

ОТДАЛЕННАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЛИЯЮЩИХ НА ФУНКЦИЮ  
ТРИКУСПИДАЛЬНОГО КЛАПАНА И ПРАВЫХ КАМЕР СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ДВУМЯ  
ЭНДОКАРДИАЛЬНЫМИ ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ ПОСТОЯННОГО  
ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА

А.Б.Глумсков, С.С.Дурманов, В.В.Базылев

*ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» МЗ РФ, Россия, Пенза, ул. Стасова, д. 6.*

**Цель.** Отдаленная оценка факторов, влияющих на степень трикуспидальной регургитации (ТР) и функцию правых камер сердца у пациентов с двумя эндокардиальными правожелудочковыми электродами постоянного электрокардиостимулятора (ПЭКС).

**Материал и методы исследования.** Проведен ретроспективный анализ 5807 электронных историй болезни пациентов, кому выполнялась первичная имплантация или плановая замена ПЭКС. В 119 случаях дополнительно имплантировался новый правожелудочковый электрод, из них, согласно критериям отбора выделена группа из 27 пациентов. Сформирована группа контроля из 129 пациентов. Проведена псевдорандомизация, сформировано 27 сопоставимых пар. Для определения предикторов прогрессирования ТР использован метод логистической регрессии для многофакторной модели.

**Результаты.** В отдаленном послеоперационном периоде эхокардиографические показатели обеих групп практически не имели различий и находились в пределах возрастных нормативов. В группе контроля у 62,9% (n=17) пациентов выявлена незначительная ТР, в 29,7% (n=8) случаев диагностированы умеренные показатели, а в 7,4% (n=2) ТР отсутствовала, соответственно. В группе наблюдения в 74,1% случаев (n=20) была диагностирована незначительная степень ТР, в 18,5% (n=5) - умеренные показатели недостаточности, тяжелая ТР регистрировалась у 3,7% (n=1) больных, у такого же числа пациентов ТР не выявлена. Методом многофакторной логистической регрессии определен единственный независимый предиктор прогрессирования ТР в послеоперационном периоде - наличие непароксизмальной фибрилляции предсердий (ФП), которая увеличивает вероятность роста степени ТР на 1 и более ступень в отдаленном периоде наблюдения в 3,8 раза. Связь между фактом наличия двух электродов в полости правого желудочка и ростом степени ТР не была определена.

**Заключение.** У пациентов с двумя правожелудочковыми электродами ТР и функция правых отделов сердца значимо не меняются в отдаленном периоде наблюдения. Ведущим фактором, влияющим на прогрессирование ТР определен анамнез непароксизмальной ФП.

**Ключевые слова:** трикуспидальный клапан; трикуспидальная регургитация; правожелудочковый электрод; постоянный электрокардиостимулятор; фибрилляция предсердий.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Финансирование:** отсутствует.

**Рукопись получена:** 13.09.2024 **Исправленная версия получена:** 21.01.2025 **Принята к публикации:** 14.02.2025

**Ответственный за переписку:** Глумсков Артур Борисович, E-mail: artur19401988@yandex.ru

А.Б.Глумсков - ORCID ID 0000-0002-7832-0421, С.С.Дурманов - ORCID ID 0000-0002-4973-510X, В.В.Базылев - ORCID ID 0000-0001-6089-9722

**Для цитирования:** Глумсков АБ, Дурманов СС, Базылев ВВ. Отдаленная оценка факторов, потенциально влияющих на функцию трикуспидального клапана и правых камер сердца у пациентов с двумя эндокардиальными правожелудочковыми электродами постоянного электрокардиостимулятора. *Вестник аритмологии*. 2025;32(1): 38-45. <https://doi.org/10.35336/VA-1413>.

LONG-TERM EVALUATION OF FACTORS POTENTIALLY AFFECTING TRICUSPID VALVE AND RIGHT  
HEART CHAMBER FUNCTION IN PATIENTS WITH TWO ENDOCARDIAL RIGHT VENTRICULAR  
PACING LEADS

A.B.Glumskov, S.S.Durmanov, V.V.Bazylev

*Federal Center for Cardiovascular Surgery of the MH RF, Russia, Penza, 6 Stasova str.*

**Aim.** To assess factors influencing the degree of tricuspid regurgitation (TR) and the function of the right heart chambers in patients with two endocardial right ventricular leads of a permanent pacemaker.

**Methods.** A retrospective analysis of 5807 electronic medical records of patients who underwent primary implantation or planned replacement of a permanent pacemaker was performed. In 119 cases, a new right ventricular lead was additionally implanted, of which a group of 27 patients was selected according to the selection criteria. A control group

of 129 patients was formed. Pseudo-randomization was performed, 27 comparable pairs were formed. To determine the predictors of TR progression, the logistic regression method for a multivariate model was used.

**Results.** In the late postoperative period, echocardiographic indices of both groups were virtually identical and were within the age norms. In the control group, minor TR was detected in 62.9% (n=17) of patients, moderate indices were diagnosed in 29.7% (n=8) of cases, and no TR was detected in 7.4% (n=2), respectively. In the observation group, minor TR was diagnosed in 74.1% of cases (n=20), moderate indices of insufficiency were diagnosed in 18.5% (n=5), severe TR was recorded in 3.7% (n=1) of patients, and TR was not detected in the same number of patients. Multivariate logistic regression identified the only independent predictor of TR progression in the postoperative period - the presence of non-paroxysmal atrial fibrillation (AF), which increases the probability of progression of the degree of tricuspid valve insufficiency in the remote observation period by 3/8 times. The relationship between the fact of the presence of two electrodes in the right ventricular cavity and the increase in the degree of tricuspid valve insufficiency was not determined.

**Conclusion.** In patients with two right ventricular leads, TR and right heart function don't change significantly in the long-term observation period. The leading factor influencing TR progression is the history of non-paroxysmal AF.

**Key words:** tricuspid valve; tricuspid regurgitation; right ventricular electrode; permanent pacemaker; atrial fibrillation.

**Conflict of Interests:** none.

**Funding:** none.

**Received:** 13.09.2024 **Revision Received:** 21.01.2025 **Accepted:** 14.02.2025

**Corresponding author:** Glumskov Artur, E-mail: artur19401988@yandex.ru

A.B.Glumskov - ORCID ID 0000-0002-7832-0421, S.S.Durmanov - ORCID ID 0000-0002-4973-510X, V.V.Bazylev - ORCID ID 0000-0001-6089-9722

**For citation:** Glumskov AB, Durmanov SS, Bazylev VV. Long-term evaluation of factors potentially affecting tricuspid valve and right heart chamber function in patients with two endocardial right ventricular pacing leads. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(1): 38-45. <https://doi.org/10.35336/VA-1413>.

В 1958 году A.Senning и R.Elmqvist в Швеции выполнили, а также описали первую имплантацию постоянного электрокардиостимулятора (ПЭКС) в переднюю брюшную стенку с эпикардиальным желудочковым электродом. Спустя несколько лет в 1962 году Parsonnet et al. (США) и Ekstrom et al. (Швеция) разработали и внедрили методику имплантации постоянных биполярных электродов трансвенно, что позволило имплантировать кардиостимулирующие системы без торакотомии и общей анестезии [1]. С тех пор использование таких устройств увеличивалось в геометрической прогрессии. За последние 60 лет имплантируемые электронные устройства (ИЭУ) стали обязательной методикой лечения сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с нарушениями ритма сердца: брадикардией, тахикардией и хронической сердечной недостаточностью. Кардиальные ИЭУ в большинстве случаев имплантируются с электродом, проходящим через трехстворчатый клапан (ТК). Взаимосвязь между электродом устройства и клапанным аппаратом, является потенциальной причиной недостаточности ТК, что, в свою очередь, влияет на заболеваемость и смертность. При этом тяжесть трикуспидальной регургитации (ТР) может прогрессировать со временем. Раннее выявление электрод-связанной ТР имеет решающее значение для выбора оптимального лечения.

Первые сообщения об опосредованном с ИЭУ вмешательстве в аппарат трикуспидального клапана появились в конце 20 века, но только в последнее время были предприняты целенаправленные усилия, для определения масштаба данной проблемы. Поскольку прекращение использования этих устройств в настоящее время

невозможно, а соотношение пользы и известного нам вреда принято считать оптимальным, лучшее понимание механических осложнений вмешательства потенциально может привести к усовершенствованию конструкций устройств или, хотя бы, поиску альтернатив для ряда пациентов. Имплантация любого устройства требует позиционирования эндокардиального желудочкового электрода через трикуспидальный клапан. При этом связь хирургического вмешательства и ТР широко не изучалась, а опубликованные данные о ее частоте в послеоперационном периоде, противоречат некоторым авторам, сообщающим об этом как о редком явлении. Однако интерес к данной теме явно вырос в связи с пониманием того, что ТР не является доброкачественным заболеванием, особенно если ассоциирована с выраженной легочной гипертензией и/или дисфункцией левого желудочка [2].

Немаловажно и то, что во время плановой замены ПЭКС в ряде случаев требуется имплантация нового (-ых) электрода (-ов), при этом «старый (-ые)» далеко не всегда возможно безопасно удалить. По этим причинам, очевидно, что экстракция нефункционирующего электрода обычно не требуется во время реимплантации, за исключением ряда инфекционных и неинфекционных причин. Считается, что электрод устройства является источником осложнений, в том числе помех функции ТК, вызванных механическим воздействием на подвижность створок или коаптацию. Теоретически, прямое вмешательство электрода в закрытие клапана должно увеличиваться пропорционально количеству имплантированных электродов. Целью данного исследования явилась отдаленная оценка факторов, влияющих на функцию правых камер сердца и степень

ТР у пациентов с двумя эндокардиальными правожелудочковыми электродами ПЭКС.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование носило ретроспективный наблюдательный характер, для его проведения было получено соответствующее одобрение локального этического комитета. Были проанализированы электронные истории болезней 5807 пациентов, кому за период с 2008 по 2021 год выполнялась первичная имплантация или плановая замена ПЭКС, из них 119 больным во время плановой замены ПЭКС выполнялась имплантация дополнительного нового правожелудочкового электрода.

Критерии включения:

- наличие  $\geq 2$ -х эндокардиальных электродов в полости правого желудочка (ПЖ);
- наличие результатов эхокардиографии (ЭхоКГ) до плановой замены ПЭКС с имплантацией «нового» правожелудочкового электрода и в отдаленном периоде наблюдения.

Критерии исключения:

- тяжелый клапанный стеноз;
- тяжелая клапанная недостаточность (исключение ТК);
- тяжелая недостаточность ТК, сохраняющаяся в послеоперационном периоде;
- открытые вмешательства на клапанах сердца в анамнезе;
- операция экстракции эндокардиального электрода в анамнезе;
- выраженная легочная гипертензия в предоперационном периоде (систолическое давление в легочной артерии  $\leq 50$  мм рт.ст.);

- показания к имплантации ИКД и сердечной ресинхронизирующей терапии (CRT);
- срок послеоперационного наблюдения  $\leq 12$  мес.;
- фракция выброса левого желудочка  $\leq 40\%$ ;
- возраст  $\leq 18$  лет.

Согласно вышеуказанным условиям, была выделена группа из 27 пациентов. Принимая во внимание критерии исключения, было отобрано 129 историй болезни пациентов, кому за тот же период была выполнена первичная имплантация ПЭКС. Основные клинические и демографические характеристики групп пациентов отражены в табл. 1. Для обеспечения максимальной сопоставимости основной и референтной групп по имеющимся конфаундерам была проведена псевдорандомизация с применением метода подбора пар 1:1 с помощью поиска «ближайшего соседа». В результате выравнивания групп сформировано 27 пар, сопоставимые по факторам, использованным при псевдорандомизации.

Все вмешательства осуществлялись согласно рекомендациям ВНОА [3], по стандартной методике [4]. В качестве имплантируемых ПЭКС как во время плановых замен, так и при первичных имплантациях использовались электронные устройства производителей «Medtronic» (Sensia SR и Vitatron G20 SR); «BIOTRONIK SE & Co. KG» (Effecta SR, Philos SR и Talos SR); «St. Jude Medical» (Verity ADx XL SR и Sustain XL SR); «Boston Scientific Corporation» (Altrua 20 SR). В качестве новых имплантируемых правожелудочковых эндокардиальных электродов применялись изделия с силиконовым и силиконполиуретановым покрытиями и активной фиксацией Capsurefix® Novus 5076-58cm («Medtronic») и Safo S 60 («BIOTRONIK SE & Co. KG») диаметром 2,0 мм (6 Fr), Flextend 2

Таблица 1.

### Исходные клинко-демографические характеристики групп пациентов

Показатель	Исследуемая группа (n=27)	Группа контроля (n=129)	P <sub>1</sub>	Группа контроля ПП (n=27)	P <sub>2</sub>
Мужской пол, n (%)	15 (55,6)	78 (60,5)	0,073	12 (44,4)	0,414
Возраст, лет	67,6 $\pm$ 12,9	74,3 $\pm$ 9,8	0,106	73,9 $\pm$ 9,8	0,065
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	29,7 $\pm$ 5,9	30,1 $\pm$ 5,9	0,797	30,3 $\pm$ 5,9	0,701
Гипертоническая болезнь, n (%)	24 (88,9)	124 (96,1)	0,14	26 (96,3)	0,299
Сахарный диабет, n (%)	7 (25,9)	31 (24,0)	0,527	8 (29,6)	0,761
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	9 (33,3)	59 (45,7)	0,263	11 (40,7)	0,573
ТИА/ОНМК, n (%)	3 (11,1)	25 (19,4)	0,19	4 (14,8)	0,685
Непароксизмальная форма ФП, n (%)	17 (63,0)	120 (93,0)	0	24 (88,9)	0,064
ХОБЛ, n (%)	1 (3,7)	13 (10,1)	0,266	1 (3,7)	1
Длительность наблюдения, мес.	64,4 $\pm$ 39,9	75,7 $\pm$ 39,0	0,085	74,6 $\pm$ 37,5	0,339
Желудочковая стимуляция, %	90 [82; 100]	48 [16; 92]	0	56 [28; 92]	0,011
Септальная локализация ПЭ (n)	22 (81,5)	104 (80,6)	0,485	24 (88,9)	0,444
Однокамерный ПЭКС (VVIR) (n)	13 (48,1)	101 (78,3)	0,001	20 (74,1)	0,093
Желудочковая стимуляция $\geq 40\%$ , n (%)	22 (81,5)	-	-	18 (66,7)	0,089

Примечания: ПП - после псевдорандомизации; p<sub>1</sub> и p<sub>2</sub> - достоверность различий исследуемой группы и групп контроля; ТИА - транзиторная ишемическая атака; ОНМК - острое нарушение мозгового кровообращения; ФП - фибрилляция предсердий; ХОБЛ - хроническая обструктивная болезнь легких; ПЭ - правожелудочковый электрод; ПЭКС - постоянный электрокардиостимулятор.

(«Guidant Corporation») диаметром 2,4 мм (7,2 Fr), Tendril ST («St. Jude Medical») диаметром 2 мм (6 Fr).

Консервативное ведение как на стационарном, так и амбулаторном этапе было направлено на получение пациентами оптимальной многокомпонентной медикаментозной терапии как по основному, так и по сопутствующим заболеваниям. В послеоперационном периоде проводилась плановая рутинная оценка работы ПЭКС, интервальная ЭхоКГ. ЭхоКГ-исследования проводились на основании действующих рекомендаций [5] с использованием ультразвуковых диагностических систем (General Electric) Vivid 9, Vivid 7 Pro с датчиками с изменяемой частотой от 1,5/3, до 2,3/4,6 МГц - для торакальных исследований. Прогрессированием ТР считалось увеличение степени недостаточности на 1 и более ступень.

#### Статистический анализ

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью системного пакета IBM® SPSS® Statistics версии 26 (SPSS, Chicago, IL, USA). При анализе результатов была использована псевдорандомизация (propensity score matching, PSM) для выравнивания показателей в группах с целью уменьшения недостатков обсервационных исследований. Для этого использовали логистическую регрессию с подбором пар соответствующих друг другу наблюдений из расчета 1:1 с наиболее близкими значениями индекса соответствия (propensity score, PS). Выравнивание пар наблюдений проводили по ряду факторов, учитывали пол, возраст, индекс массы тела, длительность наблюдения, наличие в анамнезе гипертонической болезни, сахарного диабета, ишемической болезни сердца, транзиторной ишемической атаки и/или острого нарушения мозгового кровообращения, непароксизмальной (персистирующей / постоянной) формы фибрилляции предсердий, хронической обструктивной болезни легких, также учитывались локализация правожелудочкового электрода, тип имплантируемого ПЭКС.

Согласно ряду исследований принято считать значение правожелудочковой стимуляции в 40% пограничным, превышение которого может спровоцировать появление или прогрессирование явлений застойной сердечной недостаточности, прогрессирование ТР, как следствие [6]. Обе группы отличались по абсолютному показателю медианы кумулятивного процента правожелудочковой стимуляции как до, так и после выравнивания пар наблюдений, однако данный параметр в обеих группах превышал известные пороговые значения для любого типа имплантируемых ПЭКС. В связи с чем обе группы были сопоставимы по данному показателю.

Проверку нормальности распределения параметров проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для описания признаков с нормальным распределением использовали среднее арифметическое с указанием стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ), для признаков с отличным от нормального распределения указывали медиану с указанием межквартильного размаха - 25-й и 75-й процентиля. Для описания качественных данных использовали частоты и доли (в %). Данные из совокупностей с нормальным распределением сравнивались с помощью  $t$  - критерия Стьюдента для независимых выборок. Сравнение данных из совокупностей с распределением, отличающимся от нормального, проводилось с применением  $U$ -теста Манна-Уитни и критерия  $\chi^2$  (в ряде случаев применялся точный критерий Фишера). Для зависимых выборок - тест Вилкоксона. Критический уровень статистической значимости при проверке статистических гипотез принимался за 0,05.

Для анализа предикторов появления / прогрессирования ТР была использована множественная логистическая регрессия. В качестве зависимой переменной был определен рост степени недостаточности ТК по данным ЭхоКГ на 1 и более ступень в отдаленном периоде наблюдения. В состав независимых пере-

Таблица 2.

#### Сравнение показателей ЭхоКГ в предоперационном и отдаленном периодах наблюдения

Показатель	Исследуемая группа (n=27)			Группа контроля (n=27)			p*
	ПредОП	ПосОП	p	ПредОП	ПосОП	p	
ФВ, %	57 [53; 66]	60 [53; 65]	0,703	59 [55; 64]	60 [53; 62]	0,622	0,917
КДО, мл	112 [101; 141]	113 [87; 137]	0,153	120 [106; 150]	116 [92; 150]	0,171	0,698
Степень МР	1 [0; 1]	1 [1; 1]	0,035	1 [0; 1]	1 [1; 1]	1,000	0,978
Объем ЛПП, мл	71 [49; 83]	75 [68; 114]	0,005	80 [67; 108]	108 [86; 147]	0,001	0,013
Степень ТР	1 [1; 1]	1 [1; 1]	0,071	1 [0; 1]	1 [1; 2]	0,346	0,144
ФК ТК, мм	35 [29; 35,5]	34 [32; 37]	0,127	35,5 [33; 39]	36 [34; 38]	0,615	0,690
Размер ПЖ, мм	25 [23; 29]	27 [25; 34]	0,001	28 [25; 29]	28 [26; 30]	0,464	0,060
Объем ППП, мл	69 [48; 79]	62 [54; 102]	0,055	75 [52; 83]	81 [55; 115]	0,002	0,421
Градиент ТР, мм рт.ст.	22,1 [20; 29]	28,7 [24; 33]	0,018	22,1 [15; 33]	28 [22; 37]	0,064	0,959
TAPSE, см	20,3 [19; 23]	21 [19; 23]	0,440	20,3 [20,3; 21]	21 [19; 21]	0,474	0,591

Примечание: ПредОП и ПосОП - предоперационный и послеоперационный периоды; p\* - уровень статистической значимости сравнения эхокардиографических показателей в отдаленном послеоперационном периоде; ФВ - фракция выброса (по методу Симпсона); КДО - конечно-диастолический объем (по методу Симпсона); МР - митральная регургитация; ЛПП - левое предсердие; ТР - трикуспидальная регургитация; ФК - фиброзное кольцо (диаметр); ТК - трикуспидальный клапан; ПЖ - правый желудочек; ППП - правое предсердие.



менных были включены: возраст, индекс массы тела, наличие в анамнезе ишемической болезни сердца, непароксизмальной формы ФП, число правожелудочковых электродов, положение электрода (апикальное / септальное).

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

При оценке динамики ЭхоКГ-показателей обеих групп обращает на себя внимание незначительный рост показателей перегрузки левых отделов сердца (степень митральной регургитации и/или объем левого предсердия). Так же отмечалось малое увеличение ПЖ, объема правого предсердия и градиента ТР, косвенно свидетельствующих о объемной перегрузке правых отделов сердца и субпороговом прогрессировании ТР, при этом динамики самого показателя недостаточности ТК не было выявлено. Остальные ультразвуковые показатели не имели различий и находились в пределах возрастной нормы (табл. 2).

В отдаленном послеоперационном периоде показатели ЭхоКГ обеих групп не имели различий и в целом находились в пределах возрастных нормативов, исключение составлял лишь объемный показатель левого предсердия группы контроля, превышающий таковое значение исследуемой группы.

В группе контроля у 62,9% (n=17) пациентов выявлена незначительная ТР, в 29,7% (n=8) случаев диагностированы умеренные показатели, а в 7,4% (n=2) ТР отсутствовала, соответственно. В группе наблюдения в 74,1% случаев (n=20) была диагностирована незначительная степень ТР, в 18,5% (n=5) - умеренные показатели недостаточности, выраженная ТР регистрировалась у 3,7% (n=1) больных, у такого же числа пациентов ТР выявлена не была (3,7% (n=1) (рис. 1).

Методом многофакторной логистической регрессии определен единственный независимый предиктор прогрессирования ТР в послеоперационном периоде - наличие непароксизмальной ФП, которая в свою очередь увеличивает вероятность роста зависимой переменной в 3,8 раза. При этом связь между фактом наличия двух электродов в полости правого желудочка и ростом степени недостаточности ТК не была определена (табл. 3). Также не выявлено связи зависимой переменной с положением стимулирующего электрода в ПЖ (септальным / апикальным).

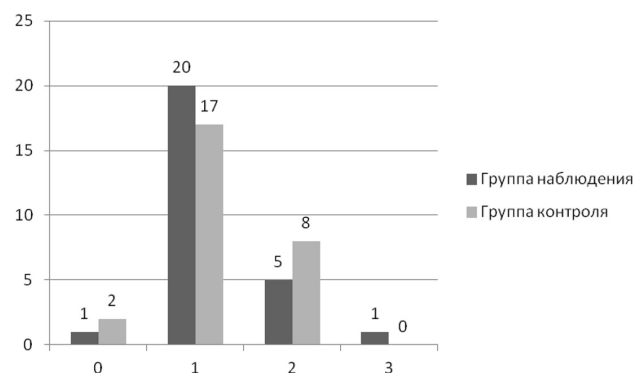
### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТР классифицируют на первичную (органическую, дегенеративную) и вторичную (функциональную). Первичная обусловлена структурным поражением аппарата ТК и наблюдается у 8-10% пациентов [7]. Наиболее часто встречается вторичная ТР, вызванная либо расширением ПЖ вследствие перегрузки объемом или давлением (например, за счет легочной гипертензии, ассоциированной с поражением левых отделов сердца), либо «старческой» дегенерацией кольца ТК, либо изолированным расширением кольца ТК в результате длительно персистирующей ФП [8]. Особую форму представляет ТР, ассоциированная с ИЭУ, которая развивается у 20-30% больных с имплантиро-

ванным правожелудочковым электродом [9]. При этом данный вид недостаточности так же разделяют на первичную и вторичную, первый тип вызывается прямым воздействием электрода на структуры трехстворчатого клапана, вторичная - возникает из-за дилатации правого желудочка (на фоне постоянной кардиостимуляции, сердечной недостаточности).

По результатам ряда недавних мета-анализов, освещающих проблему электрод-ассоциированной ТР, факторами, влияющими на прогрессирование ТР, были определены интерференция створок ТК с электродом и время имплантации ИЭУ с одной стороны [10], и увеличение размеров правого предсердия и женский пол с другой [11]. Значимой разницы между типом имплантированного устройства (ИКД или ПЭКС) и степенью прогрессирования ТР в послеоперационном периоде выявлено не было. Кроме того, в мета-анализе S.Alnaimat et al. (2023) такие, казалось бы, логичные предикторы, как дисфункция ПЖ, давление в легочной артерии, исходная значимая митральная регургитация, фракция выброса левого желудочка, исходная непароксизмальная ФП и возраст пациента не ассоциировались с послеоперационным ростом недостаточности ТК [11].

Важно отметить, что данная проблема у пациентов с несколькими электродами в полости ПЖ не освещается в мета-анализах, да и в целом освещена крайне скупо. Отчасти это может быть связано как с экстракцией «лишних» электродов, так и особенностью данной группы пациентов. Вопросы о необходимости удаления электродов возникают в нескольких ситуациях, в том числе, когда электрод перестает корректно функционировать и его наличие препятствует оптимальному лечению пациента, либо развиваются инфекционные осложнения, связанные с имплантированным устройством [12]. В России ежегодно имплантируется чуть более 40 тыс. устройств, а общее количество пациентов с такими устройствами приближается к 1 млн. (достоверная статистика отсутствует). Из них требует удаления до 5% от общего количества электродов [13]. В выборе решения о трансвенозной экстракции электродов бытует мнение ряда авторов M.S.Silvetti et al. (2008) и L.M.Epstein et al. (2017), что, несмотря на отсутствие рандомизированных контролируемых исследований по экстракции в сравнении с оставленными (не удаленными) электродами, имеющими доказа-



**Рис. 1. Распространенность трикуспидальной регургитации в отдаленном послеоперационном периоде.**

тельную базу когортных исследований, подтверждают утверждение: «потенциальная будущая выгода от удаления электрода перевешивает риски отказа от удаления электрода, и данный отказ следует рассматривать, как «паллиативную процедуру», которая просто откладывает неизбежное удаление электрода в будущем» [14, 15]. При этом трансвенозная экстракция электродов может быть не оправдана у пациентов с плохим прогнозом жизни или у тех пациентов, чьи риски вмешательства явно перевешивают риски отказа от удаления электродов [16]. В таких случаях электрод оставляется в полости сердца и важно понимание, как этот «дополнительный» электрод будет «сосуществовать» с клапанными структурами. Теоретически, прямое вмешательство электрода в процесс смыкания створок ТК должно увеличиваться пропорционально количеству имплантированных в полость ПЖ электродов. Связь числа электродов в ПЖ со степенью возможного прогрессирования ТР отражена в ряде немногочисленных исследований. N.Postaci et al. (1995) [17] показали, что частота прогрессирования ТР превалировала в группе пациентов с двумя правожелудочковыми электродами. В исследовании C.Celiker et al. (2004) общая частота легкой и умеренной ТР не показала существенной разницы между группами (83% в группе пациентов с двумя правожелудочковыми электродами, против 77% в группе с одним) [18]. По сравнению с результатами N.Postaci et al. (1995), в группе с двумя электродами ТР встречалась реже и была менее выражена. Ни в одной из групп не было выявлено значимой ТР и каких-либо существенных различий в функции правого желудочка.

Неоднократно высказываемая идея о связи прогрессирования ТР и правожелудочковой недостаточности с местом стимуляции ПЖ нашла свое отражение в ряде исследований. Следствием апикальной стимуляции является «запоздалое» сокращение папиллярных мышц ПЖ с формированием ТР [9, 19]. Предположение, что ремоделирование ПЖ, дилатация трикуспидального кольца и, как следствие, появление функциональной ТР являются исходом либо систолической диссинхронии в случае апикальной стимуляции, либо прогрессирующего снижения систолической и диастолической функции ЛЖ подтверждается ретроспективным исследованием M.Sadreddini et al. (2014). При этом было выявлено, что степень ТР значительно увеличивается после имплантации двухкамерного ЭКС,

но не прогрессирует на фоне бивентрикулярной стимуляции, что позволяет предположить «подавление» патофизиологических механизмов развития клапанной недостаточности на фоне желудочковой диссинхронии в группе CRT [20]. Напротив, анализ исследования PROTECT-PACE (145 пациентов, из них 76 с апикальной и 69 не апикальной стимуляцией) показал, что через 2 года наблюдения степень ТР увеличивалась, но место стимуляции в ПЖ не ассоциировалось с изменениями ЭхоКГ параметров правых камер сердца [21].

Выбор альтернативной области стимуляции, например области выводного тракта ПЖ, согласно данным ряда авторов [22], является одним из приоритетов. Эксперты считают, что при апикально имплантированных электродах существует больший риск повреждения аппарата ТК, особенно задней створки, в сравнении с электродами, фиксированными в области выводного тракта ПЖ [23, 24]. Однако, в исследовании S.Nemayat et al. (2014), сравнивающем обе стратегии [25], явного влияния области имплантации на прогрессирование ТР выявлено не было. Следует отметить, что стимуляция перегородки ПЖ также далека от физиологической, однако приводит к появлению на ЭКГ более узкого комплекса QRS и может характеризоваться менее отрицательным долгосрочным влиянием на ЭхоКГ и гемодинамические параметры как левого, так и правого желудочка. Несмотря на теоретическое обоснование позиционирования правожелудочкового электрода ПЭКС в межжелудочковую перегородку, данные клинических исследований имеют противоречивые результаты ввиду отсутствия единых критериев по данному аспекту. Считается, что средняя часть МЖП в области септомаргинальной трабекулы может считаться наиболее оптимальной [23].

В обзорной статье F.Akerström et al. (2013) показатель медианы кумулятивного процента правожелудочковой стимуляции в 40% признан пороговым значением, увеличение которого может способствовать прогрессированию сердечной недостаточности и, как следствие, росту ТР [6]. Тем не менее, встречаются исследования, в которых высокий процент правожелудочковой стимуляции не коррелирует с прогрессированием ТР [26, 27]. В нашем исследовании 2019 г. оценивались последствия кратковременной активной правожелудочковой стимуляции (60-90 минут), при этом ее острого влияния на функции правых камер

сердца и степень ТР выявлено не было [28]. Другим механизмом электрод-связанной ТР, является фиброзная и воспалительная реакция на инородное тело. Хронический повторяющийся контакт между электродами устройства и створками или хордальными структурами приводит к образованию неознокарда и развитию фибриновой оболочки, которая может распространяться по всему ходу электрода. Это приводит к

### **Предикторы прогрессирования ТР: результаты множественной логистической регрессии**

	В	Значимость	Exp (В)	95% ДИ
Возраст	0,005	0,797	1,005	0,970-1,041
Индекс массы тела	-0,024	0,446	0,977	0,919-1,038
Ишемическая болезнь сердца	0,123	0,730	1,131	0,562-2,279
Группа*	0,489	0,349	1,631	0,586-4,544
Положение электрода	-0,066	0,882	0,936	0,390-2,246
Непароксизмальная ФП	1,341	0,025	3,824	1,179-12,401
Константа	-0,902	0,627	0,406	-

Примечание: \* - наблюдения или контроля.

**Таблица 3.**

его инкапсуляции, возможной адгезии к створкам и хордальному аппарату, с последующей их малькоап- тацией [29]. Стоит отметить, что подобного рода на- рушение функции клапана проявляется значительным ростом ТР в послеоперационном периоде и, как пра- вило, требует хирургической коррекции сформировав- шегося порока.

Разумным было бы упомянуть тот факт, что ТР встречается у 70-90% представителей общей популя- ции, не обязательно носителей ИЭУ. Демографическое старение населения, т.е. увеличение числа пожилых людей в общей численности населения, как во всем мире, так и в Российской Федерации, в частности, остаются одной из наиболее важных проблем совре- менного общества [30]. Распространенность выражен- ной или тяжелой ТР увеличивается с возрастом и до- стигает 4% у пациентов 75 лет и старше [31]. Другими словами, появление и прогрессирование ТР является закономерным процессом возрастной деградации кар- диальных структур, и она не всегда прямо или опосре- дованно связана с ИЭУ.

Результаты нашего исследования схожи с данны- ми исследовательских групп N.Postaci et al. (1995) и C.Celiker et al. (2004), т.е. значимого роста ТР в группе с двумя электродами не определялось. Так же не выяв- лено и влияния области стимуляции ПЖ на изменение исследуемого показателя. Однако, рост ТР и ряда ли- нейных и объемных показателей в послеоперационном периоде обеих групп наблюдения наиболее вероятен из-за «нагрузки» (бремени) ФП. Данное утверждение лежит в основе исследования M.F.Dietz et al. (2020) [8]

и соотносится с полученными нами результатами. Не- смотря на это, нормальный диапазон ультразвуковых показателей позволяют предположить, что данные из- менения не вызывают значительной гемодинамической перегрузки на данном этапе наблюдения пациентов.

### Ограничения исследования

Ограничения нашего исследования включают обычные недостатки ретроспективного исследования. Отобранная группа пациентов ограничена одним цен- тром, что не позволяет избежать смещения выборки. Интервалы между ЭхоКГ-исследованиями носили ва- риабельный характер. Следовательно, хронологически структурные и функциональные изменения в камерах и структурах сердца, не могли быть полностью оценены, что, безусловно, требует проспективного наблюдения. К тому же, в этом исследовании отсутствуют данные 3D-ЭхоКГ, что не дает возможности определить точный механизм прогрессирования ТР, а истинная тяжесть клапанной недостаточности после имплантации ПЭКС могла быть недооценена. Оставляет вопросы и разница в определении факта прогрессирования недостаточно- сти ТК в различных исследованиях, в силу чего могут возникать расхождения итоговых результатов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с двумя правожелудочковыми элек- тродами ТР и функция правых отделов сердца значимо не меняются в отдаленном периоде наблюдения. Веду- щим фактором, влияющим на прогрессирование ТР в отдаленном периоде наблюдения определен анамнез непароксизмальной формы ФП.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Haydock P, Camm AJ. History and evolution of pacing and devices. *Heart*. 2022;108(10): 794-799. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2021-320149>.
2. Chorin E, Rozenbaum Z, Topilsky Y, et al. Tricuspid regurgitation and long-term outcomes. *European Heart Journal: Cardiovascular Imaging*. 2020;21: 157-165. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jez216>.
3. Ревিশвили АШ, Бойцов СА, Давтян КВ, и др. Клинические рекомендации по проведению электрофизиологических исследований, катетерной абляции и применению имплантируемых антиаритмических устройств. Новая редакция. 2017. Москва. с. 17-42. [Revishvili AS, Bojcov SA, Davtyan KV, et al. Clinical guidelines for the electrophysiologic studies, catheter ablation and the use of implantable antiarrhythmic devices. The new edition. 2017. Moscow; p. 17-42. (In Russ.)]. ISBN 978-5-9500922-0-6
4. Глумсков АБ, Дурманов СС, Базылев ВВ. Постоянный правожелудочковый электрод и его влияние на функцию трикуспидального клапана. *Вестник аритмологии*. 2018;93: 17-23. [Glumskov AB, Durmanov SS, Bazilev VV et al. Permanent right ventricular lead and its effect on the function of the tricuspid valve. *Journal of Arrhythmology*. 2018;93: 17-23. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25760/VA-2018-93-17-23>.
5. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal: Cardiovascular Imaging*. 2015;16(3): 233-70. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>.
6. Akerström F, Arias MA, Pachón M, et al. The importance of avoiding unnecessary right ventricular pacing in clinical practice. *World J Cardiol*. 2013;5(11): 410-419. <https://doi.org/10.4330/wjc.v5.i11.410>.
7. Arsalan M, Walther T, Smith RL, et al. Tricuspid regurgitation diagnosis and treatment. *European Heart Journal*. 2017;38: 634-638. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv487>.
8. Dietz MF, Goedemans L, Vo NM, et al. Prognostic Implications of Significant Isolated Tricuspid Regurgitation in Patients With Atrial Fibrillation Without Left-Sided Heart Disease or Pulmonary Hypertension. *Am J Cardiol*. 2020;135: 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.08.034>.
9. Ilescu S, Voroneanu L, Covic AM, et al. Tricuspid Regurgitation Associated with Implantable Cardiac Devices: A Double-Edged Sword. *J Clin Med*. 2024;13(18): 5543. <https://doi.org/10.3390/jcm13185543>.
10. Zhang XX, Wei M, Xiang R, et al. Incidence, Risk Factors, and Prognosis of Tricuspid Regurgitation After Cardiac Implantable Electronic Device Implantation: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(6): 1741-1755. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.06.025>.



11. Alnaimat S, Doyle M, Krishnan K, et al. Worsening tricuspid regurgitation associated with permanent pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator implantation: A systematic review and meta-analysis of more than 66,000 subjects. *Heart Rhythm*. 2023;20(11): 1491-1501. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2023.07.064>.
12. Halperin JL, Levine GN, Al-Khatib SM, et al. Further evolution of the ACC/AHA Clinical Practice Guideline Recommendation Classification System: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 67(13): 1572-4. PMID: 26409257. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.001>
13. Сапельников ОВ, Куликов АА, Черкашин ДИ и др. Удаление электродов имплантированных систем. Состояние проблемы. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019;23(4): 47-52. [Sapelnikov OV, Kulikov AA, Cherkashin DI, et al. Removal of electrodes of implanted systems. The state of the problem. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2019;23(4): 47-52. (In Russ.)]. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-47-52>.
14. Epstein LM, Maytin M. Strategies for transvenous lead extraction procedures. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2017;8: 2702-16. <https://doi.org/10.19102/icrm.2017.080502>.
15. Silvetti MS, Drago F. Outcome of young patients with abandoned, nonfunctional endocardial leads. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008;31: 473-9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2008.01017.x>.
16. Wazni O, Epstein L, Carrillo RG, et al. Lead extraction in the contemporary setting: the LExIcon study: an observational retrospective study of consecutive laser lead extractions. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(6): 579-86. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.08.070>.
17. Postaci N, Eks JI, Bayata S, et al. Effect of the number of ventricular leads on right ventricular hemodynamics in patients with permanent pacemaker. Effect of the number of ventricular leads on right ventricular hemodynamics in patients with permanent pacemaker. *Angiology*. 1995;46(5): 421-4.
18. Celiker C, Küçükoglu MS, Arat-Ozkan A, et al. Right ventricular and tricuspid valve function in patients with two ventricular pacemaker leads. *Jpn Heart J*. 2004;45(1): 103-8. <https://doi.org/10.1536/jhj.45.103>.
19. Mazine A, Bouchard D, Moss E, et al. Transvalvular pacemaker leads increase the recurrence of regurgitation after tricuspid valve repair. *Ann Thorac Surg*. 2013;96(3): 816-22. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.04.100>.
20. Sadreddini M, Haroun MJ, Buikema L, et al. Tricuspid valve regurgitation following temporary or permanent endocardial lead insertion, and the impact of cardiac resynchronization therapy. *Open Cardiovasc Med J*. 2014;31: 113-20.
21. Saito M, Iannaccone A, Kaye G, et al. Effect of Right Ventricular Pacing on Right Ventricular Mechanics and Tricuspid Regurgitation in Patients with High-Grade Atrioventricular Block and Sinus Rhythm (from the Protection of Left Ventricular Function during Right Ventricular Pacing Study). *Am J Cardiol*. 2015;116: 1875-82.
22. Tse HF, YuC, Wong KK, et al. Functional abnormalities in patients with permanent right ventricular pacing: the effect of sites of electrical stimulation. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(8): 1451-8.
23. Al-Bawardy R, Krishnaswamy A, Bhargava M, et al. Tricuspid regurgitation in patients with pacemakers and implantable cardiac defibrillators: a comprehensive review. *Clin Cardiol*. 2013;36(5): 249-54. <https://doi.org/10.1002/clc.22104>.
24. Yu YJ, Chen Y, Lau CP, et al. Nonapical Right Ventricular Pacing Is Associated with Less Tricuspid Valve Interference and Long-Term Progress of Tricuspid Regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(11): 1375-1383. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.06.014>.
25. Hemayat S, Shafiee A, Oraii S, et al. Development of mitral and tricuspid regurgitation in right ventricular apex versus right ventricular outflow tract pacing. *J Interv Card Electrophysiol*. 2014;40: 81-6.
26. Al-Bawardy R, Krishnaswamy A, Rajeswaran J, et al. Tricuspid regurgitation and implantable devices. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2015;38(2): 259-66.
27. Fanari Z, Hammami S, Hammami MB, et al. The effects of right ventricular apical pacing with transvenous pacemaker and implantable cardioverter defibrillator on mitral and tricuspid regurgitation. *J Electrocardiol*. 2015;48: 791-7.
28. Глумсков АБ, Дурманов СС, Базылев ВВ. Острое влияние активной правожелудочковой стимуляции на степень трикуспидальной регургитации и сократимости правого желудочка у пациентов с синдромом слабости синусного узла, независимо от явления механической интерференции. *Анналы аритмологии*. 2019;16(4): 217-225. [Glumskov AB, Durmanov SS, Bazylev VV. The effect of active right ventricular pacing on tricuspid regurgitation grade and right ventricular contractility in patients with sick sinus syndrome regardless of the mechanical interference to the valve by the electrode. *Annaly aritmologii*. 2019;16(4): 217-225. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15275/annaritm.2019.4.4>.
29. Taira K, Suzuki A, Fujino A, et al. Tricuspid valve stenosis related to subvalvular adhesion of pacemaker lead: a case report. *J Cardiol*. 2006;47(6): 301-6.
30. Шабунова АА, Барсуков ВН. Тенденции демографического старения населения Российской Федерации и пути их преодоления. *Проблемы развития территории* 2015;1(75): 76-87. [Shabunova AA, Barsukov VN. Trends in demographic ageing of population of the Russian Federation and ways of overcoming them. *Problems of Territory's Development*. 2015;1(75): 76-87). (In Russ.)].
31. Topilsky Y, Maltais S, Medina Inojosa J, et al. Burden of Tricuspid Regurgitation in Patients Diagnosed in the Community Setting. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2019;12: 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.06.014>.