ВЛИЯНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И МЕХАНИЧЕСКУЮ ДИССИНХРОНИЮ МИОКАРДА

А.Е. Комлев, В.Н. Шитов

Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии, Москва

Резюме. *Актуальность.* Длительная верхушечная стимуляция правого желудочка может приводить к развитию межжелудочковой и внутрижелудочковой диссинхронии. Селективная (альтернативная) стимуляция различных отделов межжелудочковой перегородки за счет более физиологичного распространения волны возбуждения позволяет предотвратить ухудшение механической функции миокарда, ассоциированное с постоянной электрокардиостимуляцией. *Цель:* изучить динамику показателей электрической и механической желудочковой диссинхронии при традиционной (верхушечной) и альтернативной с установкой правожелудочкового электрода в межжелудочковую перегородку или выходной тракт правого желудочка у пациентов с постоянной электрокардиостимуляцией в раннем и отдаленном послеоперационном периоде. *Материалы и методы.* В исследование были включены 73 пациента (средний возраст $61,0 \pm 2,5$ года) с показаниями к постоянной электрокардиостимуляции без признаков сердечной недостаточности выше 2 ФК по NYHA и перенесенного Q-образующего инфаркта миокарда. Пациентам 1-й группы ($n = 39$) стимулирующий желудочковый электрод имплантирован в средний отдел межжелудочковой перегородки (подгруппа 1А, $n = 25$) или в выходной тракт правого желудочка (подгруппа 1Б, $n = 14$). В контрольную 2 группу включили 34 пациента с имплантацией электрода в верхушку правого желудочка. *Результаты.* Время предызгнания из правого и левого желудочка до и после имплантации не отличалось в 1-й группе и достоверно различалось во 2-й группе (25 ± 3 мс и 50 ± 6 мс, $p < 0,05$). Достоверной разницы в отношении параметров ремоделирования желудочков между группами в течение двух лет выявлено не было, однако отмечена тенденция к меньшей величине фракции выброса левого желудочка (59 ± 6 % и 50 ± 2 %, $p = 0,05$) и большей частоте митральной регургитации 2-й степени и выше у пациентов в группе верхушечной стимуляции. Внутри группы альтернативной стимуляции через два года наблюдения была отмечена тенденция к меньшей величине времени задержки систолического сокращения между базальными сегментами свободной стенки правого желудочка и межжелудочковой перегородки при стимуляции выходного тракта по сравнению со стимуляцией среднего отдела межжелудочковой перегородки (30 ± 8 мс и 38 ± 10 мс, $p = 0,05$). *Выводы.* Альтернативная стимуляция правого желудочка по сравнению с верхушечной характеризуется меньшей степенью межжелудочковой диссинхронии как непосредственно после операции, так и в отдаленном периоде. Новые эхокардиографические технологии, в том числе тканевая миокардиальная доплерография, позволяют количественно оценивать показатели систолической и диастолической функции миокарда и различные параметры диссинхронии. *Заключение.* Для оценки физиологичности, клинической эффективности и безопасности нового метода стимуляции межжелудочковой перегородки необходимо более тщательное изучение выраженности внутри- и межжелудочковой диссинхронии, показателей глобальной и регионарной систолической и диастолической функции левого и правого желудочков.

Ключевые слова: постоянная электрокардиостимуляция, верхушечная стимуляция правого желудочка, селективная стимуляция, межжелудочковая диссинхрония.

Для цитирования: Комлев А.Е., Шитов В.Н. Влияние селективной стимуляции правого желудочка на электрическую и механическую диссинхронию миокарда. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2021;4(52):97-105. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.4.CLIN.4>

INFLUENCE OF SELECTIVE STIMULATION OF THE RIGHT VENTRICLE ON ELECTRIC AND MECHANICAL MYOCARDIAL DYSYNCHRONY

A.E. Komlev, V.N. Shitov

National Medical Cardiology Research Center, Moscow

Abstract. *Relevance.* Prolonged apical stimulation of the right ventricle can lead to the development of interventricular and intraventricular dyssynchrony. Selective (alternative) stimulation of various parts of the interventricular septum due to a more physiological propagation of the excitation wave makes it possible to prevent the deterioration of the mechanical function of the myocardium associated with constant pacing. *Purpose.* To study the dynamics of indicators of electrical and mechanical ventricular dyssynchrony in the traditional (apical) and alternative with the installation of a right ventricular electrode in the interventricular septum or the outlet tract of the right ventricle in patients with constant pacing in the early and late postoperative period. *Materials and methods.* Were included 73 patients (mean age 61.0 ± 2.5 years) with indications for continuous cardiac pacing without signs of heart failure above 2 FC according to NYHA and previous Q-forming myocardial infarction. Patients of group 1 ($n = 39$) were implanted with a pacing ventricular electrode in the middle section of the interventricular septum (subgroup 1A, $n = 25$) or in the outflow tract of the right ventricle (subgroup 1B, $n = 14$). The control group 2 included 34 patients with electrode implantation in the apex of the right ventricle. *Results.* The time of pre-ejection from the right and left ventricles before and after implantation did not differ in group 1 and significantly differed in group 2 (25 ± 3 ms and 50 ± 6 ms, $p < 0.05$). There was no significant difference in the parameters of ventricular remodeling between the groups within 2 years, but there was a tendency towards a lower value of the left ventricular ejection fraction (59 ± 6 % and 50 ± 2 %, $p = 0.05$) and a higher frequency of mitral regurgitation 2 degree and higher in patients in the apical stimulation group. Within the group of alternative stimulation, after 2 years of follow-up, there was a tendency towards a smaller value of the delay time of systolic contraction between the basal segments of the free wall of the right ventricle and the interventricular septum during stimulation of the outflow tract compared with stimulation of the middle part of the interventricular septum (30 ± 8 ms and 38 ± 10 ms, $p = 0.05$). *Conclusions.* Alternative stimulation of the right ventricle compared with the apical is characterized by a lower degree of interventricular dyssynchrony both immediately after surgery and in the long-term period. New echocardiographic technologies, including tissue myocardial Doppler ultrasonography, make it possible to quantify the indicators of systolic and diastolic myocardial function and various parameters of dyssynchrony. *Conclusion.* To assess the physiology, clinical efficacy and safety of the new method of stimulating the interventricular septum, a more thorough study of the severity of intra- and interventricular dyssynchrony, indicators of global and regional systolic and diastolic function of the left and right ventricles is necessary.

Key words: constant pacing; apical stimulation of the right ventricle; selective stimulation; interventricular dyssynchrony.

Cite as: Komlev A.E., Shitov V.N. Influence of selective stimulation of the right ventricle on electric and mechanical myocardial dyssynchrony. *Bulletin of the Medical Institute REAVIZ. Rehabilitation, Doctor and Health.* 2021;4(52):97-105. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.4.CLIN.4>

Введение

Известно, что длительная верхушечная стимуляция правого желудочка (ПЖ) приводит к нарушениям систолической и диастолической функции левого желудочка (ЛЖ) [1–3]. Аномальное распространение фронта деполяризации, которое при верхушечной стимуляции соответствует ходу возбуждения при блокаде левой ножке

пучка Гиса, приводит к электрической, а затем и механической межжелудочковой диссинхронии, то есть в изменении нормальной последовательности и временных характеристик фаз сокращения миокарда обоих желудочков. Разность между электромеханической задержкой (время между началом комплекса QRS и началом изгнания крови) для ПЖ и ЛЖ отражает межже-

лудочковую диссинхронию. В норме при доплеровском исследовании транспульмонального и трансаортального потоков различие между началом сокращения ПЖ и ЛЖ не превышает 40 мс [4]. Методом тканевой миокардиальной доплерографии и двумерного анализ миокардиального стрейна при верхушечной стимуляции ПЖ доказано также развитие внутрижелудочковой диссинхронии ЛЖ, которая определяется величиной задержки в механической активации между сегментами межжелудочковой перегородки (МЖП) и задне-боковой стенки ЛЖ [5, 6].

Влияние как межжелудочковой, так и внутрижелудочковой диссинхронии при постоянной правожелудочковой ЭКС с течением времени приводит к снижению фракции выброса ЛЖ [7, 8]. Негативные эффекты правожелудочковой стимуляции особенно неблагоприятно отражаются на прогнозе пациентов с исходно имеющейся систолической сердечной недостаточностью [3].

Селективная стимуляция различных отделов МЖП за счет более физиологичного распространения волны возбуждения позволяет предотвратить ухудшение механической функции миокарда, ассоциированное с постоянной ЭКС [9, 10]. В большинстве исследований продемонстрированы преимущества неверхушечной стимуляции ПЖ, однако нет однозначного мнения о выборе оптимальной позиции стимулирующей головки электрода (различные отделы МЖП, выходной тракт ПЖ) [11, 12]. Также отсутствует единое мнение о надежности использования продолжительности стимулированного комплекса QRS как критерия выбора оптимальной позиции правожелудочкового эндокардиального электрода с точки зрения физиологичности возбуждения и сокращения миокарда [13]. Соответственно, возрастает число исследований, в которых авторы с помощью эхокардиографических технологий оценивают влияние различных вариантов альтернативной правожелудочковой стимуляции на показатели межжелудочковой и внутрижелудоч-

ковой диссинхронии и ремоделирования ЛЖ [14, 15].

Таким образом, поиск, оценка эффективности и целесообразности имплантации электродов в межжелудочковую перегородку и выходной тракт ПЖ является актуальной проблемой на современном этапе развития электрокардиостимуляции.

Цель исследования: изучить динамику показателей электрической и механической желудочковой диссинхронии при традиционной (верхушечной) и альтернативной стимуляции ПЖ с установкой правожелудочкового электрода в МЖП и выходном тракте ПЖ у пациентов с постоянной ЭКС в раннем и отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы

В исследование включили 73 пациента (средний возраст $61,0 \pm 2,5$ года, 39 мужчин, 32 женщины) с показаниями к постоянной ЭКС, страдающих ишемической болезнью сердца (ИБС) и/или артериальной гипертензией, без признаков сердечной недостаточности выше 2 ФК по NYHA и перенесенного Q-образующего инфаркта миокарда. Пациенты были разделены на три группы. Пациентам 1-й группы ($n = 39$) стимулирующий желудочковый электрод имплантировали в средний отдел МЖП (подгруппа 1А, $n = 25$) или в выходной тракт ПЖ (подгруппа 1Б, $n = 14$). В контрольную 2-ю группу включили 34 пациента с имплантацией электрода в верхушку ПЖ. Средний процент стимуляции у пациентов обеих групп составил более 80 %.

Критерии включения: атриовентрикулярная блокада 2-й степени типа Мобитц-2 или полная атриовентрикулярная блокада и предполагаемый высокий процент стимуляции ПЖ (не менее 70 %).

Критерии исключения: исходная длительность комплекса QRS более 120 мс; острый инфаркт миокарда; нестабильная стенокардия; перенесенный трансмуральный инфаркт миокарда левого желудочка;

патология клапанного аппарата сердца, требующая хирургического лечения; фракция выброса левого желудочка (ФВ) менее 35 %; хроническая сердечная недостаточность 3–4 ФК на момент включения в исследование; беременность, лактация.

ЭКГ в 12 отведениях и комплексное эхокардиографическое исследование с использованием тканевой миокардиальной доплерографии проводили до операции, перед выпиской из стационара и через два года после имплантации.

В качестве критерия межжелудочковой диссинхронии методом традиционной доплерографии использовали величину разности времени предызгнания между ЛЖ и ПЖ $[(Q - Ao) - (Q - Pa)] > 40$ мс (рис. 1).

При тканевой миокардиальной доплерографии критерием межжелудочковой диссинхронии считали задержку систолического сокращения на уровне базальных сегментов ПЖ и МЖП/задней стенки ЛЖ > 40 мс (рис. 2). В качестве критерия внутрижелудочковой диссинхронии ЛЖ принимали время задержки систолического сокращения между базальными сегментами МЖП и боковой стенки ЛЖ > 60 мс.

Интраоперационно при поиске точки стимуляции при имплантации желудочкового электрода в группах 1 и 2 ориентировались на минимально возможную продолжительность комплекса QRS.

Рис. 1. Допплеровское ЭхоКГ-исследование при стимуляции вершины ПЖ: А. Оценка времени предызгнания из ПЖ. Б. Оценка времени предызгнания из ЛЖ

Fig. 1. Doppler echocardiography with RV apex stimulation A. Estimation of pre-expulsion time from the RV: A. Estimate of pre-fire time from RV. B. Estimation of pre-expulsion time from LV

Рис. 2. Метод тканевой миокардиальной доплерографии в оценке межжелудочковой диссинхронии

Fig. 2. The method of tissue myocardial Doppler in the assessment of interventricular dyssynchrony

Результаты исследования

При сравнении параметров электрической межжелудочковой диссинхронии в раннем послеоперационном периоде время активации желудочков в группе альтернативной стимуляции оказалось достоверно меньше, чем в группе с верхушечной стимуляцией (табл. 1). Среднее значение комплекса QRS в 1-й группе не отличалось до и после имплантации: 116 ± 11 мс и 123 ± 14 мс соответственно, $p > 0,05$. Во 2-й группе длительность QRS после имплантации достоверно увеличилась: 105 ± 12 мс и 170 ± 15 мс соответственно, $p < 0,05$, при этом различие между группами после имплантации

также достигло статистической значимости. Значения механической параметров межжелудочковой диссинхронии, оцененной по времени предизгнания из правого и левого желудочка, в 1-й группе до и после имплантации достоверно не отличались (22 ± 5 мс и 29 ± 4 мс). Во 2-й группе эти показатели составили 25 ± 3 мс и 50 ± 6 мс соответственно ($p < 0,05$). Достоверных различий в степени внутрижелудочковой диссинхронии в раннем послеоперационном периоде выявлено не было. Средние значения фракции выброса ЛЖ достоверно не отличались и составили 58 ± 5 и 51 ± 8 ($p > 0,05$) в 1-й и 2-й группах соответственно.

Таблица 1. Параметры межжелудочковой диссинхронии у пациентов с классической (верхушечной) и альтернативной стимуляцией правого желудочка в раннем послеоперационном периоде

Table 1. Parameters of interventricular dyssynchrony in patients with classical (apical) and alternative pacing of the right ventricle in the early postoperative period

Параметр	Группа альтернативной стимуляции (n = 39)	Группа стимуляции вершины (n = 34)	p-value
Длительность QRS, мс (M ± δ)			
до имплантации	116 ± 11	$105 \pm 12^{\#}$	0,3
после имплантации	123 ± 14	$170 \pm 15^{\#}$	0,04
Разность времени предизгнания между ЛЖ и ПЖ, (Q – Ao) – (Q – Pa), мс (M ± δ)			
до имплантации	22 ± 5	$25 \pm 3^{\#}$	0,2
после имплантации	29 ± 4	$50 \pm 6^{\#}$	0,04
Время задержки систолического сокращения между ПЖ и МЖП (базальные сегменты), мс (M ± δ)			
до имплантации	39 ± 9	36 ± 5	0,3
после имплантации	37 ± 8	49 ± 10	0,05

Примечание: # – $p = 0,04$ для внутригруппового сравнения.

Через 2 года после вмешательства время активации желудочков в группе стимуляции МЖП оказалось также достоверно меньше, чем в группе с верхушечной стимуляцией. Среднее значение комплекса QRS в 1-й группе составило 116 ± 11 мс до имплантации и 123 ± 14 мс после ($p > 0,05$). Во 2-й группе эти цифры составили 105 ± 12 мс и 170 ± 15 мс соответственно ($p < 0,05$). Средние значения ФВ ЛЖ до операции в обеих группах достоверно не отличались и составили 58 ± 5 и 51 ± 8 ($p > 0,05$). Длительности QRS сразу после операции и через два года не различались между собой в обеих группах. Значения межжелудочковой диссинхронии, оцененной по времени предызгнания из правого и левого желудочка, в 1-й группе до и после имплантации достоверно не отличались (22 ± 5 мс и 29 ± 4 мс). Во 2-й группе эти показатели составили 25 ± 3 мс и 50 ± 6 мс соответственно ($p < 0,05$). Через два года после имплантации величина данного показателя межжелудочковой диссинхронии составила 32 ± 5 мс и 59 ± 6 мс в 1-й и 2-й группах соответственно ($p < 0,05$) (табл. 2).

Достоверной разницы в отношении показателей внутрижелудочковой диссинхронии и параметров ремоделирования желудочков между группами в течение двух лет

выявлено не было, однако отмечена тенденция к меньшей величине фракции выброса ЛЖ (59 ± 6 % и 50 ± 2 %, $p = 0,05$) и большей частоте митральной регургитации 2-й степени и выше у пациентов в группе верхушечной стимуляции.

При изучении различия между группами альтернативной стимуляции (МЖП и выходного тракта ПЖ) через два года после операции была отмечена тенденция к меньшей величине времени задержки систолического сокращения между ПЖ и МЖП как показателя межжелудочковой диссинхронии при стимуляции ВТПЖ (30 ± 8 мс и 38 ± 10 мс, $p = 0,05$). Достоверные различия в параметрах межжелудочковой диссинхронии, оцененной с помощью тканевой миокардиальной доплерографии, между данными группами выявлены не были (табл. 3).

Следует отметить, что, по-видимому, при сравнении альтернативных точек стимуляции ПЖ особенно важную роль играют исходные нарушения внутрижелудочковой проводимости (нарушения проводимости по правой и ветвям левой ножки пучка Гиса), от которых зависит характер распространения фронта возбуждения в миокарде как при спонтанной электрической активности сердца, так и при ЭКС.

Таблица 2. Параметры межжелудочковой диссинхронии и ФВ ЛЖ у больных с верхушечной и альтернативной стимуляцией правого желудочка через 2 года после имплантации ЭКС

Table 2. Parameters of interventricular dyssynchrony and LVEF in patients with apical and alternative right ventricular pacing 2 years after pacemaker implantation

Параметр	Группа альтернативной стимуляции, $M \pm \delta$ (n = 39)	Группа стимуляции верхушки, $M \pm \delta$ (n = 34)	p-value
Длительность QRS, мс	123 ± 14	170 ± 15	0,04
Разность времени предызгнания между ЛЖ и ПЖ, $(Q - A_0) - (Q - P_a)$, мс	32 ± 5	59 ± 6	0,04
Время задержки систолического сокращения между ПЖ и МЖП (базальные сегменты), мс	38 ± 10	69 ± 11	0,04
ФВлж, %	59 ± 6	50 ± 2	0,05
Митральная регургитация 2-й степени и выше, %	15 %	22 %	0,06

Таблица 3. Параметры межжелудочковой диссинхронии и ФВ ЛЖ у пациентов со стимуляцией МЖП и выносящего тракта правого желудочка через 2 года после имплантации ЭКС

Table 3. Parameters of interventricular dyssynchrony and LVEF in patients with IVS and right ventricular outflow tract stimulation 2 years after pacemaker implantation

Параметр	Группа стимуляции ВТПЖ, $M \pm \delta$ (n = 14)	Группа стимуляции сред- ней трети МЖП, $M \pm \delta$ (n = 25)	p-value
Длительность QRS, мс	113 $\pm$ 12	123 $\pm$ 14	0,04
Разность времени предызгнания между ЛЖ и ПЖ, (Q – Ao) – (Q – Pa), мс	30 $\pm$ 5	32 $\pm$ 6	0,2
Время задержки систолического сокращения между ПЖ и МЖП (базальные сегменты), мс	30 $\pm$ 8	38 $\pm$ 10	0,05
ФВлж, %	58 $\pm$ 5	59 $\pm$ 3	Н.д.

При сравнении клинических исходов у пациентов с различными видами стимуляции ПЖ на сроках до двух лет от начала постоянной ЭКС была выявлена тенденция к снижению характеристик качества жизни и толерантности к физической нагрузке в группе верхушечной стимуляции по сравнению с альтернативной. Летальных исходов за два года наблюдения не было ни в одной из групп.

Выводы

На сегодняшний день проблема поиска оптимальных мест стимуляции при наличии показаний к постоянной ЭКС остается до конца не решенной. Альтернативная стимуляция ПЖ по сравнению с верхушечной характеризуется меньшей степенью межжелудочковой диссинхронии как непосредственно после операции, так и в отдаленном периоде. Для оценки физиологичности,

клинической эффективности и безопасности нового метода стимуляции межжелудочковой перегородки необходимо более тщательное изучение выраженности внутри- и межжелудочковой диссинхронии, показателей систолической и диастолической функции левого и правого желудочков. Новые эхокардиографические технологии, в том числе тканевая миокардиальная доплерография, позволяют количественно оценивать показатели не только глобальной, но и региональной систолической и диастолической функции миокарда и различные параметры диссинхронии. Однако на сегодняшний день не продемонстрировано преимуществ какого-либо из различных эхокардиографических критериев внутри- и межжелудочковой диссинхронии для оценки ремоделирования сердца при постоянной ЭКС.

Литература/References

- 1 Lieberman R., Padeletti L., Schreuder J., Jackson K., Michelucci A., Colella A. et al. Ventricular pacing lead location alters systemic hemodynamics and left ventricular function in patients with and without reduced ejection fraction. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(8):1634-1641. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.04.099>
- 2 Sweeney M.O., Hellkamp A.S., Ellenbogen K.A., Greenspon A.J., Freedman R.A., Lee K.L. et al. Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *Circulation.* 2003;107:2932-2937. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000072769>
- 3 Khurwolah MR, Yao J, Kong XQ. Adverse Consequences of Right Ventricular Apical Pacing and Novel Strategies to Optimize Left Ventricular Systolic and Diastolic Function. *Curr Cardiol Rev.* 2019;15(2):145-155. <https://doi.org/10.2174/1573403X15666181129161839>
- 4 Rouleau F., Merheb M., Geffroy S., Berthelot J., Chaleil D., Dupuis J.M. et al., Echocardiographic Assessment of the Interventricular Delay of Activation and Correlation to the QRS Width in Dilated Cardiomyopathy.

- Pacing and Clinical Electrophysiology.* 2001;24:1500-1506. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2001.01500.x>
- 5 Liu WH, Chen MC, Chen YL, Guo BF, Pan KL, Yang SH et al. Right ventricular apical pacing acutely impairs left ventricular function and induces mechanical dyssynchrony in patients with sick sinus syndrome: a real-time three-dimensional echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:224-9. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2007.08.045>
 - 6 Lupi G., Sassone B., Badano L., Peraldo C., Gaddi O., Sitges M. et al. Effects of right ventricular pacing on intra-left ventricular electromechanical activation in patients with native narrow QRS. *Am J Cardiol.* 2006;98(2):219-222. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2006.01.077>
 - 7 Tops LF, Schalij MJ, Holman ER, van Erven L., van der Wall E.E, Bax J.J. Right ventricular pacing can induce ventricular dyssynchrony in patients with atrial fibrillation after atrioventricular node ablation. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(8):1642-1648. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.05.072>
 - 8 Schmidt M, Bromsen J, Herholz C., Adler K., Neff F., Kopf C. et al. Evidence of left ventricular dyssynchrony resulting from right ventricular pacing in patients with severely depressed left ventricular ejection fraction. *Europace.* 2007;9(1):34-40. <https://doi.org/10.1093/europace/eul131>
 - 9 Parekh S., Stein K.M. Selective site pacing: Rationale and practical application. *Curr. Cardiol. Rep.* 2008;10:351-359. <https://doi.org/10.1007/s11886-008-0057-6>
 - 10 Sweeney M.O., Prinzen F.W. A new paradigm for physiologic ventricular pacing. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006;47(2):282-288. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.09.029>
 - 11 De Cock C.C., Giudici M.C., Twisk J. Comparison of the haemodynamic effects of right ventricular outflow-tract pacing with right ventricular apex pacing: a quantitative review. *Europace.* 2003;5(3):275-278. [https://doi.org/10.1016/S1099-5129\(03\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S1099-5129(03)00031-X)
 - 12 Alhous M.H.A., Small G.R., Hannah A., Hillis G.S., Frenneaux M., Broadhurst P.A. Right ventricular septal pacing as alternative for failed left ventricular lead implantation in cardiac resynchronization therapy candidates. *Europace.* 2015;17:94-100. <https://doi.org/10.1093/europace/euu259>
 - 13 Peschar M., de Swart H., Michels K.J. Reneman R.S., Prinzen F.W. Left ventricular septal and apex pacing for optimal pump function in canine hearts. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(7):1218-1226. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00091-3)
 - 14 Yu C.M., Lin H., Fung W.H., Zhang Q, Kong S.L., Sanderson J.E. Comparison of acute changes in left ventricular volume, systolic and diastolic functions, and intraventricular synchronicity after biventricular and right ventricular pacing for heart failure. *Am Heart J.* 2003;145(5):E18. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(03\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(03)00071-1)
 - 15 Pitzalis M.V., Iacoviello M., Romito R., Massari F., Rizzon B., Luzziet G. et al. Cardiac resynchronization therapy tailored by echocardiographic evaluation of ventricular asynchrony. *J Am Coll Cardiol.* 2002;40:1615-22. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(02\)02337-9](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(02)02337-9)

Благодарности. Авторы выражают благодарность доктору медицинских наук Сапельникову О.В. и кандидату медицинских наук Гришину И.Р. за помощь в планировании исследования и непосредственное выполнение операций имплантации постоянного ЭКС.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Funding. This research received no external funding.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study.

Авторская справка

**Комлев Алексей
Евгеньевич**

врач-кардиолог отдела сердечно-сосудистой хирургии, Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии, Москва, Россия
ORCID 0000-0001-6908-7472

Вклад в статью 50 % – разработка дизайна исследования, сбор и анализ клинического материала

**Шитов Виктор
Николаевич**

врач УЗД, младший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии, Москва, Россия
ORCID 0000-0002-5736-5698

Вклад в статью 50 % – сбор и анализ клинического материала