serdtsa i soputstvuyushchimi takhiaritmiyami [Surgical treatment of patients with post infarction heart aneurysms and concomitant tachyarrhythmias].* *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya [Thoracic and Cardiovascular Surgery].* 1994;4(4):4–8 (in Russian).
- Moran JM. Postoperative ventricular arrhythmia. *Ann Thorac Surg.* 1984;38(4):312–3.



14. Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, Klein H, Wilber DJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, Brown MW, Andrews ML; Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial II Investigators. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med.* 2002;346(12):877–83.
15. Marrouche NF, Verma A, Wazni O, Schweikert R, Martin DO, Saliba W, Kilicasian F, Cummings J, Burkhardt JD, Bhargava M, Bash D, Brachmann J, Guenther J, Hao S, Behairy S, Rossillo A, Raviele A, Themistoclakis S, Natale A. Mode of initiation and ablation of ventricular fibrillation storms in patients with ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(9):1715–20.
16. Dor V, DiDonato M, Civaya F. Postinfarktnoe remodelirovanie levogo zheludochka: magnit-

no-rezonansnaya tomografiya dlya otsenki patofiziologii posle rekonstruktsii levogo zheludochka [Post myocardial infarct left ventricular remodeling: role of magnetic resonance imaging for the assessment of its pathophysiology after left ventricular reconstruction]. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya [Thoracic and Cardiovascular Surgery].* 2014;(3):14–27 (in Russian).

Concordance of electrophysiological and perfusion abnormalities in the left ventricular myocardium in post infarction aneurysms with ventricular tachycardia

Babokin V.E. • Minin S.M. • Gutor S.S. • Batalov R.E. • Shipulin V.M. • Lishmanov Yu.B. • Popov S.V. • Karpov R.S.

Background: Ventricular tachycardia in patients with post infarction aneurysm of the left ventricle (LV) suggests the presence of myocardial perfusion abnormalities.

Aim: To determine a relationship between electrophysiological and perfusion abnormalities in LV myocardium in patients with coronary heart disease, post infarction aneurysms and ventricular tachycardia.

Materials and methods: We assessed 23 patients with post infarction LV aneurysms who were candidates for surgical removal of the aneurysm and/or coronary artery bypass grafting. Methods of assessment included intracardiac electrophysiology study (EPS) with a 3D electro-anatomical reconstruction of LV, as well as perfusional one-photon emission computer tomography of the myocardium with ^{99m}Tc-Technetrit.

Results: In most (68%) of LV segments with normal electrical conductivity (electric potential magnitude above 1.5 mV, EPS group 1), myocardial perfusion exceeded 70% (accumulation of the radionuclide agent in percentages from maximal myocardial uptake). The transitional zone segments (electric potential magnitude of 0.5–1.5 mV, EPS group 2) comprised equal (18% each) in the zones with low perfusion proportions (31–69% and 45–54%). Most (52%) segments with “electrophysiological scar” (electric potential magnitude below 0.5 mV, EPS

group 3) were in the zone with no perfusion (<30%). Segments with zero conductivity (EPS group 4) were located also in the zone with no perfusion and partially (20%) in the hypoperfusion (up to 44%) zone. Assessment of perfusion percentage in each individual segment showed that EPS group 1 segments were perfused at 61% (48–71%) of maximal LV myocardial perfusion, EPS group 2 segments, at 45% (34–56%), EPS group 3 segments, at 35% (30–46%), and EPS group 4 segments, at 26% (21–31%). In all patients groups, there was a significant correlation with myocardial perfusion on the semi-quantitative scale (i.e., perfusion groups from 0 to 4) ($V=93.5$; $p<0,001$), as well as negative correlation on the quantitative scale ($r=-0,56$; $p<0,001$), thereby demonstrating that segments with higher perfusion have higher probability to be in EPS group 1.

Conclusion: Electrophysiological characteristics of LV depend on myocardial perfusion. Electrophysiologically normal myocardium with electric potential above 1.5 mV, the transitional zone (0.5–1.5 mV) and the zone with potential of <0.5 mV differ significantly in their perfusion percentages (61, 45 and 35%, respectively).

Key words: post infarction left ventricular remodeling, ventricular tachycardia, electrophysiology studies, myocardial perfusion imaging, left ventricular reconstruction (Dor procedure).

Babokin Vadim Egorovich – PhD, Head of Department of Cardiac Surgery¹

✉ 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation. Tel.: +7 (495) 631 72 23.

E-mail: babokin@bk.ru

Minin Stanislav Mikhaylovich – PhD, Head of Department of Radioisotope Diagnostics of the Division of Radiology and Functional Diagnostics²

Gutor Sergey Sergeevich – Assistant Lecturer, Chair of Morphology and General Pathology³

Batalov Roman Efimovich – PhD, Senior Research Fellow, Department of Surgical Treatment of Complex Heart Arrhythmias and Electrical Cardiac Stimulation⁴

Shipulin Vladimir Mitrofanovich – MD, PhD, Professor, Honored Science Worker of the Russian Federation, Head of Department of Cardiovascular Surgery⁴

Lishmanov Yuriy Borisovich – MD, PhD, Professor, Correspondent Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of Radionuclide Investigations⁴

Popov Sergey Valentinovich – MD, PhD, Professor, Correspondent Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of Surgical Treatment of Complex Heart Arrhythmias and Electrical Cardiac Stimulation⁴

Karpov Rostislav Sergeevich – MD, PhD, Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Director⁴

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI); 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation

² Novosibirsk Scientific Research Institute of Blood Circulation Pathology named after E.N. Meshalkin; 15 Rechkunovskaya ul., Novosibirsk, Novosibirskaya oblast', 630055, Russian Federation

³ Siberian Medical State University; 2 Moskovskiy trakt, Tomsk, Tomskaya oblast', 634050, Russian Federation

⁴ Research Institute for Cardiology; 111a Kievskaya ul., Tomsk, Tomskaya oblast', 634012, Russian Federation