

# Постоянная электрокардиостимуляция после транскатетерной имплантации самораскрывающихся биопротезов аортального клапана: данные одноцентрового регистра

Для корреспонденции: Алексей Алексеевич Баранов, [ivrach@icloud.com](mailto:ivrach@icloud.com)

Поступила в редакцию 19 марта 2022 г.  
Исправлена 18 апреля 2022 г.  
Принята к печати 19 апреля 2022 г.

## Цитировать:

Баранов А.А., Крестьянинов О.В., Хелимский Д.А., Бадоян А.Г., Ибрагимов Р.У., Горгулько А.П., Манукян С.Н., Зайнобидинов Ш.Ш. Постоянная электрокардиостимуляция после транскатетерной имплантации самораскрывающихся биопротезов аортального клапана: данные одноцентрового регистра. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2022;26(3):50-63. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-3-50-63>

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Вклад авторов

Концепция и дизайн: все авторы  
Сбор и анализ данных: А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян  
Статистическая обработка данных: А.А. Баранов, А.Г. Бадоян, Д.А. Хелимский  
Написание статьи: все авторы  
Исправление статьи: все авторы  
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

## ORCID ID

А.А. Баранов, <https://orcid.org/0000-0002-2320-2233>  
О.В. Крестьянинов, <https://orcid.org/0000-0001-5214-8996>  
Д.А. Хелимский, <https://orcid.org/0000-0001-5419-913X>

А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян, Р.У. Ибрагимов, А.П. Горгулько, С.Н. Манукян, Ш.Ш. Зайнобидинов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

## Аннотация

**Актуальность.** Транскатетерная имплантация аортального клапана эффективна и безопасна для пациентов с выраженным аортальным стенозом, имеющих высокий хирургический риск. Одно из наиболее часто диагностируемых осложнений процедуры — послеоперационная полная атриовентрикулярная блокада, которая в большинстве случаев требует имплантации постоянного электрокардиостимулятора.

**Цель.** Выявить независимые предикторы постоянной электрокардиостимуляции после эндопротезирования аортального клапана.

**Методы.** В ретроспективное исследование включили 336 пациентов, которым в период с 2015 по 2021 г. выполнили транскатетерную имплантацию саморасширяющегося биопротеза аортального клапана. После процедуры 28 пациентам (8,3 %) потребовалась имплантация постоянного электрокардиостимулятора. Из исследования исключили лиц с ранее имплантированным электрокардиостимулятором, хирургическим протезированием и эндопротезированием аортального клапана в анамнезе, а также больных, перенесших конверсию эндоваскулярного вмешательства в «открытое».

**Результаты.** Средний возраст пациентов составил  $75,4 \pm 7,4$  года. Больные в группе электрокардиостимуляции значительно чаще имели сахарный диабет (50,0 против 28,6 %,  $p = 0,03$ ), исходную полную блокаду правой ножки пучка Гиса (32,1 против 3,9 %,  $p < 0,05$ ) и меньший размер мембранозной перегородки ( $5,5 \pm 2,2$  против  $6,9 \pm 1,8$  мм,  $p < 0,05$ ). По остальным клинико-демографическим и инструментальным характеристикам исследуемые группы сопоставимы. Статистически значимых различий по основным процедурным осложнениям не выявили. Независимыми предикторами постоянной электрокардиостимуляции после эндопротезирования аортального клапана являются исходная полная блокада правой ножки пучка Гиса [отношение шансов 21,01, 95% доверительный интервал 5,86–75,42,  $p = 0,001$ ], глубина имплантации биопротеза [отношение шансов 1,42, 95% доверительный интервал 1,16–1,74,  $p = 0,001$ ] и длина мембранозной перегородки [отношение шансов 0,7, 95% доверительный интервал 0,50–0,95,  $p = 0,02$ ].

**Заключение.** Частота имплантации постоянного электрокардиостимулятора после эндопротезирования аортального клапана зависит от ряда исходных клинических факторов, процедурных аспектов и послеоперационных нарушений проводимости. В настоящем регистре ча-

А.Г. Бадоян, <https://orcid.org/0000-0003-4480-2585>  
Р.У. Ибрагимов, <https://orcid.org/0000-0002-3866-123X>  
А.П. Горгулько, <https://orcid.org/0000-0002-1011-3397>  
С.Н. Манукян, <https://orcid.org/0000-0002-7083-2297>  
Ш.Ш. Зайнобидинов, <https://orcid.org/0000-0003-3235-3364>



© Баранов А.А., Крестьянинов О.В., Хелимский Д.А., Бадоян А.Г.,  
Ибрагимов Р.У., Горгулько А.П., Манукян С.Н., Зайнобидинов Ш.Ш.,  
2022

стота постоянной электрокардиостимуляции после транскатетерной имплантации аортального клапана составила 8,3 % (28 пациентов); независимыми предикторами имплантации постоянного электрокардиостимулятора являлись исходная полная блокада правой ножки пучка Гиса, глубина имплантации биопротеза и длина мембранозной части межжелудочковой перегородки.

**Ключевые слова:** аортальный стеноз; атриовентрикулярная блокада; транскатетерная имплантация аортального клапана; электрокардиостимулятор

## Введение

Дегенеративный стеноз аортального клапана (АК) — наиболее распространенный приобретенный порок сердца среди лиц пожилого и старческого возраста. Частота аортального стеноза в общей популяции составляет 3–4 %, а среди лиц старше 70 лет — 7–8 % [1]. Транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК) — эффективная и безопасная процедура для пациентов с выраженным аортальным стенозом, имеющих высокий хирургический риск [2; 3]. Более того, результаты последних исследований позволили расширить показания к эндопротезированию АК для пациентов низкого и промежуточного хирургического риска [4–7].

Разработка биопротезов нового поколения, усовершенствование систем их доставки способствуют снижению частоты репротезирования АК, парапротезной регургитации и сосудистых осложнений. Тем не менее одним из наиболее часто диагностируемых осложнений ТИАК остается послеоперационная полная атриовентрикулярная блокада, в большинстве случаев требующая имплантации постоянного электрокардиостимулятора (ЭКС) [8; 9]. Цель исследования — выявить независимые предикторы имплантации постоянного ЭКС после эндопротезирования аортального клапана.

## Методы

В ретроспективное исследование включили 336 пациентов, которым выполнили транскатетерную имплантацию саморасширяющегося биопротеза АК в период с 2015 по 2021 г. Лица, которым после эндопротезирования АК имплантировали постоянный ЭКС, составили 1-ю группу ( $n = 28$ ), пациенты, которым такая имплантация не потребовалась, — 2-ю группу ( $n = 308$ ). Из исследования

исключили лиц с ранее имплантированным ЭКС, трансапикальным хирургическим доступом, хирургическим протезированием и эндопротезированием АК в анамнезе, а также конверсией эндоваскулярного вмешательства в «открытое».

Всем пациентам до и после процедуры выполняли эхокардиографию: определяли пиковый и средний градиенты АК, эффективную площадь отверстия АК, индексированную площадь отверстия АК и степень аортальной регургитации. Оценивали морфофункциональные параметры миокарда левого желудочка: фракцию выброса и массу миокарда. Гемодинамически выраженный аортальный стеноз определяли в соответствии с критериями, отмеченными в действующих клинических рекомендациях Европейского общества кардиологов (англ. European Society of Cardiology) / Европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (англ. European Association for Cardio-Thoracic Surgery) по лечению клапанной болезни сердца: 1) средний градиент  $\geq 40$  мм рт. ст. или 2) пиковая скорость  $\geq 4,0$  м/с [10].

Всем больным провели стандартизированную (10 мм = 1 мВ, 25 мм/с) электрокардиографию в 12 отведениях до и после операции с последующим ретроспективным анализом данных. Оценивали частоту сердечных сокращений, продолжительность интервалов PQ и QRS, наличие и тип атриовентрикулярной блокады, а также тип блокады ножек пучка Гиса.

До процедуры всем пациентам выполнили мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ), по результатам которой определили линейные размеры клапана (диаметр и периметр фиброзного кольца), высоту устьев коронарных артерий до фиброзного кольца АК, угол корня аорты, длину мембранозной части межжелудочковой

Табл. 1. Клинико-демографические характеристики пациентов

Показатель	Пациенты			p	
	Всего, n = 336	1-я группа, n = 28	2-я группа, n = 308		
Возраст, лет	75,4 ± 7,4	73,9 ± 6,6	75,6 ± 7,4	0,24	
Женский пол, n (%)	210 (62,5)	19 (67,9)	191 (62)	0,68	
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	30,4 ± 6,3	32,3 ± 6,1	30,3 ± 6,3	0,11	
Сахарный диабет, n (%)	102 (30,4)	14 (50)	88 (28,6)	<b>0,03</b>	
Гиперлипидемия, n (%)	149 (44,3)	15 (53,6)	134 (43,5)	0,33	
Курение, n (%)	31 (9,2)	3 (10,7)	28 (9,1)	0,73	
Гипертоническая болезнь, n (%)	314 (93,5)	26 (92,9)	288 (93,5)	0,7	
Анемия*, n (%)	62 (18,5)	7 (25)	55 (17,9)	0,32	
Функциональный класс сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов, n (%)	I	0 (0)	0 (0)	1,0	
	II	59 (17,5)	6 (21,4)	53 (17,2)	0,6
	III	272 (81)	22 (78,6)	250 (81,2)	0,8
	IV	5 (1,5)	0 (0)	5 (1,6)	1,0
Фибрилляция предсердий, n (%)	87 (25,9)	7 (25)	80 (26)	1,0	
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	81 (24,1)	6 (21,4)	75 (24,4)	0,82	
Поражение периферических артерий, n (%)	103 (30,7)	9 (32,1)	94 (30,5)	0,83	
Цереброваскулярные заболевания, n (%)	108 (32,1)	9 (32,1)	99 (32,7)	1,0	
Хронические заболевания легких, n (%)	36 (10,7)	2 (7,1)	34 (11)	0,75	
Онкопатология в анамнезе, n (%)	38 (11,3)	2 (7,1)	36 (11,7)	0,75	
Стеноз коронарных артерий > 50 %, n (%)	76 (22,6)	6 (21,4)	70 (22,7)	1,0	
Предшествующее вмешательство на коронарных артериях, n (%)	АКШ	27 (8)	4 (14,3)	23 (7,5)	0,26
	ЧКВ	135 (40,2)	10 (35,7)	125 (40,6)	0,69
Баллонная вальвулопластика аортального клапана в анамнезе, n (%)	23 (6,8)	3 (10,7)	20 (6,5)	0,42	
Скорость клубочковой фильтрации**, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	67,7 ± 16,2	70,4 ± 17,8	67,5 ± 16,1	0,37	
EuroScore II	6,4 ± 5,2	6,0 ± 4,8	6,5 ± 5,2	0,62	
STS-PROM	3,3 ± 1,9	2,7 ± 1,5	3,3 ± 1,9	0,11	

Примечание. АКШ — аортокоронарное шунтирование; ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство; EuroScore II — англ. European System for Cardiac Operative Risk Evaluation, Европейская система оценки риска кардиохирургических вмешательств; STS-PROM — англ. Society of Thoracic Surgeons Predicted Risk Of Mortality, шкала оценки хирургического риска Общества торакальных хирургов; \* — показатель определен в соответствии с критериями Всемирной организации здравоохранения на основании уровня гемоглобина и/или эритроцитов, гематокрита; \*\* — показатель рассчитан с помощью уравнения, разработанного Сотрудничеством по эпидемиологии хронического заболевания почек (англ. Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration, CKD-EPI). Данные представлены как M ± SD или как n (%).

перегородки, а также наличие и тип двухстворчатого АК по Н.-Н. Sievers и соавт. [11]. На основании исходных данных МСКТ и интраоперационной аортографии определяли такие показатели, как Δ индекс (длина мембранозной перегородки (МП) – глубина имплантации биопротеза) и индекс отношения длины МП к глубине имплантации биопротеза. Качественный анализ длины МП был доступен у 222 пациентов (66,1 %). МП определяли как самую тонкую часть межжелудочковой перегородки в проекции визуализации трех синусов АК, ее длина соответствовала перпендикуляру, соединяющему плоскость фиброзного кольца с вершиной мышечной части межжелудочковой перегородки [12].

Хирургический риск оценивали с помощью шкал EuroScore II (англ. European System for Cardiac

Operative Risk Evaluation, Европейская система оценки риска кардиохирургических вмешательств) и STS score (англ. Society of Thoracic Surgeons score, шкала оценки операционного риска Общества торакальных хирургов) [13; 14]. В качестве сосудистого доступа во всех случаях использовали бедренную артерию. Ангиографический контроль позиционирования биопротеза осуществляли через лучевую артерию с применением диагностического катетера PigTail. Для временной электрокардиостимуляции позиционировали временный электрод в полости правого желудочка либо проводник в полости левого желудочка. Решение о постдилатации имплантированного биопротеза базировали на данных интраоперационной ангиографии и эхокардиографии.

**Табл. 2.** Исходные эхокардиографические и электрокардиографические характеристики пациентов

Показатель	Пациенты			P	
	Всего, n = 336	1-я группа, n = 28	2-я группа, n = 308		
<b>Эхокардиографические характеристики</b>					
Фракция выброса левого желудочка, %	57,8 ± 12,8	57,9 ± 10,8	57,7 ± 13,0	0,94	
Пиковый градиент давления на аортальном клапане, мм рт. ст.	93,1 ± 23,8	97,0 ± 28,4	92,8 ± 23,4	0,37	
Средний градиент давления на аортальном клапане, мм рт. ст.	55,5 ± 15,7	56,4 ± 18,2	55,4 ± 15,4	0,75	
Эффективная площадь отверстия аортального клапана, см <sup>2</sup>	0,9 ± 0,3	0,8 ± 0,3	0,9 ± 0,3	0,09	
Индексированная площадь отверстия аортального клапана, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1,0	
Аортальная регургитация, n (%)	0–1-й степени	290 (86,3)	26 (92,9)	264 (85,7)	0,39
	2-й степени	41 (12,2)	2 (7,1)	39 (12,7)	0,55
	3-й степени	1 (0,3)	0 (0)	1 (0,3)	1,0
Митральная регургитация, n (%)	0–1-й степени	234 (69,6)	21 (75)	213 (69,2)	0,67
	2-й степени	89 (26,5)	6 (21,4)	83 (26,9)	0,66
	3-й степени	9 (2,7)	1 (3,6)	8 (2,6)	0,55
Толщина межжелудочковой перегородки, мм	1,9 ± 1,5	1,8 ± 0,4	1,9 ± 1,5	0,73	
Масса миокарда левого желудочка, г	326,7 ± 88,1	334,0 ± 84,6	325,9 ± 88,5	0,64	
Индексированная масса миокарда левого желудочка, г/м <sup>2</sup>	175,7 ± 48,0	171,4 ± 43,8	176,1 ± 48,4	0,62	
Максимальное давление в легочной артерии, мм рт. ст.	42,5 ± 12,0	40,3 ± 12,2	42,7 ± 12,0	0,31	
<b>Электрокардиографические характеристики</b>					
Частота сердечных сокращений, уд./мин	74,0 ± 15,8	68,3 ± 8,2	74,6 ± 16,3	<b>0,04</b>	
Частота сердечных сокращений < 50 уд./мин, n (%)	3 (0,9)	0 (0)	3 (0,9)	1,0	
Интервал PQ, мс	179,2 ± 29,4	182,0 ± 32,0	178,9 ± 29,1	0,59	
Интервал QRS, мс	102,9 ± 25,9	109,3 ± 26,2	102,3 ± 25,9	0,17	
Блокада ножек пучка Гиса, n (%)	ПБЛНПГ	29 (8,6)	1 (3,6)	28 (9,1)	0,49
	БПВЛНПГ	36 (10,7)	4 (14,3)	32 (10,4)	0,52
	ПБПНПГ	21 (6,3)	9 (32,1)	12 (3,9)	<b>&lt; 0,05</b>
	НБПНПГ	27 (8)	1 (3,6)	26 (8,4)	0,71
Атриовентрикулярная блокада, n (%)	I степени	30 (8,9)	5 (17,9)	25 (8,1)	0,09
	II степени	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1,0

*Примечание.* ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса; БПВЛНПГ — блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса; ПБПНПГ — полная блокада правой ножки пучка Гиса; НБПНПГ — неполная блокада правой ножки пучка Гиса. Данные представлены как M ± SD или как n (%).

Окончательную глубину имплантации биопротеза ретроспективно оценивали на основе ангиограммы перед высвобождением клапана или на контрольной аортографии. Этот параметр определяли как расстояние в мм от основания некоронарной створки АК до нижнего края биопротеза, расположенного вблизи данной анатомической области. Показания для имплантации постоянного ЭКС в послеоперационном периоде основывали на действующих клинических рекомендациях «Брадиаритмии и нарушения проводимости» [15].

Исследование соответствует принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

#### Статистический анализ

Количественные данные представлены в виде среднего значения ± среднеквадратическое отклонение, качественные — абсолютного количества и долей в процентах от общего. При межгрупповом сравнении количественных данных применяли параметрический t-критерий Стьюдента для

**Табл. 3.** Исходные данные мультиспиральной компьютерной томографии

Показатель	Пациенты			P	
	Всего, n = 336	1-я группа, n = 28	2-я группа, n = 308		
Средний диаметр фиброзного кольца аортального клапана, мм	24,0 ± 2,3	23,8 ± 2,2	24,0 ± 2,3	0,66	
Периметр аортального клапана, мм	76,1 ± 7,2	75,4 ± 7,7	76,1 ± 7,2	0,62	
Угол корня аорты, °	47,8 ± 7,9	48,3 ± 8,1	47,8 ± 7,9	0,75	
Высота устья левой коронарной артерии, мм	13,7 ± 3,1	14,3 ± 2,8	13,6 ± 3,1	0,25	
Высота устья правой коронарной артерии, мм	16,4 ± 3,6	17,1 ± 3,7	16,3 ± 3,6	0,26	
Диаметр восходящей аорты, мм	33,8 ± 3,8	35,1 ± 3,6	33,7 ± 3,8	0,06	
Кальциноз выходного тракта левого желудочка, n (%)	28 (8,3)	2 (7,1)	26 (8,4)	1,0	
Двухстворчатый аортальный клапан, n (%)	Врожденный	0 (0)	4 (1,3)	1,0	
	Функциональный	19 (5,7)	2 (7,1)	17 (5,5)	0,67
Тип бicuspidализации аортального клапана, n (%)	0	0 (0)	4 (1,3)	1,0	
	1	18 (5,4)	2 (7,1)	16 (5,2)	0,65
	2	1 (0,3)	0 (0)	1 (0,3)	1,0
Длина мембранозной перегородки, мм	6,8 ± 1,9	5,5 ± 2,2	6,9 ± 1,8	<b>&lt; 0,05</b>	
Длина мембранозной перегородки < 2 мм, n (%)	2 (0,6)	1 (3,6)	1 (0,3)	1,0	
Длина мембранозной перегородки < 5 мм, n (%)	37 (11)	10 (35,7)	27 (8,8)	<b>&lt; 0,05</b>	

Примечание. Данные представлены как M ± SD или как n (%).

несвязанных выборок. Сравнение двух групп по качественным номинальным показателям проводили с помощью точного критерия Фишера. Различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

Для определения предикторов необходимости в имплантации постоянного ЭКС проводили одно- и многофакторный регрессионные анализы, в которых независимыми переменными выступали различные исходные клинические, инструментальные и процедурные характеристики. В многофакторный анализ включали переменные с уровнем статистической значимости не более 0,2 по результатам однофакторного регрессионного анализа. Данные возможные предикторы вводили в многофакторный анализ с помощью метода пошагового включения (Forward:LR). Статистическую обработку данных выполняли с применением пакета программ SPSS Statistics 25 (IBM, Армонк, США).

## Результаты

Клинико-демографические характеристики пациентов представлены в табл. 1. Средний возраст больных составил  $75,4 \pm 7,4$  года. В 1-й группе значимо чаще отмечали сахарный диабет (50,0 против 28,6 %,  $p = 0,03$ ), по остальным клинико-демографическим показателям исследуемые группы сопоставимы.

Исходные эхокардиографические и электрокардиографические характеристики пациентов пред-

ставлены в табл. 2. Большинство больных в обеих группах имели сохранную фракцию выброса левого желудочка ( $57,8 \pm 12,8$  %), а также выраженную гипертрофию миокарда левого желудочка со средней массой миокарда левого желудочка  $326,7 \pm 88,1$  г. В 1-й группе отмечали более низкую исходную частоту сердечных сокращений в сравнении со 2-й ( $68,3 \pm 8,2$  и  $74,6 \pm 16,3$  уд./мин соответственно,  $p = 0,04$ ). Также в 1-й группе статистически значимо преобладала полная блокада правой ножки пучка Гиса (32,1 против 3,9 %,  $p < 0,05$ ).

Исходные данные МСКТ представлены в табл. 3. Средний диаметр фиброзного кольца АК составил  $24,0 \pm 2,3$  мм. В 1-й группе отмечали значимо меньшие показатели длины МП в сравнении со 2-й ( $5,5 \pm 2,2$  и  $6,9 \pm 1,8$  мм соответственно,  $p < 0,05$ ). Как следствие, длину МП менее 5 мм также чаще фиксировали в 1-й группе (35,7 против 3,4 %,  $p < 0,05$ ).

Процедурные характеристики отражены в табл. 4. В 1-й группе статистически значимо чаще имплантировали биопротез CoreValve (Medtronic, Миннеаполис, США) 1-го поколения (67,9 против 46,4 %,  $p = 0,04$ ), во 2-й группе чаще применяли биопротез Acurate Neo (BostonScientific, Мальборо, США) (26,3 против 7,1 %,  $p = 0,02$ ). Наиболее частым размером имплантируемого биопротеза был 29 мм: 116 пациентов (34,5 %). Более глубокую имплантацию биопротеза отмечали в 1-й группе:  $6,9 \pm 2,5$  мм против  $5,1 \pm 2,5$  мм во 2-й ( $p < 0,05$ ). Интегральный показатель  $\Delta$  индекс, отражаю-

Табл. 4. Процедурные характеристики исследуемых групп

Показатель		Пациенты			p
		Всего, n = 336	1-я группа, n = 28	2-я группа, n = 308	
Тип имплантируемого биопротеза аортального клапана, n (%)	CoreValve	162 (48,2)	19 (67,9)	143 (46,4)	<b>0,04</b>
	CoreValve Evolute R	91 (27,1)	7 (25)	84 (27,3)	1,0
	Acurate Neo	83 (24,7)	2 (7,1)	81 (26,3)	<b>0,02</b>
Размер имплантируемого биопротеза, n (%)	23 мм	16 (4,8)	0 (0)	16 (5,2)	0,38
	25 мм	42 (12,5)	2 (7,1)	40 (13)	0,55
	26 мм	67 (20)	9 (32,1)	58 (18,8)	0,13
	27 мм	32 (9,5)	0 (0)	32 (10,4)	0,09
	29 мм	116 (34,5)	12 (43)	104 (33,8)	0,41
	31 мм	30 (8,9)	2 (7,1)	28 (9,1)	1,0
	34 мм	33 (9,8)	3 (10,7)	30 (9,7)	0,75
Средний размер имплантируемого биопротеза, мм		28,1 ± 2,8	28,4 ± 2,6	28,1 ± 2,8	0,59
Бедренный хирургический доступ, n (%)		336 (100)	28 (100)	308 (100)	1,0
Баллонная преддилатация, n (%)		242 (72)	21 (75)	221 (71,8)	0,83
Размер баллона для преддилатации, мм		21,9 ± 2,0	21,7 ± 2,1	21,9 ± 1,9	0,59
Глубина имплантации биопротеза, мм		5,3 ± 2,5	6,9 ± 2,5	5,1 ± 2,5	<b>&lt; 0,05</b>
Δ индекс, мм		-1,08 ± 4,20	-1,1 ± 4,2	1,8 ± 3,0	<b>&lt; 0,05</b>
Длина мембранозной перегородки / глубина имплантации биопротеза		1,1 ± 0,9	1,1 ± 0,9	3,0 ± 6,6	0,13
Баллонная постдилатация, n (%)		161 (47,9)	13 (46,4)	148 (48,1)	1,0
Размер баллона для постдилатации, мм		22,9 ± 2,1	23,3 ± 2,7	22,9 ± 2,1	0,35
Время флюороскопии, мин		22,7 ± 15,3	35,9 ± 40,8	21,5 ± 9,6	<b>&lt; 0,05</b>
Объем контрастного вещества, мл		210,2 ± 78,5	242,4 ± 81,6	207,2 ± 77,7	<b>0,02</b>
Тип сосудистого гемостаза, n (%)	Ушивающее устройство	312 (92,9)	25 (89,3)	287 (93,2)	0,44
	Сосудистый шов	24 (7,1)	3 (10,7)	21 (6,8)	0,44

Примечание. Δ индекс — длина мембранозной перегородки – глубина имплантации биопротеза. Данные представлены как M ± SD или как n (%).

ший соотношение длины МП и глубины имплантации протеза, был значимо меньше в 1-й группе (-1,1 ± 4,2 против 1,8 ± 3,0 мм, p < 0,05). В 1-й группе ТИАК сопровождалась более продолжительным временем флюороскопии (35,9 ± 40,8 против 21,5 ± 9,6 мин, p < 0,05) и большим объемом используемого контрастного вещества (242,4 ± 81,6 против 207,2 ± 77,7 мл, p = 0,02). Частота постоянной электрокардиостимуляции при различных видах биопротезов представлена на рисунке.

Основные госпитальные результаты отражены в табл. 5. Статистически значимых различий между исследуемыми группами по таким процедурным осложнениям, как инфаркт миокарда, гемоперикард и инсульт/транзиторная ишемическая атака, не выявили. Летальность во 2-й группе составила 1,9% (n = 6), в 1-й группе летальных исходов не было (p = 0,99). По основным послеоперационным эхокардиографическим параметрам группы сопоставимы. Атриовентрикулярную блокаду II степени, впервые возникшую после ТИАК, чаще отмечали в 1-й группе:

10,7 против 0% во 2-й (p < 0,05). Полная атриовентрикулярная блокада развилась у 4 (1,3%) пациентов 2-й группы, нарушение проводимости разрешилось самостоятельно и не потребовало дополнительного хирургического вмешательства. Временный ЭКС в среднем удаляли через 6,7 ± 2,1 дня в 1-й группе (соответствует числу дней до имплантации постоянного ЭКС) и через 3,4 ± 1,8 дня во 2-й (p < 0,05). Число койко-дней в послеоперационном периоде было значимо выше в 1-й группе: 14,1 ± 5,0 против 9,6 ± 7,0 во 2-й (p < 0,05).

Результаты однофакторного и многофакторного регрессионных анализов предикторов имплантации постоянного ЭКС представлены в табл. 6. Независимыми предикторами имплантации постоянного ЭКС после ТИАК были предшествующая полная блокада правой ножки пучка Гиса [отношение шансов (ОШ) 21,01, 95% доверительный интервал (ДИ) 5,86–75,41, p = 0,001], глубина имплантации биопротеза [ОШ 1,42, 95% ДИ 1,16–1,74, p = 0,001] и длина МП [ОШ 0,7, 95% ДИ 0,50–0,95, p = 0,02].

Частота постоянной электрокардиостимуляции при различных видах биопротезов аортального клапана

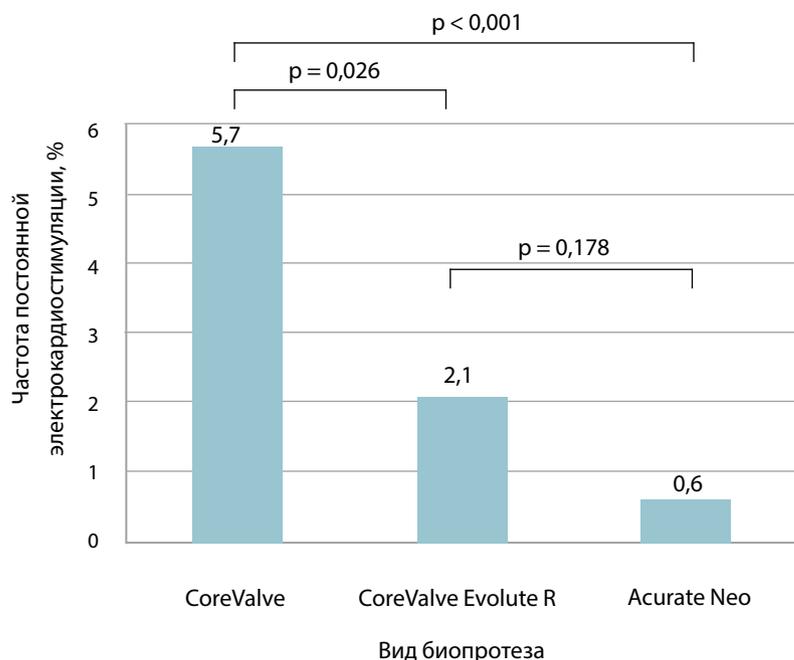


Табл. 5. Госпитальные результаты

Показатель	Пациенты			p	
	Всего, n = 336	1-я группа, n = 28	2-я группа, n = 308		
Продолжительность временной электрокардиостимуляции, дней	3,7 ± 2,0	6,7 ± 2,1	3,4 ± 1,8	<b>&lt; 0,05</b>	
Количество койко-дней в послеоперационном периоде	10,0 ± 6,9	14,1 ± 5,0	9,6 ± 7,0	<b>&lt; 0,05</b>	
Смерть, n (%)	6 (1,8)	0 (0)	6 (1,9)	1,0	
Инфаркт миокарда, n (%)	1 (0,3)	0 (0)	1 (0,3)	1,0	
Гемоперикард, n (%)	12 (3,6)	3 (10,7)	9 (2,9)	0,07	
Инсульт/транзиторная ишемическая атака, n (%)	12 (3,6)	0 (0)	12 (3,9)	0,61	
<b>Эхокардиографические характеристики</b>					
Пиковый градиент давления на аортальном клапане, мм рт. ст.	17,2 ± 8,1	17,0 ± 7,0	17,2 ± 8,2	0,9	
Средний градиент давления на аортальном клапане, мм рт. ст.	8,9 ± 4,4	8,8 ± 3,6	8,9 ± 4,5	0,9	
Аортальная регургитация, n (%)	2-й степени	8 (2,4)	0 (0)	8 (2,6)	1,0
	3-й степени	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1,0
Митральная регургитация, n (%)	2-й степени	32 (9,5)	3 (10,7)	29 (9,4)	0,74
	3-й степени	2 (0,6)	1 (3,6)	1 (0,3)	1,0
<b>Впервые возникшие нарушения проводимости, связанные с процедурой</b>					
Атриовентрикулярная блокада, n (%)	I степени	5 (1,5)	0 (0)	5 (1,6)	1,0
	II степени	3 (0,9)	3 (10,7)	0 (0)	<b>&lt; 0,05</b>
ПБЛНПГ, n (%)	60 (17,9)	5 (17,9)	55 (17,9)	1,0	
БПВЛНПГ, n (%)	4 (1,2)	0 (0)	4 (1,3)	1,0	
ПБПНПГ, n (%)	8 (2,4)	1 (3,6)	7 (2,3)	0,51	
Полная атриовентрикулярная блокада, n (%)	32 (9,5)	28 (100)	4 (1,3)	<b>&lt; 0,05</b>	

Примечание. ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса; БПВЛНПГ — блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса; ПБПНПГ — полная блокада правой ножки пучка Гиса. Данные представлены как M ± SD или как n (%).

**Табл. 6.** Предикторы необходимости в имплантации постоянного электрокардиостимулятора после транскатетерной имплантации аортального клапана

Фактор	Однофакторный регрессионный анализ			Многофакторный регрессионный анализ		
	ОШ	95% ДИ	p	ОШ	95% ДИ	p
Возраст	1,05	0,96–1,15	0,32	–	–	–
Пол	1,3	0,6–2,9	0,51	–	–	–
Сахарный диабет	0,77	0,22–2,67	0,68	–	–	–
Анемия	1,67	0,45–6,17	0,45	–	–	–
АКШ в анамнезе	2,56	0,4–16,4	0,32	–	–	–
Инфаркт миокарда в анамнезе	0,69	0,15–3,11	0,63	–	–	–
Кальциноз ВТЛЖ	1,26	0,14–11,11	0,84	–	–	–
Двухстворчатый аортальный клапан	1,73	0,17–18,15	0,65	–	–	–
Предшествующая ПБЛНПГ	14,59	1,49–142,30	0,02	21,01	5,86–75,41	0,001
Предшествующая ПБЛНПГ	7,9	0,69–81,12	0,55	–	–	–
Длительность интервала PQ	0,99	0,97–1,02	0,89	–	–	–
Длительность интервала QRS	1,02	0,98–1,06	0,39	–	–	–
ММЛЖ	1,0	0,99–1,01	0,97	–	–	–
Глубина имплантации биопротеза	1,48	1,16–1,87	0,001	1,42	1,16–1,74	0,001
Размер имплантируемого биопротеза	1,09	0,85–1,41	0,49	–	–	–
Длина мембранозной перегородки	0,6	0,5–0,9	0,1	0,7	0,50–0,95	0,02

*Примечание.* ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал; АКШ — аортокоронарное шунтирование; ВТЛЖ — выходной тракт левого желудочка; ПБЛНПГ — полная блокада правой ножки пучка Гиса; ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса; ММЛЖ — масса миокарда левого желудочка.

## Обсуждение

Выявление предикторов имплантации постоянного ЭКС после ТИАК может позволить оптимизировать процедурные результаты эндопротезирования АК и изменить подход к послеоперационному ведению данной группы пациентов. Так, в настоящем исследовании предшествующая ТИАК полная блокада правой ножки пучка Гиса, а также глубина имплантации биопротеза относительно фиброзного кольца АК являлись независимыми предикторами развития послеоперационной полной атриовентрикулярной блокады, требующей имплантации постоянного электрокардиостимулятора.

Анатомическая взаимосвязь между АК и проводящей системой сердца лежит в основе нарушений проводимости у пациентов, перенесших ТИАК. Анатомическая близость атриовентрикулярного соединения, пучка Гиса и перепончатой части межжелудочковой перегородки к фиброному кольцу АК делает данный участок проводящей системы сердца наиболее восприимчивым к механическому повреждению [16; 17]. Частота полной атриовентрикулярной блокады после ТИАК обусловлена компрессионным сдавлением атриовентрикулярного

соединения и/или левой ножки пучка Гиса, сопровождающимся ишемией, отеком и гематомой данной анатомической области [18].

По данным многих исследований, наиболее частым видом послеоперационного нарушения проводимости после ТИАК является блокада левой ножки пучка Гиса [19; 20]. Данный факт, вероятно, обусловлен более ранним выходом левой ножки пучка Гиса из межжелудочковой перегородки, ее поверхностным расположением, а также непосредственной близостью к фиброному кольцу АК [21]. Частота новых случаев блокады левой ножки пучка Гиса после эндопротезирования АК колеблется от 4 до 65 % в зависимости от типа имплантируемого биопротеза. По данным A. Regueiro и соавт., которые сравнили саморасширяющийся протез CoreValve (Medtronic Inc., Миннеаполис, США) и баллонорасширяемый биопротез SAPIEN (Edwards Lifesciences, Ирвин, США), частота впервые возникшей блокады левой ножки пучка Гиса в группе биопротеза CoreValve в среднем составила 27 % [22]. В представленном нами исследовании частота впервые возникшей полной блокады левой ножки пучка Гиса составила 17,9 % в каждой из сравниваемых групп.

С другой стороны, мощный и независимый предиктор имплантации постоянного ЭКС после ТИАК — полная блокада правой ножки пучка Гиса [8; 23–25], которая также, возможно, является значимым маркером увеличения смертности от всех причин в данной популяции больных [26–28]. По данным многоцентрового регистра ( $n = 3\,527$ ), ранее существовавшую блокаду правой ножки пучка Гиса отметили у 362 пациентов с ТИАК (10,3 %), что в дальнейшем ассоциировалось с увеличением 30-дневной частоты имплантации постоянного ЭКС (40,1 против 13,5 %,  $p < 0,001$ ) и смертностью (10,2 против 6,9 %,  $p = 0,024$ ). При среднем сроке наблюдения 18 мес. предшествующая блокада правой ножки пучка Гиса также была независимо связана с более высокой смертностью от всех причин [ОШ 1,31, 95% ДИ 1,06–1,63,  $p = 0,014$ ] и смертностью от сердечно-сосудистых причин [ОШ 1,45, 95% ДИ 1,11–1,89,  $p = 0,006$ ] [29]. В регистре OCEAN-TAVI (Optimized Transcatheter Valvular Intervention) ( $n = 749$ ) аналогично продемонстрирована более частая потребность в постоянной кардиостимуляции в группе пациентов с исходной блокадой правой ножки пучка Гиса (17,6 против 2,9 %,  $p < 0,01$ ). Данная когорта больных также была ассоциирована с высокой сердечно-сосудистой смертностью в среднесрочном периоде наблюдения [30]. По данным ряда исследований, даже при отсутствии показаний к имплантации постоянного ЭКС лица после эндопротезирования АК с исходной блокадой правой ножки пучка Гиса после выписки имеют более высокий риск внезапной сердечной смерти в отдаленном периоде. Так, в подгруппе из 1 245 пациентов, перенесших ТИАК, ранее существовавшая блокада правой ножки пучка Гиса была независимо связана с комбинацией внезапной сердечной смерти и имплантации постоянного ЭКС [ОШ 2,68, 95% ДИ 1,16–6,17,  $p = 0,023$ ] [31]. Таким образом, сочетание в популяции пациентов, направляемых на эндопротезирование АК, исходной блокады правой ножки пучка Гиса и высокого риска блокады левой ножки пучка Гиса обуславливает высокую потребность данной группы больных в постоянной электрокардиостимуляции с потенциально высоким риском неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в отдаленном периоде.

МСКТ — «золотой стандарт» для оценки морфологии АК, выходного тракта левого желудочка, а также аорты и периферических артерий у пациентов, направляемых на эндопротезирование АК. Несколько специфических для больного анатомических параметров про- и ретроспективно исследовали у пациентов, которым потребовалась имплан-

тация постоянного ЭКС после ТИАК. Один из таких параметров — мембранозная часть межжелудочковой перегородки. А. Hamdan и соавт. по данным МСКТ оценивали длину МП у 73 пациентов, перенесших ТИАК с использованием саморасширяющегося протеза CoreValve. Частота постоянной электрокардиостимуляции после процедуры составила 28 %. Многофакторный логистический регрессионный анализ показал, что длина МП была самым сильным дооперационным предиктором атриовентрикулярной блокады высокой степени [ОШ 1,35,  $p = 0,01$ ], а также имплантации постоянного ЭКС [ОШ 1,43,  $p = 0,002$ ] [32]. Ретроспективный анализ 240 больных, которым имплантировали клапан SAPIEN в период с 2013 по 2015 г., продемонстрировал частоту постоянной электрокардиостимуляции 14,6 %, при этом пациенты, которым потребовалась имплантация постоянного ЭКС после ТИАК, как правило, имели более короткую МП ( $6,4 \pm 1,7$  против  $7,7 \pm 1,9$  мм,  $p < 0,001$ ) и большую глубину имплантации клапана ( $0,6 \pm 2,9$  против  $-2,5 \pm 2,4$  мм,  $p < 0,001$ ). Кроме того, объем кальциноза некоронарной створки АК ( $\text{мм}^3$ ) в указанном исследовании выступил независимым предиктором постоянной электрокардиостимуляции в послеоперационном периоде. Также авторы продемонстрировали, что показатель отношения диаметра биопротеза к диаметру выходного тракта левого желудочка имеет тенденцию к статистической значимости; каждое увеличение данного параметра на 0,1 приводило к 1,29-кратному увеличению вероятности имплантации постоянного электрокардиостимулятора ( $p = 0,07$ ) [33].

В представленном нами исследовании в группе пациентов, которым имплантировали постоянный ЭКС, отмечали статистически значимо меньшую длину МП в сравнении с больными без ЭКС ( $5,5 \pm 2,2$  и  $6,9 \pm 1,8$  мм соответственно,  $p < 0,05$ ). По результатам многофакторного регрессионного анализа, длина МП также была независимым предиктором постоянной электрокардиостимуляции после ТИАК [ОШ 0,7, 95% ДИ 0,50–0,95,  $p = 0,02$ ]. Однако следует иметь в виду, что анализ данного фактора был доступен лишь у 66,1 % пациентов ( $n = 222$ ), включенных в регистр.

Доказано влияние глубины имплантации АК на риск развития послеоперационной атриовентрикулярной блокады. Различные практические рекомендации по эндопротезированию АК предполагают номинальную глубину имплантации биопротеза от 3 до 5 мм [33–35]. Однако в последнее время признано, что подход к имплантации биопротеза должен основываться не только на стандартной ре-

комендованной глубине имплантации, но и на сопоставлении данной величины с индивидуальными размерами МП [32; 33]. Так, Н. Jilaihawi и соавт. в проспективном регистре с помощью интегративного подхода MIDAS (Minimizing Depth According to the membranous Septum) добились снижения частоты постоянной электрокардиостимуляции с 9,7 до 3,0 % ( $p = 0,035$ ) и частоты новой блокады левой ножки пучка Гиса с 25,8 до 9,0 % ( $p < 0,001$ ) [12]. В представленном нами исследовании средняя глубина имплантации АК составила  $5,3 \pm 2,5$  мм, а  $\Delta$  индекс (длина МП – глубина имплантации биопротеза) —  $-1,1 \pm 4,2$  мм в 1-й группе и  $1,8 \pm 3,0$  мм во 2-й ( $p < 0,05$ ). По результатам многофакторного регрессионного анализа, оба параметра выступили независимыми предикторами необходимости в постоянной электрокардиостимуляции после ТИАК, однако ввиду неполного анализа  $\Delta$  индекса у всех пациентов в окончательную модель решили включить глубину имплантации биопротеза АК (с учетом мультиколлинеарности между данными факторами).

Полученные статистически значимые различия между группами по времени флюороскопии и объему используемого контрастного вещества (табл. 4), на наш взгляд, могут быть обусловлены возможными техническими трудностями имплантации биопротеза в 1-й группе (интраоперационные нарушения ритма, индивидуальные особенности корня аорты, АК и так далее). Данные факторы, вероятно, побуждали оперирующего хирурга неоднократно репозиционировать биопротез, что обусловило дополнительное время флюороскопии и объем контрастного вещества. При этом желание достичь более безопасного позиционирования биопротеза могло побудить хирурга к более глубокой имплантации биопротеза относительно фиброзного кольца АК, что и повлекло за собой большую частоту послеоперационных нарушений проводимости у данной группы пациентов.

Интересны результаты, касающиеся частоты постоянной электрокардиостимуляции после имплантации различных видов биопротезов АК. В настоящем исследовании потребность в имплантации постоянного ЭКС была значимо выше в группе биопротеза CoreValve 1-го поколения. Разработка биопротезов нового поколения, таких как CoreValve Evolute R, Acurate Neo, позволила значительно сократить частоту послеоперационных атриовентрикулярных блокад высокой градации в представленном регистре.

## Ограничения

Исследование является ретроспективным с относительно небольшой выборкой пациентов. Авторы не рассматривали объем и локализацию кальциноза в зоне посадки биопротеза — фактор, потенциально влияющий на развитие послеоперационных нарушений проводимости. Предоперационный анализ данных МСКТ был доступен у ограниченного числа лиц, что не позволило судить о прогностической значимости некоторых показателей. Основанная на двухмерной МСКТ оценка морфологии МП, вероятно, может исказить ее истинные размеры. Более того, мембранозная часть межжелудочковой перегородки — лишь косвенный анатомический ориентир локализации атриовентрикулярного соединения и пучка Гиса, а истинное их расположение вариабельно у каждого пациента. Дополнение представленных методик электрофизиологическим исследованием, вероятно, решит данную проблему.

## Заключение

Частота имплантации постоянного ЭКС после эндопротезирования АК зависит от ряда исходных клинических факторов, процедурных аспектов и послеоперационных нарушений проводимости. В настоящем регистре частота постоянной электрокардиостимуляции после ТИАК составила 8,3 % (28 пациентов), при этом независимыми предикторами имплантации постоянного ЭКС являлись исходная полная блокада правой ножки пучка Гиса, глубина имплантации биопротеза и длина мембранозной части межжелудочковой перегородки.

## Список литературы / References

1. Сердечно-сосудистая хирургия: руководство / под ред. В.И. Бураковского, Л.А. Бокерии. 2-е изд., доп. М.: Медицина, 1996. 768 с.  
Burakovskiy V.I., Bockeria L.A., editors. *A guide to cardiovascular surgery*. 2nd ed. Moscow: Meditsina Publ.; 1996. 768 p. (In Russ.)
2. Akodad M., Schurtz G., Adda J., Leclercq F., Roubille F. Management of valvulopathies with acute severe heart failure and cardiogenic shock. *Arch Cardiovasc Dis*. 2019;112(12):773-780. PMID: 31492536. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2019.06.009>
3. Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Лепилин П.М., Колегаев А.С., Саличкин Д.В., Кучин И.В., Акчуринов Р.С. Первый опыт транскатетерной имплантации самораскрывающегося биопротеза нового поколения Acurate neo. *Российский кардиологический журнал*. 2019;(8):59-64. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-59-64>

- Imaev T.E., Komlev A.E., Lepilin P.M., Kolegaev A.S., Salichkin D.V., Kuchin I.V., Akchurin R.S. First experience of transcatheter implantation of new-generation self-expanding bioprosthesis Acurate neo. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(8):59-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-59-64>
4. Arora S., Vavalle J.P. Transcatheter aortic valve replacement in intermediate and low risk patients — clinical evidence. *Ann Cardiothorac Surg*. 2017;6(5):493-497. PMID: 29062744; PMCID: PMC5639231. <https://doi.org/10.21037/acs.2017.07.01>
  5. Mack M.J., Leon M.B., Thourani V.H., Makkar R., Kodali S.K., Russo M., Kapadia S.R., Malaisrie S.C., Cohen D.J., Pibarot P., Leipzig J., Hahn R.T., Blanke P., Williams M.R., McCabe J.M., Brown D.L., Babaliaros V., Goldman S., Szeto W.Y., Genereux P., Pershad A., Pocock S.J., Alu M.C., Webb J.G., Smith C.R., PARTNER 3 Investigators. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients. *N Engl J Med*. 2019;380(18):1695-1705. PMID: 30883058. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1814052>
  6. Popma J.J., Deeb G.M., Yakubov S.J., Mumtaz M., Gada H., O'Hair D., Bajwa T., Heiser J.C., Merhi W., Kleiman N.S., Askew J., Sorajja P., Rovin J., Chetcuti S.J., Adams D.H., Teirstein P.S., Zorn 3rd G.L., Forrest J.K., Tchétché D., Resar J., Walton A., Piazza N., Ramlawi B., Robinson N., Petrossian G., Gleason T.G., Oh J.K., Boulware M.J., Qiao H., Mugglin A.S., Reardon M.J., Evolut Low Risk Trial Investigators. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding valve in low-risk patients. *N Engl J Med*. 2019;380(18):1706-1715. PMID: 30883053. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1816885>
  7. Chamandi C., Barbanti M., Munoz-Garcia A., Latib A., Nombela-Franco L., Gutiérrez-Ibanez E., Veiga-Fernandez G., Cheema A.N., Cruz-Gonzalez I., Serra V., Tamburino C., Mangieri A., Colombo A., Jiménez-Quevedo P., Elizaga J., Lee D.-H., Garcia Del Blanco B., Puri R., Côté M., Philippon F., Rodés-Cabau J. Long-term outcomes in patients with new-onset persistent left bundle branch block following TAVR. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12(12):1175-1184. PMID: 31129090. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.03.025>
  8. Nazif T.M., Dizon J.M., Hahn R.T., Xu K., Babaliaros V., Douglas P.S., El-Chami M.F., Herrmann H.C., Mack M., Makkar R.R., Miller D.C., Pichard A., Tuzcu E.M., Szeto W.Y., Webb J.G., Moses J.W., Smith C.R., Williams M.R., Leon M.B., Kodali S.K. Predictors and clinical outcomes of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement: the PARTNER (Placement of Aortic Transcatheter Valves) trial and registry. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8(1 Pt A):60-69. PMID: 25616819. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2014.07.022>
  9. Haunschild J., Misfeld M., Schroeter T., Lindemann F., Davierwala P., von Aspern K., Spampinato R.A., Weiss S., Borger M.A., Etz C.D. Prevalence of permanent pacemaker implantation after conventional aortic valve replacement — a propensity-matched analysis in patients with a bicuspid or tricuspid aortic valve: a benchmark for transcatheter aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;58(1):130-137. PMID: 32211779. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa053>
  10. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F., Milojevic M., Baldus S., Bauersachs J., Capodanno D., Conradi L., De Bonis M., De Paulis R., Delgado V., Freemantle N., Gilard M., Haugaa K.H., Jeppsson A., Jüni P., Pierard L., Prendergast B.D., Sádaba J.R., Tribouilloy C., Wojakowski W., ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. PMID: 34453165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
  11. Sievers H.-H., Schmidtke C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133(5):1226-1233. PMID: 17467434. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.01.039>
  12. Jilalawi H., Zhao Z., Du R., Staniloae C., Saric M., Neuburger P.J., Querijero M., Vainrib A., Hisamoto K., Ibrahim H., Collins T., Clark E., Pushkar I., Bamira D., Benenstein R., Tariq A., Williams M. Minimizing permanent pacemaker following repositionable self-expanding transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12(18):1796-1807. PMID: 31473236. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.05.056>
  13. Shahian D.M., O'Brien S.M., Filardo G., Ferraris V.A., Haan C.K., Rich J.B., Normand S.-L.T., DeLong E.R., Shewan C.M., Dokholyan R.S., Peterson E.D., Edwards F.H., Anderson R.P. The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac surgery risk models: Part 1 — coronary artery bypass grafting surgery. *Ann Thorac Surg*. 2009;88(1 Suppl):S2-S22. PMID: 19559822. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.05.053>
  14. Rogers T., Thourani V.H., Waksman R. Transcatheter aortic valve replacement in intermediate- and low-risk patients. *J Am Heart Assoc*. 2018;7(10):e007147. PMID: 29754127; PMCID: PMC6015326. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007147>
  15. Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А., Глезер М.Г., Базаяев В.А., Баталов Р.Е., Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Давтян К.В., Иваницкий Э.А., Ковалев А.С., Криволапов С.Н., Лебедев Д.С., Лебедева В.К., Любимцева Т.А., Мамчур С.Е., Михайлов Е.Н., Меминущий Н.М., Попов С.В., Рзаев Ф.Г., Романов А.Б., Сергуладзе С.Ю., Сопов О.В., Филатов А.Г. Брадиаритмии и нарушения проводимости. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(4):4448. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4448>
  16. Revishvili A.Sh., Artyukhina E.A., Glezer M.G., Bazaev V.A., Batalov R.E., Bokeria L.A., Bokeria O.L., Davtyan K.V., Ivanitsky E.A., Kovalev A.S., Krivolapov S.N., Lebedev D.S., Lebedeva V.K., Lyubimtseva T.A., Mamchur S.E., Mikhailov E.N., Neminushchy N.M., Popov S.V., Rzaev F.G., Romanov A.B., Serguladze S.Yu., Sopov O.V., Filatov A.G. 2020 Clinical practice guidelines for Bradyarrhythmias and conduction disorders. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4):4448. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4448>
  16. Chen S., Chau K.H., Nazif T.M. The incidence and impact of cardiac conduction disturbances after transcatheter aortic valve replacement. *Ann Cardiothorac Surg*. 2020;9(6):452-467. PMID: 33312903; PMCID: PMC7724062. <https://doi.org/10.21037/acs-2020-av-23>
  17. Du F., Zhu Q., Jiang J., Chen H., Liu X., Wang J. Incidence and predictors of permanent pacemaker implantation in patients who underwent transcatheter aortic valve replacement: observation of a chinese population. *Cardiology*. 2020;145(1):27-34. PMID: 31722361. <https://doi.org/10.1159/000502792>
  18. Auffret V., Puri R., Urena M., Chamandi C., Rodriguez-Gabella T., Philippon F., Rodés-Cabau J. Conduction disturbances after transcatheter aortic valve replacement: current status and future perspectives. *Circulation*. 2017;136(11):1049-1069. PMID: 28893961. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.028352>

19. Urena M., Mok M., Serra V., Dumont E., Nombela-Franco L., DeLarochelière R., Doyle D., Igual A., Larose E., Amat-Santos I., Côté M., Cuéllar H., Pibarot P., de Jaegere P., Philippon F., Garcia del Blanco B., Rodés-Cabau J. Predictive factors and long-term clinical consequences of persistent left bundle branch block following transcatheter aortic valve implantation with a balloon-expandable valve. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(18):1743-1752. PMID: 23040577. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.07.035>
20. Roten L., Meier B. Left bundle branch block after transcatheter aortic valve implantation: still a matter of concern? *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7(2):137-139. PMID: 24440019. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2013.11.006>
21. Kawashima T., Sato F. Visualizing anatomical evidences on atrioventricular conduction system for TAVI. *Int J Cardiol*. 2014;174(1):1-6. PMID: 24750717. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.04.003>
22. Regueiro A., Altisent O.A.-J., Del Trigo M., Campelo-Parada F., Puri R., Urena M., Philippon F., Rodés-Cabau J. Impact of new-onset left bundle branch block and periprocedural permanent pacemaker implantation on clinical outcomes in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016;9(5):e003635. PMID: 27169577. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.003635>
23. Siontis G.C.M., Juni P., Pilgrim T., Stortecky S., Büllsfeld L., Meier B., Wenaweser P., Windecker S. Predictors of permanent pacemaker implantation in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVR: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(2):129-140. PMID: 25011716. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.04.033>
24. Waksman R., Steinvil A. Pre-transcatheter aortic valve replacement right bundle branch block: a bundle of trouble. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10(15):1575-1577. PMID: 28734886. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.06.012>
25. Fadahunsi O.O., Olowoyeye A., Ukaigwe A., Li Z., Vora A.N., Vemulapalli S., Elgin E., Donato A. Incidence, predictors, and outcomes of permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement: analysis from the U.S. Society of Thoracic Surgeons/American College of Cardiology TVT Registry. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9(21):2189-2199. PMID: 27832844. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.07.026>
26. Roten L., Stortecky S., Scarcia F., Kadner A., Tanner H., Delacrétaz E., Meier B., Windecker S., Carrel T., Wenaweser P. Atrioventricular conduction after transcatheter aortic valve implantation and surgical aortic valve replacement. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2012;23(10):1115-1122. PMID: 22587564. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2012.02354.x>
27. Kusumoto F.M., Schoenfeld M.H., Barrett C., Edgerton J.R., Ellenbogen K.A., Gold M.R., Goldschlager N.F., Hamilton R.M., Joglar J.A., Kim R.J., Lee R., Marine J.E., McLeod C.J., Oken K.R., Patton K.K., Pellegrini C.N., Selzman K.A., Thompson A., Varosy P.D. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the evaluation and management of patients with bradycardia and cardiac conduction delay: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(7):932-987. PMID: 30412710. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.10.043>
28. Mangieri A., Montalto C., Pagnesi M., Lanzillo G., Demir O., Testa L., Colombo A., Latib A. TAVI and post procedural cardiac conduction abnormalities. *Front Cardiovasc Med*. 2018;5:85. PMID: 30018969; PMCID: PMC6038729. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00085>
29. Erkapic D., De Rosa S., Kelava A., Lehmann R., Fichtlscherer S., Hohnloser S.H. Risk for permanent pacemaker after transcatheter aortic valve implantation: a comprehensive analysis of the literature. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2012;23(4):391-397. PMID: 22050112. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2011.02211.x>
30. Watanabe Y., Kozuma K., Hioki H., Kawashima H., Nara Y., Kataoka A., Nagura F., Nakashima M., Shirai S., Tada N., Araki M., Takagi K., Yamanaka F., Yamamoto M., Hayashida K. Pre-existing right bundle branch block increases risk for death after transcatheter aortic valve replacement with a balloon-expandable valve. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9(21):2210-2216. PMID: 27832846. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.08.035>
31. Auffret V., Webb J.G., Eltchaninoff H., Muñoz-García A.J., Himbert D., Tamburino C., Nombela-Franco L., Nietlispach F., Moris C., Ruel M., Dager A.E., Serra V., Cheema A.N., Amat-Santos I.J., de Brito F.S. Jr, Lemos P.A., Abizaid A., Sarmento-Leite R., Dumont E., Barbanti M., Durand E., Alonso Briaies J.H., Vahanian A., Bouleti C., Immè S., Maisano F., Del Valle R., Benitez L.M., García Del Blanco B., Puri R., Philippon F., Urena M., Rodés-Cabau J. Clinical impact of baseline right bundle branch block in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10(15):1564-1574. PMID: 28734885. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.05.030>
32. Hamdan A., Guetta V., Klempfner R., Konen E., Raanani E., Glikson M., Goitein O., Segev A., Barbash I., Fefer P., Spiegelstein D., Goldenberg I., Schwammenthal E. Inverse relationship between membranous septal length and the risk of atrioventricular block in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8(9):1218-1228. PMID: 26292585. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2015.05.010>
33. Maeno Y., Abramowitz Y., Kawamori H., Kazuno Y., Kubo S., Takahashi N., Mangat G., Okuyama K., Kashif M., Chakravarty T., Nakamura M., Cheng W., Friedman J., Berman D., Makkar R.R., Jilalawi H. A highly predictive risk model for pacemaker implantation after TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(10 Pt A):1139-1147. PMID: 28412434. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.11.020>
34. Piazza N., Nuis R.-J., Tzikas A., Otten A., Onuma Y., García-García H., Schultz C., van Domburg R., van Es G.-A., van Geuns R., de Jaegere P., Serruys P.W. Persistent conduction abnormalities and requirements for pacemaking six months after transcatheter aortic valve implantation. *EuroIntervention*. 2010;6(4):475-484. PMID: 20884435. <https://doi.org/10.4244/EIJ30V6I4A80>
35. van Gils L., Wohrle J., Hildick-Smith D., Bleiziffer S., Blackman D.J., Abdel-Wahab M., Gerckens U., Brecker S., Bapat V., Modine T., Soliman O.I., Nersesov A., Allocco D., Falk V., Van Mieghem N.M. Importance of contrast aortography with lotus transcatheter aortic valve replacement: a post hoc analysis from the RESPOND post-market study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11(2):119-128. PMID: 29348006. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.10.016>

## Permanent pacemaker implantation after transcatheter self-expanding aortic valve replacement: data from a single-center registry

Aleksey A. Baranov, Oleg V. Krestyaninov, Dmitrii A. Khelimskii, Aram G. Badoian, Ruslan U. Ibragimov, Aleksandr P. Gorgulko, Serezha N. Manukian, Shokhbozbek Sh. Zaynobidinov

Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

**Corresponding author.** Aleksey A. Baranov, [ivrach@icloud.com](mailto:ivrach@icloud.com)

### Abstract

**Background.** Transcatheter aortic valve replacement is a safe and effective procedure in patients with severe aortic stenosis who are at high surgical risk. One of the most commonly diagnosed complications after transcatheter aortic valve replacement is postoperative complete heart block, requiring in most cases the permanent pacemaker implantation.

**Aim.** The study aims to identify independent prognostic factors of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement.

**Methods.** This retrospective study included 336 patients who underwent transcatheter self-expanding aortic valve replacement between 2015 and 2021. 28 patients (8.3%) after procedure required the permanent pacemaker implantation. Patients with a previously implanted permanent pacemaker, surgical aortic valve replacement, transcatheter aortic valve replacement in history and patients after conversion of endovascular intervention to surgical replacement were excluded from the study.

**Results.** The mean age of patients was  $75.4 \pm 7.4$  years. Diabetes mellitus (50.0 versus 28.6%,  $p = 0.03$ ), baseline right bundle-branch block (32.1 versus 3.9%,  $p < 0.05$ ), and smaller length of the interventricular membranous septum ( $5.5 \pm 2.2$  and  $6.9 \pm 1.8$  mm,  $p < 0.05$ ) were more common in the permanent pacemaker implantation patient group. The groups were comparable in terms of other clinical, demographic and instrumental characteristics. There were no statistically significant differences between the groups in major procedural complications. Independent prognostic factors of permanent pacemaker implantation were baseline complete right bundle-branch block (OR 21.01, 95% CI 5.86–75.42,  $p < 0.001$ ), mean transcatheter aortic valve implantation depth below the aortic annulus (OR 1.42, 95% CI 1.16–1.74,  $p = 0.001$ ) and the length of the interventricular membranous septum (OR 0.7, 95% CI 0.50–0.95,  $p = 0.02$ ).

**Conclusion.** The frequency permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement procedure depends on some initial clinical factors, procedural aspects, and postoperative conduction disorders. In this registry, independent prognostic factors of a permanent pacemaker implantation were the baseline complete right bundle-branch block, mean transcatheter aortic valve implantation depth and the length of the interventricular membranous septum.

**Keywords:** Aortic Valve Stenosis; Bundle-Branch Block; Pacemaker, Artificial; Transcatheter Aortic Valve Replacement

Received 19 March 2022. Revised 18 April 2022. Accepted 19 April 2022.

**Funding:** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interest:** Authors declare no conflict of interest.

### Contribution of the authors

Conception and study design: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, R.U. Ibragimov, A.P. Gorgulko, S.N. Manukian, Sh.Sh. Zaynobidinov

Data collection and analysis: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian

Statistical analysis: A.A. Baranov, A.G. Badoian, D.A. Khelimskii

Drafting the article: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, R.U. Ibragimov, A.P. Gorgulko, S.N. Manukian, Sh.Sh. Zaynobidinov

Critical revision of the article: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, R.U. Ibragimov, A.P. Gorgulko, S.N. Manukian, Sh.Sh. Zaynobidinov

Final approval of the version to be published: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, R.U. Ibragimov, A.P. Gorgulko, S.N. Manukian, Sh.Sh. Zaynobidinov

**ORCID ID**

A.A. Baranov, <https://orcid.org/0000-0002-2320-2233>

O.V. Krestyaninov, <https://orcid.org/0000-0001-5214-8996>

D.A. Khelimskii, <https://orcid.org/0000-0001-5419-913X>

A.G. Badoian, <https://orcid.org/0000-0003-4480-2585>

R.U. Ibragimov, <https://orcid.org/0000-0002-3866-123X>

A.P. Gorgulko, <https://orcid.org/0000-0002-1011-3397>

S.N. Manukian, <https://orcid.org/0000-0002-7083-2297>

Sh.Sh. Zaynobidinov, <https://orcid.org/0000-0003-3235-3364>

**Copyright:** © 2022 Baranov et al.

**How to cite:** Baranov A.A., Krestyaninov O.V., Khelimskii D.A., Badoian A.G., Ibragimov R.U., Gorgulko A.P., Manukian S.N., Zaynobidinov Sh.Sh. Permanent pacemaker implantation after transcatheter self-expanding aortic valve replacement: data from a single-center registry. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2022;26(3):50-63. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-3-50-63>

