

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДИТЕЛЕЙ РИТМА НА СТРУКТУРУ МИОКАРДА

Станислав Олегович Гаулика<sup>1✉</sup>, Андрей Николаевич Молчанов<sup>2</sup>,  
Илья Алексеевич Силин<sup>3</sup>, Денис Павлович Моргунов<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия

<sup>1,3,4</sup>Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии», Сургут, Россия

<sup>1</sup>Stas1996-96@mail.ru✉, <https://orcid.org/0009-0006-8560-9115>

<sup>2</sup>amolchanov432@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9419-1167>

<sup>3</sup>post@cardioc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1698-0483>

<sup>4</sup>denismorgunov@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3315-5999>

**Аннотация.** Представлены результаты анализа научных публикаций в базах PubMed, MEDLINE, ScienceDirect и eLIBRARY с глубиной поиска 7 лет об изменении геометрии миокарда после имплантации электрокардиостимулятора и его влиянии на структурно-функциональные параметры сердца. Актуальность проблематики определена недостаточной изученностью влияния постоянной электростимуляции правого желудочка на миокард и необходимостью более глубокого исследования и разработки усовершенствованных стратегий лечения пациентов с нарушениями сердечного ритма.

**Ключевые слова:** имплантация электрокардиостимулятора, геометрия миокарда, сердечная недостаточность, продольная деформация

**Шифр специальности:** 3.1.9. Хирургия.

**Для цитирования:** Гаулика С. О., Молчанов А. Н., Силин И. А., Моргунов Д. П. Влияние электрокардиостимуляции искусственных водителей ритма на структуру миокарда // Вестник СурГУ. Медицина. 2023. Т. 16, № 4. С. 28–32. DOI 10.35266/2949-3447-2023-4-4.

Review article

## EFFECT OF ARTIFICIAL PACEMAKERS ON MYOCARDIAL GEOMETRY

Stanislav O. Gaulika<sup>1✉</sup>, Andrey N. Molchanov<sup>2</sup>, Ilya A. Silin<sup>3</sup>, Denis P. Morgunov<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Khanty-Mansi State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

<sup>1,3,4</sup>The Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra Diagnostics and Cardiovascular Surgery Center, Surgut, Russia

<sup>1</sup>Stas1996-96@mail.ru✉, <https://orcid.org/0009-0006-8560-9115>

<sup>2</sup>amolchanov432@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9419-1167>

<sup>3</sup>post@cardioc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1698-0483>

<sup>4</sup>denismorgunov@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3315-5999>

**Abstract.** The study analyzes the findings of 7-year-old scientific publications from PubMed, MEDLINE, ScienceDirect, and eLIBRARY databases on myocardial geometry changes following pacemaker implantation and its effect on the heart structure and functionality. The relevance of the issue arises from insufficient information on the effect of constant electrostimulation of the right ventricle on the myocardium and a necessity for more in-depth research and the development of advanced treatment strategies for patients with arrhythmia.

**Keywords:** pacemaker implantation, myocardial geometry, heart failure, longitudinal strain

**Code:** 3.1.9. Surgery.

**For citation:** Gaulika S. O., Molchanov A. N., Silin I. A., Morgunov D. P. Effect of artificial pacemakers on myocardial geometry. *Vestnik SurGU. Meditsina.* 2023;16(4):28–32. DOI 10.35266/2949-3447-2023-4-4.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания представляют собой основную причину смертности в мире, составляя 56 % всех случаев. В европейских странах каждый год фиксируется более 4,3 миллиона смертей от таких заболеваний [1]. В России зарегистрировано 15,2 миллиона человек, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Одним из основных патофизиологических механизмов смерти от сердечно-сосудистых заболеваний (около 50 %) являются нарушения ритма и проводимости сердца. В подавляющем большинстве случаев это желудочковые тахикардии (пароксизмальная желудочковая тахикардия и фибрилляция желудочков) и реже – брадиаритмии [2]. Около 25 % всех нарушений сердечного ритма относятся к брадиаритмиям, таким как атрио-вентрикулярная блокада и синдром слабости синусового узла [3]. Эти состояния вызывают развитие жизни угрожающих ситуаций, требующих проведения электрокардиостимуляции.

Имплантация электрокардиостимулятора (ЭКС) может вызывать изменения в геометрии миокарда, включая перестройку и ремоделирование сердца. Исследования Г. А. Джунесбековой и соавт. [2] показали, что изменения геометрии миокарда могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия. К положительным эффектам относятся улучшение сердечной функции, стабилизация сердечного ритма и предотвращение сердечных аритмий, к отрицательным – нарушение механической синхронизации сердца, дисфункция миокарда, риски развития сердечной недостаточности. В связи с этим, более глубокое исследование изменения геометрии миокарда после имплантации ЭКС является необходимым фактором разработки усовершенствованных стратегий лечения пациентов с нарушениями сердечного ритма. Это позволит снизить осложнения после лечения и повысить качество жизни пациентов.

**Цель** – изучить современное состояние проблемы изменения геометрии миокарда после имплантации желудочкового электрода электрокардиостимулятора в различные точки правого желудочка и его влияние на функциональные параметры сердца.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Проведен анализ публикаций в базах данных PubMed, MEDLINE, ScienceDirect и eLIBRARY об отечественных и иностранных клинических исследованиях с глубиной поиска 7 лет. Настоящая работа проводится в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры госпитальной хирургии БУ ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» «Влияние постоянной эндокардиальной желудочковой стимуляции из альтернативных точек на структурно-геометрические параметры сердца при атриовентрикулярных блокадах».

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Внедрение в клиническую практику ЭКС и имплантируемых кардиовертеров дефибрилляторов позволило в значительной степени улучшить ближайший и отдаленный прогнозы течения заболевания у пациентов с брадисистолическими нарушениями ритма сердца и проводимости, а также у больных категории высокого риска внезапной сердечной смерти. Однако следует отметить, что после имплантации ЭКС проис-

ходят изменения геометрии миокарда, которые в значительной степени оказывают влияние на сердечную функцию.

В исследовании В. А. Санакоевой и соавт. [4] были определены скоростные параметры кровотока и параметры внутрисердечной гемодинамики, включая функцию левого предсердия. Результаты работы показали, что у пациентов с однокамерным ЭКС наблюдалась тенденция к ухудшению сократительной функции левого желудочка (ЛЖ) со снижением фракции выброса (ФВ) до 37,6 %. У пациентов с имплантированными двухкамерными ЭКС не наблюдалось перегрузки объемом и давлением легочного кровотока и улучшились такие параметры податливости ЛЖ, как рост конечно-систолического размера и объема, а фракция выброса ЛЖ снизилась до 53,23 %.

А. Л. Сыркин и соавт. [5] показали значимое снижение при имплантации ЭКС градиента давления в выносящем тракте ЛЖ по сравнению с исходным уровнем без изменения сердечной частоты. Значительное сокращение предсердно-желудочковой задержки при двухкамерной стимуляции приводит дополнительно к укорочению систолы предсердий и уменьшению вклада предсердий в наполнение ЛЖ. Однако при имплантации однокамерных ЭКС нет выраженного положительного влияния на градиент давления в выносящем тракте ЛЖ.

Отметим, что в настоящее время остается актуальным вопрос о месте имплантации желудочковых электродов двухкамерных постоянных ЭКС. Н. Хие и соавт. [6], N. Clémenty и соавт. [7], S. Fletcher-Hall [8], A. Mizukami и соавт. [9] подчеркивают отрицательное влияние стимуляции верхушки правого желудочка (ПЖ) на функцию сердца, в частности развитие сердечной недостаточности, ЭКС-индуцированной кардиомиопатии и учащение рецидивов фибрилляции предсердий.

Противоположную точку зрения выразили авторы X. Chen и соавт. [10] и Н. Р. Schultheiss и соавт. [11] отметили, что развитие дилатации ЛЖ и утяжеления сердечной недостаточности наблюдается в 35 %. Были предложены новые точки стимуляции ПЖ: межжелудочковая перегородка (МЖП), выходной отдел ПЖ. G. Domenichini и соавт. [12] и Р. Tchou и соавт. [13] пришли к выводу, что альтернативные места кардиостимуляции более гемодинамически эффективны, вызывают меньшую диссинхронию и продолжительность активации миокарда, а также улучшают гемодинамику и снижают проявления ремоделирования ЛЖ. Необходимо отметить, что в некоторых опубликованных исследованиях [14, 15] не выявлено значимого клинического преимущества стимуляции выводного отдела ПЖ и МЖП по сравнению с верхушечной стимуляцией в аналогичных или гораздо более крупных группах пациентов.

F. Bianco и соавт. [16] опубликовано исследование предикторов, влияющих на изменение геометрии миокарда при апикальной стимуляции. Основным предиктором было нарушение внутри желудочкового кровотока. Отмечалось, что продольная деформация левого желудочка (ЛЖ GLS) достоверно снижалась с  $17 \pm 3,3\%$  до  $11 \pm 2,8\%$  ( $p = 0,004$ ) при апикальной RVA-стимуляции в сравнении с синусовым ритмом, однако не было сравнения с группой пациентов, у кото-

рых проводилась стимуляция выводного отдела ПЖ и межжелудочковой перегородки. L. Toner и соавт. [17] сравнили в краткосрочном послеоперационном периоде параметры деформации с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии. Индексы диссинхронии при продольной и радиальной деформации значимо не отличались у пациентов со стимуляцией МЖП и апикальной стимуляцией правого желудочка RVA (-14,33,1%,  $P < 0,001$ ) против контроля МЖП (-16,82,7%,  $P < 0,01$ ). Схожие результаты, но уже в среднеотдаленном периоде продемонстрировали M. Saito и соавт. [18]: глобальная продольная деформация (-13,9 ± 4,1 для верхушки ПЖ против -15,5 ± 4,6,  $p = 0,02$  для МЖП).

Альтернативная точка зрения показана в исследованиях сравнительного анализа сердечной функции при кардиостимуляции из области левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ) и из перегородки выходного тракта ПЖ [19, 20]. Авторами было выявлено, что комплексная стимуляция ЛНПГ оказывает воздействие одновременно на левый и правый желудочки, что помогает избежать вредных эффектов механической синхронизации, присущих комплексной стимуляции выводного тракта ПЖ. Также отмечено, что комплексная стимуляция ЛНПГ обладает стабильным порогом стимуляции в течение 7 дней, способствует сокращению продолжительности QRS-комплекса, нормализует уровни BNP у пациентов, увеличивает объем заполнения ЛЖ в раннюю диастолу и демонстрирует тенденцию к повышению эластичности миокарда ЛЖ и его способности к деформации в краткосрочном периоде. Изменения в уровне BNP оценивали в группах комплексной кардиостимуляции ЛНПГ и комплексной кардиостимуляции перегородки выходного тракта ПЖ до имплантации ( $187,73 \pm 170,09$  vs  $194,58 \pm 160,18$  пг/мл), через 1 день после имплантации ( $125,73 \pm 119,57$  vs  $101,23 \pm 88,83$  пг/мл) и через 7 дней после имплантации ( $129,82 \pm 101,92$  vs  $65,15 \pm 56,96$  пг/мл). Статистически значимых изменений уровня BNP между двумя группами до имплантации ( $187,73 \pm 170,09$  по сравнению с  $194,58 \pm 160,18$  пг/мл;  $p = 0,85$ ) и через 1 день после имплантации ( $125,73 \pm 119,57$  по сравнению с  $101,23 \pm 88,83$  пг/мл,  $p = 0,30$ ) не было, но в группе комплексной кардиостимуляции левой ножки пучка Гиса уровни BNP через 7 дней после имплантации были статистически значимо ниже, чем в группе комплексной кардиостимуляции перегородки выходного тракта ПЖ ( $65,15 \pm 56,96$  по сравнению с  $129,82 \pm 101,92$  пг/мл). Другие авторы подчеркивают преимущество стимуляции ЛНПГ в связи с наличием эффекта бивентрикулярной стимуляции, который очень похож на механизм действия CRT-P. В отдаленной перспективе такой механизм стимуляции способен повысить ФВ и снизить симптомы сердечной недостаточности [21–23].

Т. К. Есенов и соавт. [24], E. Bakelants и соавт. [25] рассматривают постоянную стимуляцию пучка Гиса как перспективную, доступную и безопасную операционную технологию, способную заменить классическую апикальную кардиостимуляцию. Отмечают, что стимуляция пучка Гиса позволяет сохранить физиологический паттерн желудочковой стимуляции и может снизить негативные эффекты хронической стимуляции ПЖ, обеспечивая атриовентрикулярную, внутри- и межжелудочковую синхронность. Многие авторы выделяют два вида стимуляции пучка Гиса – селективную и неселективную [26–28]. Селективная стимуляция отличается тем, что морфология QRS одинакова на стимуляции и без нее и интервал ST–V = H–V интервалу. Именно селективная стимуляция пучка Гиса дает наиболее положительные результаты по профилактике ЭКС-индуцированной сердечной недостаточности в отдаленном периоде [29, 30]. Однако ряд авторов отмечают недостатки данной методики, а именно невозможность стимуляции у 30% пациентов в связи с плотной капсулой пучка Гиса, ложным захватом предсердий и развитием полной АВ блокады [31–33].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ научных работ показывает, что нет однозначного ответа на вопрос оптимальной, универсальной позиции электрода электрокардиостимулятора в правом желудочке. Большинство авторов склоняются к негативному влиянию апикальной стимуляции на структуру миокарда правого желудочка, что ведет к снижению глобальной продольной деформации левого желудочка (ЛЖ GLS) и развитию хронической сердечной недостаточности в отдаленном периоде. Нельзя сказать однозначно о преимуществах имплантации электрода в межжелудочковую перегородку, что подталкивает к поиску альтернативных точек позиционирования. Стимуляция левой ножки пучка Гиса или самого пучка Гиса показывают положительный результат, а именно повышение эластичности миокарда левого желудочка и его способности к продольной деформации в краткосрочном периоде.

Электрокардиостимуляция левой ножки пучка Гиса не введена в повседневную практику в большинстве клинических центров мира. Его новизна и невозможность оценки результатов в отдаленном периоде ввиду отсутствия советующих научных исследований не может дать окончательного ответа о преимуществе последнего над традиционными зонами имплантации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глущенко В.А., Иркиенко Е.К. Сердечно-сосудистая заболеваемость – одна из важнейших проблем здравоохранения // Медицина и организация здравоохранения. 2019. Т. 4, № 1. С. 56–63.
2. Джунусбекова Г.А., Багланова Л.С., Багланов Е.М. и др. Современное состояние проблемы постоянной электрокардиостимуляции при брадиаритмиях // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2020. № 1. С. 100–103.

### REFERENCES

1. Glushchenko V. A., Irklienko E. K. Cardiovascular morbidity – One of the most vital problems of modern health care. *Medicine and Health Care Organization*. 2019;4(1):56–63. (In Russian).
2. Dzhunusbekova G. A., Baglanova L. S., Baglanov E. M. et al. Current state of the problem of permanent heart pacing in bradiaritmia (literature review). *Vestnik KazNMU*. 2020;(1):100–103. (In Russian).

3. Полякова Е. Б. Особенности течения брадиаритмий наследственного генеза // 24-й конгресс Российского общества холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии (РОХМиНЭ), 16-й Всероссийский конгресс «Клиническая электрокардиология», IX-я Всероссийская конф. детских кардиологов ФМБА России : сб. тезисов. Российский кардиологический журнал. 2023. Т. 28, № 65. С. 31.
4. Санакоева В. А., Пашаев Р. З., Пухаева А. А. и др. Изменение эндотелиальной функции и внутрисердечной гемодинамики при имплантации разных типов электрокардиостимуляторов // Российский кардиологический журнал. 2019. № 8. С. 36–43.
5. Сыркин А. Л., Сыркина Е. А., Савченко А. Н. Нерешенные проблемы антиаритмической терапии у больных с постоянной двухкамерной электрокардиостимуляцией и пароксизмальной формой фибрилляции предсердий // Кардиологический вестник. 2020. Т. 15, № 5. С. 42.
6. Xie H., Chen X., Wang Y. et al. Comparison of the acute effects of different pacing sites on cardiac synchrony and contraction using speckle-tracking echocardiography. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:758500.
7. Clémenty N., Fernandes J., Carion P. L. et al. Pacemaker complications and costs: A nationwide economic study. *J Med Econ.* 2019;22(11):1171–1178.
8. Fletcher-Hall S. Pacemaker-induced cardiomyopathy. *JAAPA.* 2023;36(9):1–4.
9. Mizukami A., Matsue Y., Naruse Y. et al. Implications of right ventricular septal pacing for medium-term prognosis: Propensity-matched analysis. *Int J Cardiol.* 2016;220:214–218.
10. Chen X., Zhou X., Wang Y. Evaluation of electrophysiological characteristics and ventricular synchrony: An inpatient-controlled study during His-Purkinje conduction system pacing versus right ventricular pacing. *Clin Cardiol.* 2022;45(7):723–732.
11. Schultheiss H.-P., Fairweather D., Caforio A. L. P. et al. Dilated cardiomyopathy. *Nat Rev Dis Primers.* 2019;5(1):32.
12. Varma N. Does right ventricular pacing always replicate LBBB? Electrocardiographic imaging of interventricular dyssynchrony. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(4):991–992.
13. Tchou P., Nakagawa H. The best ventricular pacing site during electrophysiology study: Are we all creatures of habit? *JACC Clin Electrophysiol.* 2023;9(2):229–231.
14. Jastrzębski M. ECG and pacing criteria for differentiating conduction system pacing from myocardial pacing. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2021;10(3):172–180.
15. Li W., Ding Y., Gong C. et al. Comparisons of electrophysiological characteristics, pacing parameters and mid- to long-term effects in right ventricular septal pacing, right ventricular apical pacing and left bundle branch area pacing. *BMC Cardiovasc Disord.* 2022;22(1):417.
16. Bianco F., Cicchitti V., Bucciarelli V. et al. Intraventricular flow patterns during right ventricular apical pacing. *Open Heart.* 2019;6:e001057.
17. Toner L., Chen J. X. C., Ramchand J. et al. Biventricular function is impaired in right ventricular septal pacing – A prospective study using myocardial strain imaging. *Heart Lung Circ.* 2023;32(3):373–378.
18. Singh A., Karnik R., Shah A. N. et al. Myocardial strain characteristics at different interventricular pacing timings: Implications for device programming and long-term clinical outcomes in patients with cardiac resynchronization therapy. *Acta Cardiol.* 2021;76(1):46–55.
19. Forno A. R. J. D., Ternes C. M. P., Rech J. V. T. et al. Left bundle branch pacing of His-Purkinje conduction system: Initial experience. *Arq Bras Cardiol.* 2022;118(2):505–516.
20. Vijayaraman P., Subzposh F. A., Naperkowski A. et al. Prospective evaluation of feasibility and electrophysiologic and echocardiographic characteristics of left bundle branch area pacing. *Heart Rhythm.* 2019;16(12):1774–1782.
21. Zhang W., Huang J., Qi Y. et al. Cardiac resynchronization therapy by left bundle branch area pacing in patients with heart failure and left bundle branch block. *Heart Rhythm.* 2019;16(12):1783–1790.
22. Vijayaraman P., Herweg B., Verma A. et al. Rescue left bundle branch area pacing in coronary venous lead failure or nonresponse to biventricular pacing: Results from International LBBAP Collaborative Study Group. *Heart Rhythm.* 2022;19(8):1272–1280.
23. Vijayaraman P., Ponnusamy S., Cano O. et al. Left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy: Results from the International LBBAP Collaborative Study Group. *JACC Clin Electrophysiol.* 2021;7(2):135–147.
3. Polyakova E. B. Osobennosti techeniia bradiaritmii nasledstvennogo geneza. In: *Proceedings of the 24nd Congress of the Russian Society of Holter Monitoring and Non-Invasive Electrophysiology, 16th All-Russian Congress "Clinical Electrophysiology", IX All-Russian Conference of Pediatric Cardiologists of the FMBA of Russia. Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(65):31. (In Russian).
4. Sanakoeva V. A., Pashaev R. Z., Pukhaeva A. A. et al. Changes of endothelial function and intracardiac hemodynamics during implantation of different types of pacemakers. *Russian Journal of Cardiology.* 2019;(8):36–43. (In Russian).
5. Syrkin A. L., Syrkin E. A., Savchenko A. N. Nereshennye problemy antiaritmicheskoi terapii u bolnykh s postoiannoii dvukhkamernoi elektrokardiostimulatsiei i paroksizmalnoi formoi fibrillatsii predserdii. *Russian Cardiology Bulletin.* 2020;15(5):42. (In Russian).
6. Xie H., Chen X., Wang Y. et al. Comparison of the acute effects of different pacing sites on cardiac synchrony and contraction using speckle-tracking echocardiography. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:758500.
7. Clémenty N., Fernandes J., Carion P. L. et al. Pacemaker complications and costs: A nationwide economic study. *J Med Econ.* 2019;22(11):1171–1178.
8. Fletcher-Hall S. Pacemaker-induced cardiomyopathy. *JAAPA.* 2023;36(9):1–4.
9. Mizukami A., Matsue Y., Naruse Y. et al. Implications of right ventricular septal pacing for medium-term prognosis: Propensity-matched analysis. *Int J Cardiol.* 2016;220:214–218.
10. Chen X., Zhou X., Wang Y. Evaluation of electrophysiological characteristics and ventricular synchrony: An inpatient-controlled study during His-Purkinje conduction system pacing versus right ventricular pacing. *Clin Cardiol.* 2022;45(7):723–732.
11. Schultheiss H.-P., Fairweather D., Caforio A. L. P. et al. Dilated cardiomyopathy. *Nat Rev Dis Primers.* 2019;5(1):32.
12. Varma N. Does right ventricular pacing always replicate LBBB? Electrocardiographic imaging of interventricular dyssynchrony. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(4):991–992.
13. Tchou P., Nakagawa H. The best ventricular pacing site during electrophysiology study: Are we all creatures of habit? *JACC Clin Electrophysiol.* 2023;9(2):229–231.
14. Jastrzębski M. ECG and pacing criteria for differentiating conduction system pacing from myocardial pacing. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2021;10(3):172–180.
15. Li W., Ding Y., Gong C. et al. Comparisons of electrophysiological characteristics, pacing parameters and mid- to long-term effects in right ventricular septal pacing, right ventricular apical pacing and left bundle branch area pacing. *BMC Cardiovasc Disord.* 2022;22(1):417.
16. Bianco F., Cicchitti V., Bucciarelli V. et al. Intraventricular flow patterns during right ventricular apical pacing. *Open Heart.* 2019;6:e001057.
17. Toner L., Chen J. X. C., Ramchand J. et al. Biventricular function is impaired in right ventricular septal pacing – A prospective study using myocardial strain imaging. *Heart Lung Circ.* 2023;32(3):373–378.
18. Singh A., Karnik R., Shah A. N. et al. Myocardial strain characteristics at different interventricular pacing timings: Implications for device programming and long-term clinical outcomes in patients with cardiac resynchronization therapy. *Acta Cardiol.* 2021;76(1):46–55.
19. Forno A. R. J. D., Ternes C. M. P., Rech J. V. T. et al. Left bundle branch pacing of His-Purkinje conduction system: Initial experience. *Arq Bras Cardiol.* 2022;118(2):505–516.
20. Vijayaraman P., Subzposh F. A., Naperkowski A. et al. Prospective evaluation of feasibility and electrophysiologic and echocardiographic characteristics of left bundle branch area pacing. *Heart Rhythm.* 2019;16(12):1774–1782.
21. Zhang W., Huang J., Qi Y. et al. Cardiac resynchronization therapy by left bundle branch area pacing in patients with heart failure and left bundle branch block. *Heart Rhythm.* 2019;16(12):1783–1790.
22. Vijayaraman P., Herweg B., Verma A. et al. Rescue left bundle branch area pacing in coronary venous lead failure or nonresponse to biventricular pacing: Results from International LBBAP Collaborative Study Group. *Heart Rhythm.* 2022;19(8):1272–1280.
23. Vijayaraman P., Ponnusamy S., Cano O. et al. Left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy: Results from the International LBBAP Collaborative Study Group. *JACC Clin Electrophysiol.* 2021;7(2):135–147.

24. Есенов Т.К., Жусупова Г.К., Базарбаев Н.Ш. и др. Стимуляция пучка Гиса –перспективная стратегия в лечении нарушений проводимости сердца // Астана медициналық журналы. 2021. №2. С. 31–38.
25. Bakelants E., Zweerink A., Burri H. His bundle pacing: The pursuit of physiologic ventricular stimulation. *Rev Med Suisse*. 2020;16(696):1159–1164.
26. Vijayaraman P., Chung M.K., Dandamudi G. et al. His bundle pacing. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(8):927–947.
27. Stanley A. Jr., Athanasuleas C., Buckberg G. How His bundle pacing prevents and reverses heart failure induced by right ventricular pacing. *Heart Fail Rev*. 2021;26(6):1311–1324.
28. Yu Z., Chen R., Su Y. et al. Integrative and quantitative evaluation of the efficacy of his bundle related pacing in comparison with conventional right ventricular pacing: A meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017;17(1):221.
29. Sun J.-Y., Sha Y.-Q., Sun Q.-Y. et al. The long-term therapeutic effects of His-Purkinje system pacing on bradycardia and cardiac conduction dysfunction compared with right ventricular pacing: A systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(5):1202–1210.
30. Qu Q., Sun J.-Y., Zhang Z.-Y. et al. His-Purkinje conduction system pacing: A systematic review and network meta-analysis in bradycardia and conduction disorders. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2021;32(12):3245–3258.
31. Peng X., Chen Y., Wang X. et al. Safety and efficacy of His-bundle pacing/left bundle branch area pacing versus right ventricular pacing: A systematic review and meta-analysis. *J Interv Card Electrophysiol*. 2021;62(3):445–459.
32. Mariani M.V., Piro A., Forleo G.B. et al. Clinical, procedural and lead outcomes associated with different pacing techniques: A network meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2023;377:52–59.
33. Fischer A.J., Nagarajan V.D., Ho S.Y. et al. Anatomic pitfalls and challenges of His bundle pacing. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2020;31(2):104–110.
24. Esenov T.K., Zhusupova G.K., Bazarbaev N.Sh. et al. His bundle pacing is a promising strategy in the treatment of cardiac conduction disorders. *Astana Medical Journal*. 2021;(2):31–38. (In Russian).
25. Bakelants E., Zweerink A., Burri H. His bundle pacing: The pursuit of physiologic ventricular stimulation. *Rev Med Suisse*. 2020;16(696):1159–1164. (In French).
26. Vijayaraman P., Chung M.K., Dandamudi G. et al. His bundle pacing. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(8):927–947.
27. Stanley A. Jr., Athanasuleas C., Buckberg G. How His bundle pacing prevents and reverses heart failure induced by right ventricular pacing. *Heart Fail Rev*. 2021;26(6):1311–1324.
28. Yu Z., Chen R., Su Y. et al. Integrative and quantitative evaluation of the efficacy of his bundle related pacing in comparison with conventional right ventricular pacing: A meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017;17(1):221.
29. Sun J.-Y., Sha Y.-Q., Sun Q.-Y. et al. The long-term therapeutic effects of His-Purkinje system pacing on bradycardia and cardiac conduction dysfunction compared with right ventricular pacing: A systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(5):1202–1210.
30. Qu Q., Sun J.-Y., Zhang Z.-Y. et al. His-Purkinje conduction system pacing: A systematic review and network meta-analysis in bradycardia and conduction disorders. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2021;32(12):3245–3258.
31. Peng X., Chen Y., Wang X. et al. Safety and efficacy of His-bundle pacing/left bundle branch area pacing versus right ventricular pacing: A systematic review and meta-analysis. *J Interv Card Electrophysiol*. 2021;62(3):445–459.
32. Mariani M.V., Piro A., Forleo G.B. et al. Clinical, procedural and lead outcomes associated with different pacing techniques: A network meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2023;377:52–59.
33. Fischer A.J., Nagarajan V.D., Ho S.Y. et al. Anatomic pitfalls and challenges of His bundle pacing. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2020;31(2):104–110. (In German).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ****С. О. Гаулика** – аспирант, врач – сердечно-сосудистый хирург.**А. Н. Молчанов** – доктор медицинских наук, профессор.**И. А. Силин** – врач – сердечно-сосудистый хирург, заместитель главного врача по медицинской части.**Д. П. Моргунов** – врач – сердечно-сосудистый хирург.**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS****S. O. Gaulika** – Postgraduate, Cardiovascular Surgeon.**A. N. Molchanov** – Doctor of Sciences (Medicine), Professor.**I. A. Silin** – Cardiovascular Surgeon, Deputy Chief Medical Officer for Medical Care.**D. P. Morgunov** – Cardiovascular Surgeon.