

ЭПИКАРДИАЛЬНАЯ МОНО- И БИВЕНТРИКУЛЯРНАЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ НАРУШЕНИЙ ПРОВОДИМОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С НОРМАЛЬНОЙ СИСТОЛИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ

Осадчий Ан. М.², Каменев А. В.¹, Карузин С. В.², Щербак С. Г.², Лебедев Д. С.¹

Цель. Выявить особенности, оценить эффективность имплантации эпикардиальных (миокардиальных) электродов в условиях искусственного кровообращения и определить их влияние на электромеханические показатели работы сердца и насосную функцию.

Материал и методы. Проанализированы интраоперационные и ближайшие (до 24 месяцев) результаты имплантации эпикардиальных электродов в условиях ИК у 32 пациентов, оперированных в 2007-2014 гг. Тридцати двум желудочковый электрод имплантировался (фиксировался) эпикардиально в условиях ИК по поводу нарушений проводимости сердца после основного этапа кардиохирургической операции. С учетом фиксации эпикардиального электрода к двум желудочкам (группа А, n=23) выполняли бивентрикулярную ЭКС и к одному желудочку (группа Б, n=9) — моноventрикулярную ЭКС. Выполнялись следующие обследования: оценка клинического статуса, ЭКГ, тест с 6-ти минутной ходьбой (ТШХ), ЭхоКГ с оценкой показателей диссинхронии в М-, В-, доплеровском и тканевом режимах, программирование ЭКС.

Результаты. Средний срок наблюдения во всех группах составил 17±1,9 мес. У 23 пациентов фиксация полюса “-” эпикардиального электрода осуществлялась в области боковой поверхности левого желудочка, а “+” — на задней поверхности правого желудочка, при этом у 8 пациентов эпикардиальный электрод “+” и “-” фиксировался в области боковой поверхности левого желудочка и у одного — в области правого желудочка по возможности к базальным отделам. У 7 пациентов предсердный эпикардиальный электрод фиксировался в основание ушка правого предсердия. Таким образом, нами достигнута в 11 случаях 3-х камерная ЭКС (СРТ-ЭКС), в 12 — “бивентрикулярная ЭКС” (пациенты с постоянной ФП) и в 9 — одножелудочковая (моноventрикулярная) кардиостимуляция.

Заключение. Эпикардиальная (миокардиальная) бивентрикулярная стимуляция сердца является эффективным способом коррекции нарушений ритма сердца и методом выбора у больных, требующих замены эндокардиальной системы ЭКС, у пациентов с пороками сердца, а также при сопутствующей ХСН. При имплантации эпикардиальных систем предоставляется возможность визуального определения точки и места фиксации электродов. При бивентрикулярной ЭКС в динамике выявлены достоверно лучшие показатели синхронности работы сердца, что также подтвердилось улучшением систолической функции ЛЖ и его ремоделированием через 12 месяцев.

Российский кардиологический журнал 2015, 11 (127): 52–56
http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2015-11-52-56

Ключевые слова: эпикардиальная стимуляция, имплантация электродов, бивентрикулярная и моноventрикулярная кардиостимуляция в условиях ИК.

¹ФГБУ Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург; ²СПб ГБУЗ ГБ №40 Курортного района, Санкт-Петербург, Россия.

Осадчий Ан. М. — к.м.н., врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, Каменев А. В. — м.н.с., врач, сердечно-сосудистый хирург, Карузин С. В. — н.с. НИЛ организации медицинской помощи, Щербак С. Г. — профессор, д.м.н., главный врач, Лебедев Д. С.* — профессор, д.м.н., зав. НИО аритмологии.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
lebedevdmitry@mail.ru

ИБС — ишемическая болезнь сердца, ВПС — врожденный порок сердца, ДКМП — дилатационная кардиомиопатия, ЭКС — электрокардиостимуляция, ЛЖ — левый желудочек, ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ТШХ — тест 6-и минутной ходьбы, ИК — искусственное кровообращение, ТК — трикуспидальный клапан, ЭхоКГ — эхокардиография, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, КДДЛЖ — конечно-диастолический диаметр ЛЖ, ЛПоб — объем левого предсердия, иобЛП — индекс объема левого предсердия, МН — митральная недостаточность, ТН — трикуспидальная недостаточность, ЛГ — легочная гипертензия, МЖП — межжелудочковая перегородка, КАГ — коронароангиография, МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография, МЖМЗ — межжелудочковая механическая задержка, ВЖД — внутривентрикулярная диссинхрония, ЭКГ — электрокардиограмма, ПЖ — правый желудочек.

Рукопись получена 26.10.2015
Рецензия получена 27.10.2015
Принята к публикации 03.11.2015

EPICARDIAL MONO- AND BIVENTRICULAR ELECTROCARDIOSTIMULATION IN TREATMENT OF CONDUCTION DISORDERS IN NORMAL SYSTOLIC FUNCTION

Osadchiy An. M.², Kamenev A. V.¹, Karuzin S. V.², Shcherbak S. G.², Lebedev D. S.¹

Aim. To reveal the specifics, and to evaluate the efficacy of implantation of epicardial (myocardial) electrodes under the conditions of artificial circulation and to define their influence on electromechanical parameters of the heart including pumping function.

Material and methods. The results were analyzed of intraoperation and short-term (up to 24 months) results of implantation of epicardial electrodes under the conditions of AC in 32 patients, operated in 2007-2014 yy. For 32 patients the electrode was implanted (fixated) epicardially under the conditions of AC for conduction disorder correction after the main stage of cardiosurgical intervention. Including the fixation of epicardial electrode to both ventricles (group A, n=23) was done as biventricular ECS, and to one ventricle (group B, n=9) — monoventricular ECS. The following investigations were done: clinical examination, ECG, 6-minute walking test (6-WT), Echocardiography with dyssynchrony evaluation in M-, B-, doppler and tissue regimens, programming of ECS.

Results. Mean follow-up period in both groups was 17±1,9 months. In 23 patients fixation of “-”-pole of epicardial electrode was done on the lateral surface of the left ventricle, and “+”-pole on posterior surface of the right ventricle, and in 8 patients epicardial electrode “+” and “-” was fixated in the area of lateral surface of the left ventricle and in one — area of the right ventricle if possible to the basal part. In 7

patients the atrial epicardial electrode was fixed to the base of the right atrium. So, we reached in 11 cases the 3-chamber ECS (CPT-ECS), in 12 — “biventricular” ECS (patients with permanent AF) and in 9 — monoventricular cardiostimulation.

Conclusion. Epicardial (myocardial) biventricular stimulation of the heart is efficient method of rhythm disorder correction and the method of choice in those who need the replacement of endocardial ECS system, in heart defects patients, and if with CHF. While implanting epicardial systems there is a possibility to visually define the points and place of electrodes fixation. In biventricular ECS in dynamics there are significantly better results in the heart synchronicity parameters, that also was confirmed by the improvement of the LV systolic function and its remodeling in 12 months.

Russ J Cardiol 2015, 11 (127): 52–56
http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2015-11-52-56

Key words: epicardial stimulation, implantation of electrodes, biventricular and monoventricular cardiostimulation on-pump.

¹Federal Almazov North-West Medical Research Centre of the Ministry of Health, Saint-Petersburg; ²SPb SBHI CH №40 of Resort District, Saint-Petersburg, Russia.

Оптимальная насосная функция сердца напрямую зависит от последовательности и сопряженности времени электрического распространения импульса возбуждения по структурам сердца и сокращения желудочков [1, 2]. В норме электромеханическое сопряжение происходит на трех анатомических уровнях — на уровне предсердий, между предсердиями и желудочками и между правым и левым желудочками (ЛЖ). Немаловажным является и ЛЖ сопряжение, то есть внутрижелудочковое, которое прямо влияет на систолическую функцию ЛЖ [1].

Электрокардиостимуляция (ЭКС) различных областей сердца прямо влияет на электрофизиологические и впоследствии — на непосредственные и отдаленные гемодинамические показатели работы сердца и клинический статус пациента, а при наличии синдрома хронической сердечной недостаточности (ХСН) и отсутствии стимуляции оптимальной зоны ухудшают их [1, 3, 4]. Обычно электрокардиостимуляция осуществляется эндоваскулярным, то есть традиционным трансвенозным доступом с имплантацией правопредсердного электрода в ушко и правожелудочкового — в верхушку. Эпикардиальная (миокардиальная) стимуляция сердца чаще проводится при сопутствующих нарушениях ритма сердца, требующих коррекции при выполнении операций на открытом сердце по поводу коронарной недостаточности или патологии клапанного аппарата сердца. При септических состояниях, наличии инфицирования трансвенозных систем и при отсутствии альтернативных эндоваскулярных доступов также прибегают к эпикардиальной стимуляции путем торакотомии или, что чаще, стернотомии. Также к использованию эпикардиальной стимуляции прибегают в детской аритмологии.

Стимуляция различных областей сердца (верхушки, межжелудочковой перегородки, ЛЖ, моно- и бивентрикулярная стимуляция) прямо влияет на гемодинамические показатели работы сердца [1-4]. При сравнении гемодинамических показателей работы сердца с учетом стимуляции из различных точек сердца, наиболее физиологичным считается стимуляция межжелудочковой перегородки, бивентрикулярная стимуляция, стимуляция ЛЖ, хотя окончательно вопрос о позиции правожелудочкового электрода еще не закрыт [3, 4].

Одной из причин отсутствия ожидаемого клинического эффекта от ресинхронизирующей (бивентрикулярной) терапии может быть неоптимальное расположение левожелудочкового электрода на поверхности сердца [3, 4]. При трансвенозном доступе возникают сложности до 15% случаев в постановке и дальнейшем позиционировании эндокардиальных систем для стимуляции ЛЖ, что связано с анатомическими особенностями венозной системы сердца, близостью расположения

левого диафрагмального нерва [4-6]. Одним из приоритетных направлений и в качестве альтернативы является эпикардиальное позиционирование электродов (миокардиальная стимуляция), доставляемых с помощью видео-ассистируемой торакоскопии, мини-инвазивной торакотомии, позволяющих имплантировать электрод в оптимальную позицию на поверхности сердца, а также избежать технических сложностей в доставке электрода и его нестабильность [7, 8]. В последнее время также альтернативным способом имплантации является трансептальная эндокардиальная доставка левожелудочкового электрода [9].

Видеоассистируемая торакоскопия, используемая для доставки левожелудочкового электрода, позволяет надежно имплантировать его в необходимую зону на поверхности сердца, подобранную на предоперационном этапе или во время операции, однако в нашей стране пока широкого применения не получила [7].

Изучение результатов ЭКС, учитывая способ доставки и позицию желудочкового электрода у пациентов в лечении брадиаритмий с сопутствующей сердечной недостаточностью и без неё, определение необходимости альтернативных методов доставки эндокардиального левожелудочкового электрода представляется достаточно актуальным и позволяет оценить преимущества и недостатки различных методов, определить пути возможного улучшения результатов хирургического лечения брадиаритмий.

Цель исследования — выявить особенности, оценить эффективность имплантации эпикардиальных (миокардиальных) электродов в условиях искусственного кровообращения и определить влияние на электромеханические показатели работы сердца и насосную функцию.

Материал и методы

В исследовании проанализированы интраоперационные и ближайшие результаты (до 24 месяцев) имплантации эпикардиальных электродов в условиях ИК у 32 пациентов, оперированных в 2007-2014гг. Из общего числа пациентов 32-м желудочковый электрод имплантировался (фиксировался) эпикардиально в условиях ИК по поводу нарушений проводимости сердца после основного этапа кардиохирургической операции. Из них 26 пациентам после основного этапа операции — протезирования клапанов сердца, и 6 — после удаления эндокардиальной системы ЭКС в связи с инфицированием. Из 26 пациентов 10-ти после выполнения протезирования ТК механическим протезом потребовалась эпикардиальная ЭКС, у 6 удалены эндокардиальные электроды по поводу инфицирования с последующей имплантацией эпикардиальных электродов, у 16-ти — эндокардиальные системы дополнены

Таблица 1

Динамика показателей диссинхронии миокарда

Группы	Моноventрикулярная			Бивентрикулярная		
	4 дня	6 мес.	12 мес.	4 дня	6 мес.	12 мес.
Критерии						
QRS, мс	159,8±16,6	162,5±13,1	164,4±12,5	125,3±23,8	135,5±22,5*	128,5±13*
QT, мс	390,4±51,2	400,3±43,3	410,1±16	399,3±35,9	389,4±31,4	395,3±28,9
“Пре Ao”, мс	143,4±23,9	152,8±22	156,2±22,4	122,5±13,2	119,5±11,9	117,5±11*
“Пре ЛА”, мс	107,8±22,2	112,3±20,8	105±15,9	115±13,8	112±13	111,9±12*
ММЗ, мс	35,8±17,8	40,7±20,8	51,2±23,9	7±2,9*	6,9±2,9*	5,6±3,3*

Примечание: * — p<0,05 между 1 и 2 группами.

Сокращения: “Пре Ao” — аортальный пресистолический интервал, “Пре ЛА” — легочный пресистолический интервал, ММЗ — межжелудочковая механическая задержка.

эпикардиальной ЭКС (с целью ресинхронизации желудочков). Средний возраст пациентов составил 50,2±15,1 лет (60% мужчин). Среди пациентов в 35% случаев была выявлена ИБС, в 30% — прогрессирование приобретенного порока сердца ревматической этиологии, в 30% — инфицирование эндокардиальной системы ЭКС и не скорректированный ВПС, и в 5% — идиопатическая ДКМП. С учетом фиксации эпикардиального электрода к двум желудочкам (группа А, n=23) выполняли бивентрикулярную ЭКС и к одному желудочку (группа Б, n=9) — моноventрикулярную ЭКС. Пациенты сравниваемых групп достоверно не отличались по полу, возрасту и клиническому статусу. Средний срок наблюдения во всех группах составил 17±1,9 мес. Во всех группах до имплантации, через 4-7 дней после имплантации, затем через 6 и 12 месяцев выполнялись следующие обследования: оценка клинического статуса, ЭКГ, тест с 6-ти минутной ходьбой (ТШХ), ЭхоКГ с оценкой показателей диссинхронии в М-, В-, доплеровском и тканевом режимах, программирование и контроль работы ЭКС.

Техника имплантации эпикардиальных электродов. Операция проводилась под общей анестезией и эндотрахеальной интубацией легких. В отношении некоторых пациентов, в связи с повторными операциями, инфицированием систем, протезированием ТК механическим протезом, явлениями ХСН и сопутствующими показаниями для ЭКС, было принято решение — электроды для ЭКС использовать эпикардиальные и фиксировать их к двум желудочкам одновременно, проводя, тем самым, профилактику диссинхронии миокарда. После основного этапа операции электроды Capsure EPI 4968 (Medtronic, США) фиксировались нитью “Пролен”-5.0 на боковой или передней поверхности (базально, срединно) правого (ПЖ) и ЛЖ в бессосудистой зоне. В связи с наличием 2-х изолированных полюсов на эпикардиальном электроде фиксация “+” производилась на поверхности ПЖ, а второго “-” в области ЛЖ, обеспечивая, тем самым, двухжелудочковую стимуляцию сердца или

двух полюсов к ПЖ и ЛЖ, производя, тем самым, одножелудочковую (монофокусную) стимуляцию.

Результаты

У 23 пациентов фиксация полюса “-” эпикардиального электрода осуществлялась в области боковой поверхности ЛЖ, а “+” — на задней поверхности ПЖ, при этом у 8 пациентов эпикардиальный электрод “+” и “-” фиксировался в области боковой поверхности ЛЖ и у одного — в области ПЖ по возможности к базальным отделам. У 7 пациентов предсердный эпикардиальный электрод фиксировался в основание ушка правого предсердия. Таким образом, нами достигнута в 11 случаях 3-х камерная ЭКС (СРТ-ЭКС), в 12 — “бивентрикулярная ЭКС” (пациенты с постоянной ФП) и в 8 — одножелудочковая (моноventрикулярная) кардиостимуляция. Острый порог стимуляции на желудочковых каналах в среднем составил 1,1 и 1,5 мА при длительности импульсов 0,5 мс, на правом и левом полюсах соответственно, амплитуда R волны 14±2,4 мВ, предсердный канал — 1,2 мА при длительности импульсов 0,5 мс, амплитуда R волны — 2,5±0,8 мВ. Электрокардиостимуляторы имплантировались в абдоминальную позицию в 14 случаях, пекторально — в 18 случаях. Сложностей и осложнений с эпикардиальными электродами не отмечено. Время для имплантации эпикардиального желудочкового электрода (второй этап операции) составило 25,4±4,5 минут, общее время операции составило 165,4±32,5 минут (перезакрытие аорты 55±12 мин).

При бивентрикулярной ЭКС в динамике выявлены достоверно лучшие показатели синхронности работы сердца (табл. 1), что также подтвердилось улучшением систолической функции ЛЖ и его ремоделированием через 12 месяцев (табл. 2).

Обсуждение

При анализе показателей ЭхоКГ с учетом моноили бивентрикулярной ЭКС в последней группе в динамике, отмечается улучшение систолической функции левого желудочка, тенденция к обратному

Таблица 2

Динамика показателей ЭхоКГ с учетом позиции желудочкового электрода

Группы	Моноventрикулярная			Бивентрикулярная		
	4 дня	6 мес.	12мес.	4 дня	6 мес.	12мес.
ФВ, %	56,3±6,1	55,1±6	53,3±4,3	55,3±5,8	57±4,9	57,9±5,1*
КДД ЛЖ, мм	53,5±6,9	53,3±6,3	55,6±5,2	51,9±5,4	52,1±5,4	50,6±5,9*
КСД ЛЖ, мм	36,3±7,9	36,8±8,2	39,7±8,6	36,8±2,5	35,8±4,2	36,3±3,6
ЛП, мм	44,2±6,1	45,1±6,4	45,3±6,3	45,4±5,6	44,5±4,1	45,2±3,3
ПП, мм	42,1±6	43,3±5,9	45,9±5,5	43,2±5,5	42,8±4,1	42,4±4,3
МН, ст.	1,3±0,7	1,6±0,7	2,1±0,6	1,2±0,6	1,3±0,6	1,1±0,6
ТН, ст.	1,1±0,7	1,2±0,8	1,3±0,8	1,2±0,4	1,4±0,5	1,1±0,5
Р ЛА, мм рт.ст.	28,3±9,4	28,2±9	30,5±11	28,2±8,3	27,3±7,5	26,3±6,5*

Примечание: * — $p < 0,05$ между 1 и 2 группами.

Сокращения: КДД ЛЖ — конечный диастолический размер ЛЖ, КСД ЛЖ — конечный систолический размер ЛЖ, ФВ — фракция выброса ЛЖ, ЛП — переднезадний размер левого предсердия, ПП — переднезадний размер правого предсердия, Р ЛА — давление в легочной артерии, МН — степень митральной регургитации, ТН — степень трикуспидальной регургитации.

ремоделированию ЛЖ и отсутствие ухудшения показателей давления в легочной артерии (табл. 2). Важно отметить отсутствие как меж-, так и внутривентрикулярной диссинхронии в группе с бивентрикулярной ЭКС через 12 месяцев после операции. Показатели длительности комплекса QRS лучше в группе с бивентрикулярной ЭКС, что также наблюдается в динамике и свидетельствует о более физиологическом распространении импульса возбуждения по желудочкам сердца (табл. 1). В группе с моноventрикулярной эпикардиальной ЭКС появляется и в динамике нарастает межжелудочковая диссинхрония, снижается систолическая функция ЛЖ и увеличиваются размеры камер сердца и степень митральной и трикуспидальной недостаточности, хотя и недостоверно в динамике, однако при сравнении с бивентрикулярной ЭКС достоверно значимо (табл. 1 и 2). Эпикардиальная (миокардиальная) бивентрикулярная стимуляция сердца является эффективным способом коррекции нарушений ритма сердца и методом выбора у больных, требующих замены эндокардиальной системы ЭКС, у пациентов с пороками сердца, а также при сопутствующей ХСН. При имплантации эпикардиальных систем предоставляется возможность визуального определения точки и места фиксации электродов. Для выбора оптимальной точки фиксации электрода наиболее информативным представляется определение на дооперационном этапе зоны поздней механической активации левого желудочка (ЭхоКГ с тканевым анализом, 2-Dimensional speckle-tracking imaging, 3D echocardiographic, 3D tagged MRI и др.) [4]. Однако не всегда у клиник есть оборудование и возможность проведения данных методов исследования на предоперационном этапе, что должно определять, по возможности, имплантацию желудочковых электродов в наиболее физиоло-

гичные зоны (базальные отделы, боковая стенка, МЖП) или выполнение бивентрикулярной ЭКС [4, 11]. Проведение бивентрикулярной ЭКС и имплантации электродов после выполнения основного этапа операции в условиях ИК является эффективным и безопасным способом кардиостимуляции. Имплантация эпикардиальных электродов на “открытом сердце” у пациентов зачастую может быть “последним шансом” в выполнении бивентрикулярной или кардиоресинхронизирующей стимуляции, что определяет необходимость ее применения при наличии показаний.

Заключение

Оптимальной, наиболее приближенной к физиологичной, следует считать бивентрикулярную или 3-х камерную стимуляцию, выбор позиции необходимо осуществлять с учетом анатомических данных (продленная КАГ, МСКТ сердца, ротационная ангиография и др.) и эхокардиографических показателей на предоперационном этапе. Эндоваскулярная имплантация ЛЖ электрода через коронарный синус является эффективной и остается “золотым стандартом” в выборе доступа при первичной бивентрикулярной стимуляции. Для более успешной имплантации эндоваскулярного ЛЖ электрода необходимо более детальное изучение анатомии венозной системы сердца на предоперационном этапе и, по полученным данным, возможное планирование и выбор хирургического способа (эндоваскулярный или прямой хирургический) [12, 13]. Результаты данного исследования демонстрируют, что прямой хирургический доступ для имплантации ЛЖ электрода достаточно эффективен и может помочь избежать некоторых факторов, лимитирующих эндоваскулярные вмешательства и использоваться при невозможности

последних. Применение альтернативных способов доставки ЛЖ электрода является процедурой “спасения” при неудавшемся эндоваскулярном способе через коронарный синус.

С усовершенствованием эпикардиальных электродов у данного способа есть потенциальные преи-

мущества при первичном вмешательстве в определенной подгруппе пациентов, а при малотравматичных доступах (мини торакотомия, торакоскопический доступ) и невозможности эндоваскулярного доступа это может быть единственно возможным способом имплантации левожелудочкового электрода.

Литература

1. Sweeney MO, Prinzen FW. Ventricular Pump Function and Pacing: Physiological and Clinical Integration. *Circ Arrhythmia Electrophysiol.* 2008; 1: 127-39.
2. Zannad F, Huvelle E, Dickstein K, et al. Left bundle branch block as a risk factor for progression to heart failure. *European Journal of Heart Failure* 2007; 9: 7-14.
3. Kimmel MW, Skadsberg ND, Byrd CL, et al. Single-site ventricular and biventricular pacing: investigation of latest depolarization strategy. *Europace.* 2007 Dec; 9(12):1163-70.
4. Delgado V, Bax JJ. Assessment of Systolic Dyssynchrony for Cardiac Resynchronization Therapy Is Clinically Useful. *Circulation.* 2011; 123: 640-55.
5. Elleary S, Paul V. Complication of biventricular pacing. *Europ.Heart J.* 2004; Suppl. 6: S117-D121.
6. Kowalski O, Prokopczuk J, Lenarczyk R, et al. Coronary sinus stenting for the stabilization of the left ventricular and during resynchronization therap. *Europace.* 2006; 8: 367-70.
7. Edgerton JR, Edgerton ZJ, Mack MJ, et al. Ventricular epicardial lead placement for resynchronization by determination of paced depolarization intervals: technique and rationale. *Ann Thorac Surg.* 2007 Jan; 83(1): 89-92; discussion 92.
8. Koos R, Sinha A-M, Markus K, et al. Comparison of left ventricular lead placement via the coronary venous approach vs. lateral thoracotomy in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2004; 94: 59-63.
9. Van Gelder BM, Scheffer MG, Meijer A, et al. Transseptal endocardial left ventricular pacing: an alternative technique for coronary sinus lead placement in cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2007; 4: 454-60.
10. Yu Ch-M, Chan JY-S, Zhang Q, et al. Biventricular Pacing in Patients with bradycardia and Normal Ejection Fraction. *N Engl J Med* 2009; 361: 2123-34.
11. Curtis AB, Worley SJ, Philip B, et al. Biventricular Pacing for atrioventricular Block and Systolic dysfunction. *N Engl J Med* 2013; 368: 1585-93.
12. Osadchiy AM, Marinin VA, Lebedev DS. Choice of surgical access for the implantation of left ventricular electrode for permanent pacing in the treatment of CHF. *Russian Heart Failure Journal.* 2012; 13 (1): 46-52. Russian (Осадчий А.М., Маринин В.А., Лебедев Д.С. Выбор хирургического доступа при имплантации левожелудочкового электрода для постоянной электрокардиостимуляции в лечении ХСН. *Ж. Сердечная Недостаточность.* 2012; 13 (1): 46-52).
13. Singh JP, Klein HU, Huang DT, et al. Left ventricular lead position and clinical outcome in the multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT) trial. *Circulation* 2011; 123: 1159-66.