

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭКГ-КАРТИРОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МИОКАРДА ПРИ СОПУТСТВУЮЩЕЙ БЛОКАДЕ ЛЕВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА

Феофанова Т.Б.<sup>1</sup>, Полякова И.П.<sup>2</sup>, Залетова Т.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, e-mail: clinic.nutrition@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва

Блокада левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ) определяется у 0,06-0,1% общей численности населения. Наличие на ЭКГ блокады ЛНПГ маскирует изменения миокарда, затрудняет дифференциальную диагностику состояния сердечно-сосудистой системы. Актуален поиск новых возможностей неинвазивной диагностики у данной группы пациентов. Материалы и методы. В исследование включено 27 пациентов с блокадой ЛНПГ; 15 пациентов (группа 1) – с ишемической болезнью сердца (ИБС) и 12 (группа 2) – с артериальной гипертензией (АГ). Всем пациентам проведено стандартное обследование, поверхностное ЭКГ-картирование (ПК) с нагрузочной пробой (ВЭМ-проба), ангиокоронарография. Обсуждение. В покое, на пике нагрузки и в период восстановления построены изоинтегральные и разностные карты. Параметры разностных карт были сходны в покое, на пике нагрузки и в 1 минуту периода восстановления изменения этих параметров у пациентов с ИБС и АГ оказались разнонаправлены. К 5-й минуте периода восстановления карты были сходны с картами покоя. Результаты исследования подтверждены данными ангиокоронарографии. Таким образом, у пациентов с блокадой ЛНПГ ишемического и неишемического генеза возможна оценка состояния миокарда с помощью ПК и ВЭМ-пробы.

Ключевые слова: блокада левой ножки пучка Гиса; изменения миокарда; неинвазивные исследования; велоэргометрическая проба; многоканальное поверхностное ЭКГ-картирование.

## BODY SURFACE POTENTIAL MAPPING TO DETECT THE MYOCARDIAL STATUS IN PATIENTS WITH THE RELATED LEFT BUNDLE BRANCH BLOCK

Feofanova T.B.<sup>1</sup>, Polyakova I.P.<sup>2</sup>, Zaletova T.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal research centre of nutrition and biotechnology, Moscow, e-mail: clinic.nutrition@mail.ru;

<sup>2</sup>Bakulev Center for Cardiovascular Surgery, Moscow

The left bundle branch block (LBBB) is 0.06-0.1% of the total population. LBBB on the ECG masks myocardial changes that determine the differential diagnosis of the state of the cardiovascular system. The search for new opportunities for non-invasive diagnosis in this patients is relevant. Materials and methods. 27 patients with LBBB were enrolled in study; 15 patients (group 1) with ischemic heart disease (IHD) and 12 (group 2) with arterial hypertension (AH). All patients underwent body surface potential mapping (BSPM) with simultaneous exercise (bicycle) stress test and then angiography. Discussion. At rest, at the peak of the load and during the recovery, isointegral and departure maps are constructed. In the analysis, the parameters of the departure maps were similar at rest. At peak load and at 1 minute of the recovery, changes in patients with IHD and AH were variously directed. After 5th minute of the recovery, the maps were similar to the rest maps. The results of the study are confirmed by angiography. Thus, in patients with LBBB, myocardial status can be assessed using BSPM and simultaneous exercise (bicycle) stress test.

Keywords: left bundle branch block; myocardial changes; noninvasive examination; bicycle ergometry; body surface potential mapping.

Блокада левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ) определяется у 0,06-0,1% общей численности населения. Блокада ассоциируется с заболеваниями сердца: в 50% случаев – ишемическая болезнь сердца (ИБС), 33% – сердечная недостаточность (СН), являясь результатом повреждения, деформации или гипертрофии миокарда. Однако в ряде случаев она возможна и у пациентов, не имеющих сердечно-сосудистых заболеваний [1]. В течение длительного времени акцент при изучении блокады ЛНПГ был смещен на ИБС, острый

инфаркт миокарда и СН. Наличие на электрокардиограмме (ЭКГ) блокады ЛНПГ маскирует изменения миокарда, затрудняет дифференциальную диагностику при наличии жалоб пациентов со стороны сердечно-сосудистой системы. Только у 50% пациентов с блокадой ЛНПГ выявляют поражение коронарных артерий [2]. В связи с этим многие исследователи указывают на возможную нецелесообразность экстренной ангиокардиографии (АКГ) и актуальность поиска новых характеристик или методов для обследования таких больных. Показано, что пациенты с блокадой ЛНПГ и сниженной фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ) имеют гораздо более высокую вероятность возникновения ИБС по сравнению с пациентами без блокады и с нормальной фракцией [3]. Часто блокада ЛНПГ сочетается с артериальной гипертензией (АГ). В Российской Федерации до 47% мужчин и 40% женщин в возрасте 25-65 лет имеют АГ; среди населения старше 60 лет распространенность достигает 60%. К 2025 г., согласно прогнозу, почти 1,5 миллиарда человек будет страдать АГ. АГ – ведущий фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ИБС, инфаркт миокарда, инсульт, хроническая СН), цереброваскулярных (транзиторная ишемическая атака, ишемический или геморрагический инсульт) и почечных (хроническая болезнь почек) заболеваний [4]. Однако при сопутствующей блокаде ЛНПГ неинвазивная диагностика процессов в миокарде затруднена. Изменения на ЭКГ неспецифичны в связи с деформацией желудочкового комплекса. При проведении нагрузочной пробы (тредмил-тест, велоэргометрическая проба) затруднена интерпретация результатов. Эхокардиография (Эхо-КГ) не позволяет сделать точное заключение о сократительной способности миокарда. Опубликовано исследование, в котором показано, что только у 40% пациентов было возможно определение внутрижелудочковой диссинхронии при помощи 2D-Эхо-КГ из-за наличия зон гипо- и акинезии, технических сложностей выведения корректной позиции. Также отсутствуют стандартизированные критерии оценки механической диссинхронии [5]. Наиболее информативными методами исследователи считают стресс-Эхо-КГ с фармакопрепаратом, магнитно-резонансную томографию сердца с контрастом и АКГ. При этом все указанные методы имеют ограничения, описаны возможные осложнения. Таким образом, актуален поиск новых возможностей неинвазивной диагностики состояния миокарда у пациентов с блокадой ЛНПГ для выявления факторов риска и определения прогноза.

В мировой литературе описан метод поверхностного ЭКГ-картирования (ПК) – одномоментная регистрация ЭКГ-потенциалов, генерируемых в сердце, во многих точках поверхности грудной клетки, позволяющая получить диагностическую информацию о состоянии миокарда, в том числе состоянии проводящей системы, особенностях процессов де- и реполяризации миокарда, свойствах субстрата, локализации эктопического очага [6; 7]. Отечественные исследователи указывают на высокую чувствительность и специфичность

метода для диагностики ИБС, в том числе при сопутствующих блокадах [8; 9]. Описаны возможности ПК в выявлении и оценке объема рубцовой ткани в миокарде [10]. Однако по-прежнему остается открытым вопрос диагностики состояния миокарда у пациентов с блокадой при отсутствии ИБС. Участки измененного миокарда (например, фиброз) при картировании в покое могут давать картину, сходную с пациентами с ИБС. В связи с этим **цель исследования** – оценить диагностические возможности ПК в оценке состояния миокарда при сопутствующей блокаде ЛНПГ.

**Материалы и методы исследования.** Проанализированы данные 27 пациентов с блокадой ЛНПГ. 15 пациентов (12 мужчин и 3 женщины) с ИБС и блокадой ЛНПГ сформировали группу 1, средний возраст в группе составил  $53,73 \pm 5,22$  года. 12 пациентов (10 мужчин и 2 женщины) с АГ и блокадой ЛНПГ – группу 2, средний возраст в группе  $50,25 \pm 8,68$  года. Помимо стандартного обследования (12 отведений ЭКГ, Эхо-КГ, суточное мониторирование ЭКГ и АД, лабораторные методы исследования) всем пациентам проведено ПК с велоэргометрической пробой (ВЭМ-пробой)). Диагностика ИБС у каждого из 27 пациентов проводилась инвазивным методом – с помощью АКГ: у всех пациентов группы 1 выявлено поражение двух и более коронарных артерий; у всех пациентов группы 2 отсутствовали гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий.

Всем пациентам выполнено ПК с ВЭМ-пробой. Исследование проведено на специализированной компьютерной электрокардиологической системе «Cardiag 128.1». При этом на грудной клетке с первого по шестое межреберье размещали 5 поясов с 16 электродами на каждом поясе. Дополнительно размещены электроды для регистрации 12 общепринятых отведений. ВЭМ-проба проведена по стандартному протоколу. Регистрацию ЭКГ осуществляли в покое, во время выполнения пробы и в течение 5 минут периода восстановления (время после окончания нагрузочной пробы) с последующей обработкой данных. При наличии большого числа зарегистрированных ЭКГ (в нашем случае – 80 электродов на поверхности грудной клетки пациента) информативными оказываются не характеристики каждой зарегистрированной ЭКГ в различные моменты сердечного цикла, а так называемые поверхностные карты – карты распределений потенциалов (значений ЭКГ) на поверхности грудной клетки в последовательные моменты сердечного цикла или их функции. Точки с равными значениями потенциала или его функции соединяют между собой, в результате чего и образуются карты [10]. При наличии блокады ЛНПГ анализ деформированной ЭКГ на отдельных участках сердечного цикла становится бессмысленным. В таких случаях анализируют электрический сигнал на всем интервале QRST: рассчитывают площадь под кривой ЭКГ на этом интервале и строят распределение значений площади на поверхности торса. Площадь на интервале QRST может иметь отрицательное значение, что

соответствует отведениям с отрицательными глубокими зубцами Т или морфологией QS. Таким образом, при проведении ВЭМ-пробы получали изоинтегральные карты на интервале QRST в покое, на пике нагрузки, в 1, 3 и 5-ю минуту периода восстановления. Для количественной оценки полученных результатов построенные карты сравнивали со «средненормальными» картами путем вычитания средней «нормальной», или контрольной карты из только что построенной, и получая на схеме торса пациента распределение так называемого индекса разности (DI - departure index), или разностную карту. Контрольной картой может быть «средненормальная» или собственная карта обследуемого, построенная ранее. Таким образом, становится возможной также количественная оценка состояния или изменений электрического поля сердца пациента в динамике и, косвенно, состояния или изменений миокарда. Индекс разности необходим для количественного анализа и последовательного сравнения построенных карт. Его рассчитывают по формуле:  $DI = (\Pi - N) / \sigma$ , где  $\Pi$  – площадь на всем интервале QRST под самой линией ЭКГ, определяемая для каждой точки расположения электродов на поверхности торса,  $N$  – средненормальное значение,  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение у пациентов группы нормы. Таким образом, DI позволяет определить степень отклонений от средних нормальных значений. В данном случае в качестве контроля для анализа и сравнения данных ПК брали средненормальные карты.

Разностная карта представляет собой прямоугольник – развертку поверхности торса; «разрез» по правой задне-подмышечной линии. Обозначение «°» – места наложения электродов на поверхности грудной клетки (торсе). Точки с  $DI < -2$  обозначены сине-голубым цветом, точки с  $DI > 2$  – красно-желтым цветом. Чем большее значение DI на развертке торса, тем выше интенсивность цвета. При этом диагностически значимыми оказываются отрицательные значения DI. Совпадение области отрицательных значений DI ( $DI < -2$ , отклонение от средненормальных значений  $< -2\sigma$ ) с проекцией зоны миокарда ЛЖ позволяет локализовать зоны патологии в миокарде ЛЖ и оценить динамику (возможных ишемических изменений) при проведении исследования [7; 8; 10]. Для каждого пациента в покое, на пике нагрузки, в 1, 3 и 5-ю минуту восстановления строили разностные карты на интервале QRST, вычисляли минимально отрицательные (min DI) и максимально положительные (max DI), среднее отрицательное и положительное значение DI, объем области положительных (область  $DI_{\text{положит}}$ ) и отрицательных значений DI (область  $DI_{\text{отрицат}}$ ) в % от площади поверхности грудной клетки, их локализацию на поверхности грудной клетки.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью стандартного пакета статистических программ Statistica for Windows 8.1. Характеристики выборок приводятся в виде  $M \pm SD$ , где  $M$  – средние значения,  $SD$  - стандартное отклонение.

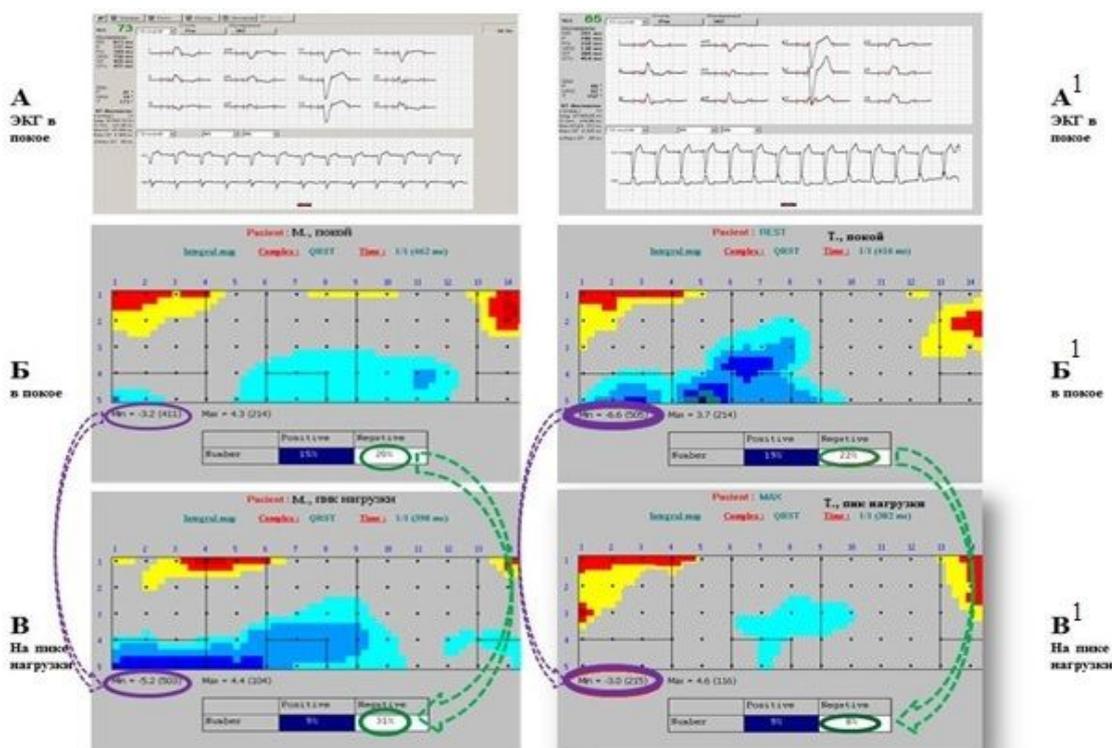
В связи с небольшими объемами выборок сравнение средних значений в двух группах проводили

с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни (U-критерий Манна – Уитни).

Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке представлены ЭКГ покое (А и А<sup>1</sup>) и разностные карты, построенные в покое и на пике нагрузки, у пациента с ИБС (Б, В) и пациента с АГ (Б<sup>1</sup>, В<sup>1</sup>). У пациента с ИБС и блокадой ЛНПГ в покое  $DI_{\min} -3,2$ ; область  $DI_{\text{отрицат}}$  занимает 20% площади поверхности грудной клетки; у пациента с АГ и блокадой ЛНПГ  $DI_{\min} -6,6$ ; область  $DI_{\text{отрицат}}$  занимает 22% площади поверхности грудной клетки. На пике нагрузки у пациента с ИБС и блокадой ЛНПГ  $DI_{\min} -5,2$ ; область  $DI_{\text{отрицат}}$  занимает 31% площади поверхности грудной клетки; у пациента с АГ и блокадой ЛНПГ  $DI_{\min} -3,0$ ; область  $DI_{\text{отрицат}}$  занимает 8% площади поверхности грудной клетки. То есть в покое параметры разностных карт у этих больных сходны, однако изменения на пике нагрузки оказались разнонаправлены.



*А – ЭКГ покое пациента с ИБС и блокадой ЛНПГ; А<sup>1</sup> – ЭКГ покое пациента с АГ и блокадой ЛНПГ; Б и В – разностные карты, построенные для пациента с ИБС и блокадой ЛНПГ в покое и на пике нагрузки; Б<sup>1</sup> и В<sup>1</sup> – разностные карты, построенные для пациента с АГ и блокадой ЛНПГ в покое и на пике нагрузки. Выделены числовые параметры карт*

Оценка разностных карт в покое показала, что у пациентов с блокадой ЛНПГ существуют изначальные изменения свойств миокарда желудочков, проявляющиеся в особенностях процесса реполяризации. Отклонения от нормального процесса реполяризации наблюдаются в покое в обеих группах, и не было выявлено статистически значимого

различия в характеристиках разностных карт. Группа 1: max DI  $5,09 \pm 2,54$ ; min DI  $-5,41 \pm 1,99$ ; DI сред. положит  $3,11 \pm 1,17$ ; DI сред. отрицат  $-3,3 \pm 1,15$ ; область DI<sub>положит.</sub>  $20,4 \pm 13,7$ ; область DI<sub>отрицат.</sub>  $21,87 \pm 9,24$ . Группа 2: max DI  $5,82 \pm 1,83$ ; min DI  $-5,88 \pm 1,72$ ; DI сред. положит.  $3,48 \pm 0,68$ ; DI сред. отрицат  $-3,43 \pm 0,48$ ; область DI<sub>положит.</sub>  $20,5 \pm 11,52$ ; область DI<sub>отрицат.</sub>  $23,58 \pm 7,61$ .

На пике нагрузки QRST-разностные карты пациентов 1-й группы с ИБС статистически значимо отличались от таких же карт пациентов 2-й группы по min DI,  $p=0,02$  и области DI<sub>отрицат.</sub>,  $p=0,0007$ . В 1-ю минуту периода восстановления разностные карты пациентов 1-й и 2-й групп также различались min DI,  $p=0,003$  и областью DI<sub>отрицат.</sub>,  $p=0,0001$  (табл.).

Характеристики разностных карт на пике нагрузки и в 1-ю минуту восстановления

Числовые характеристики разностных карт	Пик нагрузки		1-я минута восстановления	
	Группа 1	Группа 2	Группа 1	Группа 2
max DI	$4,76 \pm 2,16$	$5,58 \pm 1,83$	$5,25 \pm 2,58$	$5,73 \pm 2,89$
<b>min DI</b>	<b><math>-6,75 \pm 2,15</math></b>	<b><math>-4,11 \pm 1,31</math></b>	<b><math>-6,3 \pm 2,43</math></b>	<b><math>-3,85 \pm 1,07</math></b>
DI сред. положит.	$3,02 \pm 0,61$	$3,18 \pm 0,63$	$2,95 \pm 1,0$	$3,2 \pm 0,76$
DI сред. отрицат.	$-3,56 \pm 0,69$	$-2,85 \pm 0,44$	$-3,47 \pm 0,78$	$-2,52 \pm 0,84$
Область DI <sub>положит.</sub> , %	$10,07 \pm 9,65$	$15,67 \pm 13,81$	$13,27 \pm 12,9$	$16,42 \pm 15,93$
<b>Область DI<sub>отрицат.</sub>, %</b>	<b><math>28,47 \pm 6,09</math></b>	<b><math>13,25 \pm 10,86</math></b>	<b><math>26 \pm 12,15</math></b>	<b><math>9,33 \pm 8,13</math></b>

В группе 1 максимальными изменения были на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления (табл.), что, несомненно, обусловлено стресс-индуцированной ишемией [8; 10; 11]. При этом область DI<sub>отрицат</sub> и min DI распространялись на проекции зон миокарда, соответствующие клинко-зависимой артерии. Совпадение области DI<sub>отрицат</sub> с проекцией зоны миокарда на развертку поверхности грудной клетки локализует зону ишемии, что подтверждено данными АКГ. В группе 2 на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления выраженность отклонений от средней нормы резко уменьшается (табл.), однако к 3-5-й минуте наблюдается восстановление исходной картины. Полученные данные подтверждены отсутствием гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий при проведении АКГ. Карты, построенные на 5-й минуте периода восстановления, в обеих группах были сходны с картами покоя. Результаты исследования показывают, что процессы, происходящие на нагрузке и в начале периода восстановления, в группах разнонаправлены.

Тест с дозированной физической нагрузкой – важный метод неинвазивной диагностики ИБС. Ишемические изменения при этом максимально выражены на пике нагрузки и в первые минуты периода восстановления. Однако метод неинформативен при блокаде ЛНПГ. «Золотым» стандартом диагностики по-прежнему остается АКГ, позволяя наиболее точно провести оценку состояния коронарных артерий. Стоит отметить, что исследование имеет свои ограничения и осложнения. Наиболее часто встречаемые осложнения: реакция на введение контрастного вещества, нарушения ритма сердца, сосудистые и гемодинамические осложнения. В 10-30% случаев при проведении процедуры выявляют интактные коронарные артерии. При этом проведение теста с физической нагрузкой вместе с ПК позволяет выявлять ишемические изменения и проводить дифференциальную диагностику изменений миокарда на фоне блокады ЛНПГ. Интегральные карты QRST практически не зависят от последовательности активации желудочков, но меняются при нарушении процессов реполяризации [9]. В настоящее время ограничено количество работ по применению метода ПК у пациентов при сочетании блокад и неишемических заболеваний или идиопатическими блокадами. В нашем исследовании показано, что проведение ПК позволяет оценивать состояние миокарда у таких больных, а именно: выявлять зоны стресс-индуцированной ишемии у пациентов с ИБС, проводить дифференциальную диагностику и определять прогноз при блокаде ЛНПГ у пациентов с заболеваниями неишемического генеза, что подтверждено результатами АКГ. Возможности картирования сердца вносят существенный вклад в развитие диагностики и выбор оптимальных терапевтических решений, в том числе и в инвазивной электрофизиологии [11; 12].

### **Выводы**

1. ПК, проводимое совместно с ВЭМ-пробой, у пациентов с блокадой ЛНПГ позволяет оценить состояние миокарда и выявить стресс-индуцированную ишемию.
2. В покое параметры карт, полученных при проведении ПК и ВЭМ-пробы, у пациентов с блокадой ЛНПГ ишемического и неишемического генеза сходны, а изменения на пике нагрузки и в 1-ю минуту восстановления – разнонаправлены.
3. Наиболее важные параметры разностных карт, соответствующие стресс-индуцированным изменениям миокарда, –  $\min DI$  и размер области  $DI_{\text{отрицат}}$ , определяемые в покое и на разных этапах теста. При проведении ПК и ВЭМ-пробы у пациентов с блокадой ЛНПГ ишемического генеза увеличивается модуль  $\min DI$  и область  $DI_{\text{отрицат}}$ . У пациентов с блокадой ЛНПГ неишемического генеза уменьшается модуль  $\min DI$  и область  $DI_{\text{отрицат}}$ .

## Список литературы

1. Scherbak D., Hicks G.J. Left Bundle Branch Block (LBBB). Source Stat Pearls. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing. 2019 Apr 7. PMID: 29489192. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482167/> (дата обращения: 15.07.2020).
2. Seetharam K., Cheema A., Friedman G., Pachulski R. Left Bundle Branch Block Chest Pain Conundrum. Case Rep. Cardiol. 2020. V. 2020: Article ID 2724981, 3 pages. 2020 Feb 19. DOI: 10.1155/2020/2724981.
3. Jeevanantham V., Manne K., Sengodan M., Haley J.M., Hsi D.H. Predictors of coronary artery disease in patients with left bundle branch block who undergo myocardial perfusion imaging. Cardiol J. 2009. V. 16(4). P. 321-326.
4. Российское кардиологическое общество. Клинические рекомендации. Артериальная гипертензия у взрослых. 2019. 131 с.
5. Вожаева З.И., Сысуенкова Е.В., Глухова В.Л., Дупляков Д.В., Хохлунов С.М. Блокада левой ножки пучка Гиса – частота встречаемости и факторы риска развития электрической и механической диссинхронии // Российский кардиологический журнал. 2016. V. 12(140). С. 33-38. DOI: 10.15829/1560-4071-2016-12-33-38.
6. Чмелевский М.П., Зубарев С.В., Буданова М.А. Неинвазивное электрофизиологическое картирование в диагностике желудочковых аритмий: от научных исследований к клинической практике // Традиционная медицина. 2015. № 2(5). С. 91-103.
7. Jia P. Understanding unipolar electrograms and global activation from noninvasive mapping for diagnosing arrhythmias. J. Electrocardiol. 2019. 57S. P. S10-S14. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2019.09.011.
8. Феофанова Т.Б. Неинвазивное исследование электрофизиологических свойств миокарда у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2012. 159 с.
9. Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Богданов А.Р., Дербенева С.А. Ранняя неинвазивная диагностика ишемической болезни сердца у пациента с метаболическим синдромом, морбидным ожирением и сопутствующими нарушениями внутрижелудочкового проведения // Креативная кардиология. 2015. № 1. С. 70-79. DOI: 10.15275/kreatkard.2015.01.08.
10. Полякова И.П. Диагностические возможности многоканального поверхностного ЭКГ-картирования // Креативная кардиология. 2007. № 1-2. С. 256-269.
11. van der Graaf A.W., Bhagirath P., Ramanna H., van Driel V.J., de Hooge J., de Groot N.M., Götte M.J. Noninvasive imaging of cardiac excitation: current status and future perspective. Ann Noninvasive Electrocardiol. 2014. V. 19(2). P.105-113. DOI: 10.1111/anec.12140.

12. Borlich M., Sommer P. Cardiac Mapping Systems: Rhythmia, Topera, EnSite Precision, and CARTO. *Card. Electrophysiol Clin.* 2019. V. 11(3). P. 449-458. DOI: 10.1016/j.ccep.2019.05.006.