

# Непосредственные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана при горизонтально ориентированном корне аорты

## Для корреспонденции:

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

Поступила в редакцию 9 января 2023 г. Исправлена 10 мая 2023 г.  
Принята к печати 30 мая 2023 г.

**Цитировать:** Баранов А.А., Крестьянинов О.В., Бадоян А.Г., Хелимский Д.А., Манукян С.Н., Цыденова А.Ю., Махмудов М.А. Непосредственные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана при горизонтально ориентированном корне аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2023;27(2):54-65. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-2-54-65>

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Вклад авторов

Концепция и дизайн работы:

А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян

Сбор и анализ данных: А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян

Статистическая обработка данных:

А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян

Написание статьи: все авторы

Исправление статьи: все авторы

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

## ORCID

А.А. Баранов,

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

О.В. Крестьянинов,

<https://orcid.org/0000-0001-5214-8996>

**А.А. Баранов, О.В. Крестьянинов, А.Г. Бадоян, Д.А. Хелимский, С.Н. Манукян, А.Ю. Цыденова, М.А. Махмудов**

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 зарекомендовала себя как эффективная и безопасная процедура для лечения пациентов с выраженным аортальным стенозом. Увеличенная ангуляция корня аорты — важная анатомическая особенность, которая может обуславливать технические трудности во время вмешательства и ухудшать непосредственные и отдаленные клинические результаты.

**Цель.** Оценить непосредственные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана у пациентов с увеличенной ангуляцией корня аорты.

**Методы.** В ретроспективное одноцентровое исследование включили 412 больных, которым выполнили транскатетерную имплантацию саморасширяющихся биопротезов аортального клапана по поводу выраженного аортального стеноза в период с 2015 по 2022 г. Пациенты с ангуляцией корня аорты  $\geq 49^\circ$  составили 1-ю группу исследования ( $n = 200$ ),  $< 49^\circ$  — 2-ю группу ( $n = 212$ ).

**Результаты.** Средний возраст больных составил  $75,2 \pm 7,2$  года. В подгруппе пациентов с имплантированным протезом CoreValve первого поколения и углом аорты  $\geq 49^\circ$  значимо чаще наблюдалась аортальная регургитация 2-й степени и более (7,4 против 0,0 %,  $p = 0,010$ ), значимо реже — технический успех (90,1 против 98,9 %,  $p = 0,010$ ) в сравнении с аналогичной подгруппой больных с углом аорты  $< 49^\circ$ . В подгруппах протезов CoreValve Evolute R и ACURATE нео значимых различий по указанным параметрам не выявили в обеих группах. Независимыми предикторами технического неуспеха при транскатетерной имплантации аортального клапана были угол корня аорты [отношение шансов на каждое увеличение градуса: 0,44, 95 % доверительный интервал: 0,30–0,63,  $p < 0,001$ ], отсутствие постдилатации [отношение шансов: 5,0, 95 % доверительный интервал: 1,33–20,00,  $p = 0,074$ ], значение индексированной массы миокарда левого желудочка [отношение шансов: 1,02, 95 % доверительный интервал: 1,01–1,03,  $p = 0,003$ ], а также более высокая имплантация протеза относительно фиброзного кольца аортального клапана [отношение шансов на каждый 1 мм уменьшения глубины имплантации: 0,44, 95 % доверительный интервал: 0,30–0,63,  $p < 0,001$ ].

**Заключение.** В представленном регистре увеличенная ангуляция аорты ( $\geq 49^\circ$ ) неблагоприятно влияла на технический успех транскатетерного протезирования аортального клапана исключительно при имплантации биопротезов первого поколения CoreValve, но не при использовании биопротезов нового поколения CoreValve Evolute R и ACURATE нео. Независимыми предикторами технического неуспеха транскатетерной имплантации аортального клапана являлись угол корня аорты, отсутствие постдилатации, значение

А.Г. Бадоян, <https://orcid.org/0000-0003-4480-2585>  
Д.А. Хелимский, <https://orcid.org/0000-0001-5419-913X>  
С.Н. Манукян, <https://orcid.org/0000-0002-7083-2297>  
А.Ю. Цыденова, <https://orcid.org/0000-0003-4010-7518>  
М.А. Махмудов, <https://orcid.org/0000-0001-7627-4890>

© Баранов А.А., Крестьянинов О.В., Бадоян А.Г., Хелимский Д.А., Манукян С.Н., Цыденова А.Ю., Махмудов М.А., 2023



индексированной массы миокарда левого желудочка, а также более высокая имплантация протеза относительно фиброзного кольца аортального клапана.

**Ключевые слова:** ангуляция аорты; аортальный клапан; аортальный стеноз; горизонтальная аорта; корень аорты; транскатетерная имплантация аортального клапана

## Введение

Транскатетерную имплантацию аортального клапана (ТИАК) рекомендуют как эффективную и безопасную процедуру, в первую очередь для пациентов высокого хирургического риска. Это обусловлено прогрессом транскатетерных технологий, улучшением отбора пациентов, более тщательным процедурным планированием, накоплением хирургического опыта [1; 2]. Однако эффективность транскатетерных технологий продолжают ограничивать анатомические особенности, в частности увеличенная ангуляция корня и восходящей аорты (горизонтальная аорта) [3]. Горизонтально ориентированный корень аорты, определяемый на предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), может препятствовать проведению биопротеза через нативный аортальный клапан (АК), а также затруднять оптимальное расположение и коаксиальное выравнивание системы в корне аорты [4].

Цель исследования — оценить влияние увеличенной ангуляции корня аорты на непосредственные результаты ТИАК с использованием саморасширяющихся биопротезов.

## Методы

В ретроспективное одноцентровое исследование включили 412 пациентов, которым выполнили транскатетерную имплантацию саморасширяющихся биопротезов АК по поводу выраженного аортального стеноза в период с 2015 по 2022 г.

Угол аорты (УА) определяли в коронарной проекции по данным МСКТ как угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью фиброзного кольца (ФК) АК (рис. 1). Пациенты с ангуляцией корня аорты  $\geq 49^\circ$  составили 1-ю группу исследования ( $n = 200$ ),  $< 49^\circ$  — 2-ю группу ( $n = 212$ ). Наряду с углом корня аорты по данным МСКТ оценивали следующие анатомические параметры: линейные размеры клапана (диаметр и периметр ФК АК), длина мембраноз-

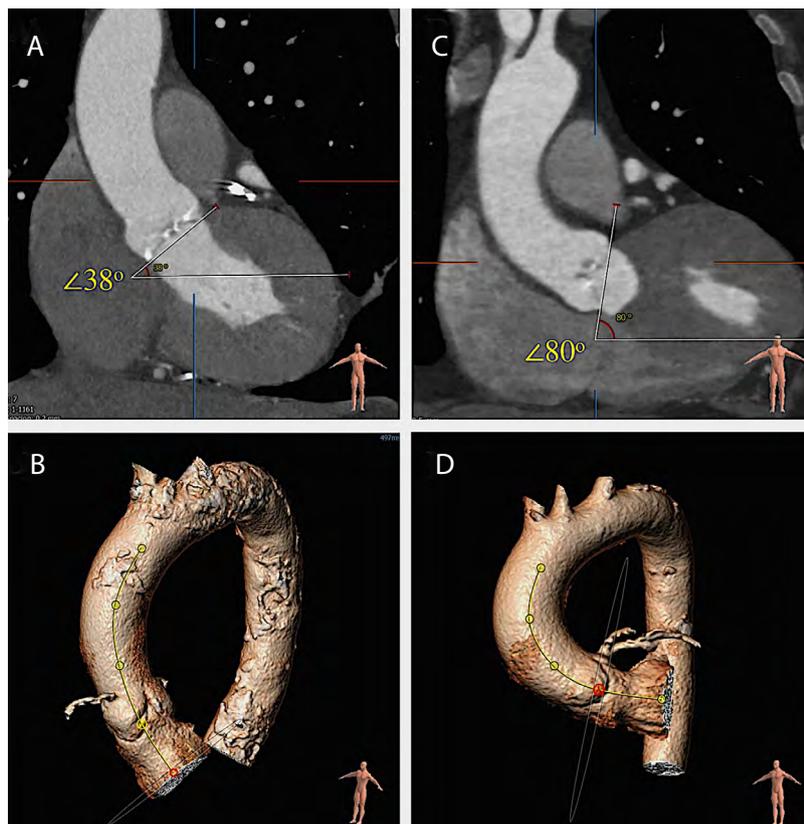
ной части межжелудочковой перегородки, наличие двухстворчатого аортального клапана [5].

У всех пациентов показанием к ТИАК был выраженный аортальный стеноз, который определяли на основании трансторакальной эхокардиографии в соответствии с критериями, отмеченными в действующих рекомендациях Европейского общества кардиологов (англ. European Society of Cardiology, ESC) / Европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (англ. European Association for Cardio-Thoracic Surgery, EACTS) по лечению клапанной болезни сердца: 1) средний градиент  $\geq 40$  мм рт. ст. или 2) пиковая скорость  $\geq 4,0$  м/с [6].

Хирургический риск оценивали с помощью шкалы Европейской системы оценки риска сердечной хирургии (англ. European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) II) и шкалы прогнозируемого риска летального исхода (англ. Predicted Risk of Mortality, PROM) Общества торакальных хирургов (англ. Society of Thoracic Surgeons, STS) (STS-PROM) [7; 8]. В качестве сосудистого доступа во всех случаях использовали бедренную артерию. Ангиографический контроль позиционирования биопротеза осуществляли через лучевую артерию с применением диагностического катетера PigTail. Временную электрокардиостимуляцию осуществляли за счет позиционирования временного электрода в полости правого желудочка либо посредством проводника, расположенного в полости левого желудочка. Решение о постдилатации имплантированного биопротеза принимали по результатам интраоперационной ангиографии и эхокардиографии. Из исследования исключили пациентов с неудовлетворительным качеством данных МСКТ, не позволяющих объективно оценить ангуляцию корня аорты, а также больных с отличным от бедренного сосудистым доступом.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России (протокол от 19.07.2022 г.) и соответствует принципам Хельсинкской декларации.

**Рис. 1.** Определение угла корня аорты (угла между горизонтальной плоскостью и плоскостью фиброзного кольца аортального клапана) в коронарной проекции по данным мультиспиральной компьютерной томографии: угол 38° (А, В); угол 80° при горизонтальном типе аорты (С, D)



### Конечные точки

Клинические события определяли на основании критериев Консорциума академических исследователей пороков сердца 2-го пересмотра (англ. Valve Academic Research Consortium (VARC)-2) [9]. Первичной конечной точкой был технический успех процедуры, который устанавливали при наличии параметров: 1) отсутствие процедурной смертности; 2) оптимальное положение протеза в ФК АК (на основании данных МСКТ и/или эхокардиографии); 3) отсутствие признаков несоответствия «протез – пациент» (средний трансклапанный градиент > 20 мм рт. ст., пиковая скорость потока через АК > 3 м/с, регургитация на протезе ≥ 2-й степени). Под процедурной летальностью понимали смерть после индексной процедуры и/или в течение последующих 72 ч.

### Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли с применением пакета программ SPSS Statistics версии 25 (IBM, Армонк, США). Количественные показатели представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение, качественные — абсолютного количества и долей в процентах от общего. Все количественные переменные прове-

ряли на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. При межгрупповом сравнении количественных переменных применяли t-критерий Стьюдента для независимых 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 технического неуспеха проводили многофакторный регрессионный анализ, в который в качестве независимых переменных (непрерывных и дихотомических категориальных) включали все параметры, которые потенциально могли быть связаны с техническим неуспехом процедуры.

### Результаты

Среднее значение угла корня аорты в общей популяции пациентов, направляемых на ТИАК, составило  $48,5 \pm 7,9^\circ$ . Из 412 включенных в исследование больных 200 имели  $UA \geq 49^\circ$  (в среднем  $55,0 \pm 4,9^\circ$ ), 212 —  $UA < 49^\circ$  (в среднем  $42,2 \pm 4,5^\circ$ ). Исходные клинико-инструментальные характеристики представлены в табл. 1. Средний возраст исследуемых —  $75,2 \pm 7,2$  года. Лиц мужского пола — 38,1 %. Большинство па-

**Табл. 1.** Исходные клинико-инструментальные характеристики пациентов

Параметр	Пациенты			p
	Всего, n = 412	Угол аорты < 49°, n = 212	Угол аорты ≥ 49°, n = 200	
<b>Клинические характеристики</b>				
Возраст, лет	75,2 ± 7,2	75,3 ± 7,0	75,1 ± 7,4	0,78
Мужской пол, n (%)	157 (38,1)	84 (39,6)	73 (36,5)	0,54
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	30,5 ± 6,3	29,4 ± 6,3	31,6 ± 6,0	<b>&lt; 0,001</b>
Гипертоническая болезнь, n (%)	384 (93,2)	194 (91,5)	190 (95,0)	0,18
Сахарный диабет, n (%)	127 (30,8)	66 (31,1)	61 (30,5)	0,91
Фибрилляция предсердий, n (%)	109 (26,5)	54 (25,5)	55 (27,5)	0,65
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	104 (25,2)	54 (25,5)	50 (25,0)	0,99
ОНМК/ТИА в анамнезе, n (%)	42 (10,2)	18 (8,5)	24 (12,0)	0,26
Онкопатология в анамнезе, n (%)	52 (12,6)	28 (13,2)	24 (12,0)	0,77
Чрескожное коронарное вмешательство в анамнезе, n (%)	166 (40,3)	77 (36,3)	89 (44,5)	0,10
Аортокоронарное шунтирование в анамнезе, n (%)	37 (9,0)	23 (10,8)	14 (7,0)	0,23
Электрокардиостимулятор в анамнезе, n (%)	27 (6,6)	13 (6,1)	14 (7,0)	0,84
EuroSCORE II, %	6,5 ± 5,1	6,5 ± 5,0	6,6 ± 5,3	0,84
STS-PROM, %	3,2 ± 1,8	3,3 ± 1,8	3,1 ± 1,7	0,25
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	67,9 ± 16,5	69,0 ± 15,3	66,6 ± 17,6	0,35
<b>Инструментальные характеристики</b>				
Фракция выброса левого желудочка, %	57,3 ± 12,8	57,2 ± 12,3	57,5 ± 13,3	0,81
Средний градиент давления аортального клапана, мм рт. ст.	54,5 ± 15,7	54,3 ± 15,1	54,7 ± 16,3	0,80
Пиковый градиент давления аортального клапана, мм рт. ст.	91,7 ± 24,0	91,3 ± 23,9	92,1 ± 24,2	0,74
Индексированная площадь отверстия аортального клапана, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,33 ± 0,12	0,35 ± 0,13	0,30 ± 0,10	<b>&lt; 0,001</b>
Индексированная масса миокарда левого желудочка, г/м <sup>2</sup>	174,1 ± 48,4	177,4 ± 51,3	170,6 ± 45,1	0,15
Средний диаметр фиброзного кольца аортального клапана, мм	24,1 ± 2,5	23,9 ± 2,4	24,3 ± 2,5	0,10
Средний периметр фиброзного кольца аортального клапана, мм	76,3 ± 7,6	75,9 ± 7,4	76,9 ± 7,7	0,18
Кальциноз выходного тракта левого желудочка, n (%)	35 (8,5)	17 (8,0)	18 (9,0)	0,73
Двухстворчатый аортальный клапан, n (%)	31 (7,5)	10 (4,7)	21 (10,5)	<b>0,040</b>
Длина мембранозной перегородки, мм	6,7 ± 1,9	6,8 ± 1,7	6,5 ± 2,0	0,10
Исходная полная блокада правой ножки пучка Гиса, n (%)	27 (6,5)	17 (8,0)	10 (5,0)	0,24

*Примечание.* ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ТИА — транзиторная ишемическая атака. Данные представлены как M ± SD или как n (%).

циентов в обеих группах имели промежуточный хирургический риск по шкалам EuroSCORE II — 6,5 ± 5,1 %, и STS-PROM — 3,2 ± 1,8 %. У больных с УА ≥ 49° отмечали более высокий индекс массы тела (31,6 ± 6,0 против 29,4 ± 6,3 кг/м<sup>2</sup>, p < 0,001), меньшую индексированную площадь отверстия АК (0,30 ± 0,10 против 0,35 ± 0,13 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, p < 0,001), а также значимо чаще фиксировали двухстворчатый АК (10,5 против 4,7 %, p = 0,040) в сравнении с пациентами с УА < 49°. По остальным клинико-инструментальным характеристикам исследуемые группы значимо не различались.

Процедурные характеристики представлены в табл. 2. По используемым типам биопротезов, не-

обходимости в пре- и постдилатации исследуемые группы значимо не различались, однако продолжительность флюороскопии была значимо выше в группе пациентов с УА ≥ 49° (23,3 ± 18,2 против 20,2 ± 9,7 мин, p = 0,030).

Процедурные результаты отражены в табл. 3. В общей популяции пациентов, включенных в исследование, среди больных с УА ≥ 49° отмечали значимо меньшую частоту технического успеха (88,0 против 95,8 %, p = 0,005), а также более высокие показатели аортальной регургитации 2-й степени и более (6,0 против 0,5 %, p = 0,001) в сравнении с группой УА < 49°. По остальным процедурным результатам значимых различий не выявили.

**Табл. 2.** Процедурные характеристики

Параметр	Пациенты			p	
	Всего, n = 412	Угол аорты < 49°, n = 212	Угол аорты ≥ 49°, n = 200		
Тип протеза, n (%)	CoreValve	171 (41,5)	90 (42,5)	81 (40,5)	0,69
	CoreValve Evolute R	136 (33,0)	65 (30,7)	71 (35,5)	0,35
	ACURATE neo	105 (25,5)	57 (26,8)	48 (24,0)	0,57
Размер протеза, мм	23	20 (4,8)	10 (4,7)	10 (5,0)	0,99
	25	51 (12,4)	29 (13,7)	22 (11,0)	0,46
	26	79 (19,2)	45 (21,2)	34 (17,0)	0,32
	27	40 (9,7)	20 (9,4)	20 (10,0)	0,87
	29	137 (33,3)	71 (33,5)	66 (33,0)	0,99
	31	32 (7,8)	14 (6,6)	18 (9,0)	0,46
	34	53 (12,8)	23 (10,9)	30 (15,0)	0,24
Предилатация, n (%)	304 (74,3)	158 (74,5)	148 (74,0)	0,91	
Постдилатация, n (%)	219 (53,2)	110 (51,9)	109 (54,5)	0,62	
Время флюороскопии, мин	21,7 ± 14,6	20,2 ± 9,7	23,3 ± 18,2	<b>0,030</b>	
Объем контрастного вещества, мл	207,5 ± 77,2	205,2 ± 77,6	209,9 ± 77,0	0,54	
Высокочастотная электрокардиостимуляция через проводник в левом желудочке, n (%)	49 (11,9)	21 (9,9)	28 (14)	0,22	
Глубина имплантации биопротеза, мм	5,1 ± 2,5	5,2 ± 2,5	5,0 ± 2,6	0,43	

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

**Табл. 3.** Процедурные результаты

Параметр	Пациенты			p
	Всего, n = 412	Угол аорты < 49°, n = 212	Угол аорты ≥ 49°, n = 200	
Технический успех, n (%)	379 (92,0)	203 (95,8)	176 (88,0)	<b>0,005</b>
Процедурная смертность, n (%)	6 (1,5)	3 (1,4)	3 (1,5)	0,99
Дислокация протеза, n (%)	3 (0,7)	2 (0,9)	1 (0,5)	0,99
Разрыв фиброзного кольца аортального клапана, n (%)	1 (0,2)	0 (0)	1 (0,5)	0,49
Обструкция коронарных артерий, n (%)	1 (0,2)	0 (0)	1 (0,5)	0,49
Инсульт, n (%)	13 (3,2)	8 (3,8)	5 (2,5)	0,58
Необходимость в гемодиализе, n (%)	8 (1,9)	3 (1,4)	5 (2,5)	0,49
Впервые возникшая полная блокада левой ножки пучка Гиса, n (%)	61 (14,8)	32 (15,1)	29 (14,5)	0,89
Имплантация постоянного электрокардиостимулятора, n (%)	30 (7,3)	16 (7,5)	14 (7,0)	0,85
Средний градиент давления аортального клапана, мм рт. ст.	8,6 ± 4,2	8,3 ± 4,4	8,8 ± 4,0	0,23
Аортальная регургитация ≥ 2-й степени, n (%)	13 (3,2)	1 (0,5)	12 (6,0)	<b>0,001</b>

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

Процедурные результаты ТИАК для отдельных типов биопротезов — CoreValve (Medtronic, Миннеаполис, США), CoreValve Evolute R (Medtronic, Миннеаполис, США), ACURATE neo (Boston Scientific, Мальборо, США) — представлены в табл. 4 и 5, а также на рис. 2. В подгруппе пациентов с имплантированным протезом CoreValve первого поколения и углом аорты ≥ 49°

значимо чаще наблюдалась аортальная регургитация 2-й степени и более (7,4 против 0,0 %, p = 0,010), значимо реже — технический успех (90,1 против 98,9 %, p = 0,010) в сравнении с аналогичной подгруппой больных с УА < 49°. В подгруппах CoreValve Evolute R и ACURATE neo значимых различий по этим параметрам не выявили ни в одной из групп.

**Табл. 4.** Процедурные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана с применением биопротеза CoreValve

Параметр	CoreValve			
	Угол аорты < 49°, n = 90	Угол аорты ≥ 49°, n = 81	p	
Размер биопротеза, мм	26	34 (37,8)	21 (25,9)	0,14
	29	42 (46,7)	43 (53,1)	0,45
	31	14 (15,5)	17 (21,0)	0,43
Предилатация, n (%)	54 (60,0)	54 (66,7)		0,43
Постдилатация, n (%)	35 (38,9)	39 (48,1)		0,28
Время флюороскопии, мин	25,9 ± 9,9	27,9 ± 10,2		0,19
Объем контрастного вещества, мл	221,9 ± 69,7	223,1 ± 67,8		0,90
Глубина имплантации, мм	6,7 ± 2,4	6,3 ± 2,8		0,32
Средний трансклапанный градиент, мм рт. ст.	8,0 ± 3,8	8,7 ± 4,1		0,25
Аортальная регургитация ≥ 2-й степени, n (%)	0 (0)	6 (7,4)		<b>0,010</b>
Технический успех, n (%)	89 (98,9)	73 (90,1)		<b>0,010</b>
Процедурная смертность, n (%)	1 (1,1)	3 (3,7)		0,35
Дислокация, требующая репротезирования, n (%)	1 (1,1)	0 (0)		0,99
Разрыв фиброзного кольца аортального клапана, n (%)	0 (0)	1 (1,2)		0,47
Обструкция коронарных артерий, n (%)	0 (0)	1 (1,2)		0,47
Инсульт, n (%)	5 (5,6)	2 (2,5)		0,45
Необходимость в гемодиализе, n (%)	2 (2,2)	4 (4,9)		0,42
Имплантация постоянного электрокардиостимулятора, n (%)	8 (8,9)	11 (13,6)		0,34

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

**Табл. 5.** Процедурные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана с применением биопротезов нового поколения CoreValve Evolute R и ACURATE neo

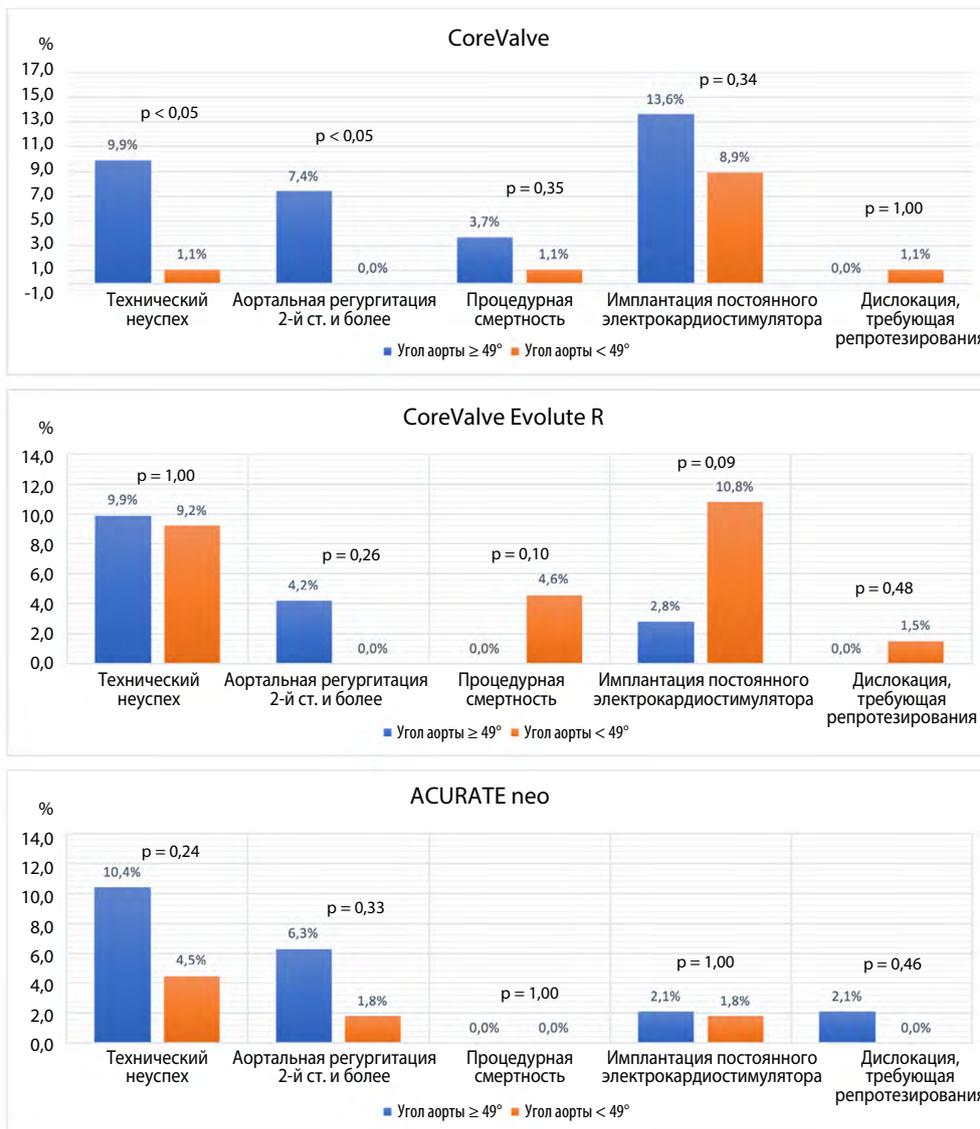
Параметр	CoreValve Evolute R			ACURATE neo			
	Угол аорты < 49°, n = 65	Угол аорты ≥ 49°, n = 71	p	Угол аорты < 49°, n = 57	Угол аорты ≥ 49°, n = 48	p	
Размер протеза, мм	23	2 (3,1)	3 (4,2)	1,00	8 (14,0)	7 (14,6)	0,99
	25	–	–	–	29 (50,9)	21 (43,7)	0,56
	26	11 (16,9)	13 (18,3)	1,00	–	–	–
	27	–	–	–	20 (35,1)	20 (41,7)	0,55
	29	29 (44,6)	23 (32,4)	0,16	–	–	–
	34	23 (35,4)	32 (45,1)	0,29	–	–	–
Предилатация, n (%)	51 (78,5)	48 (67,6)	0,18	53 (93,0)	46 (95,8)	0,69	
Постдилатация, n (%)	34 (52,3)	42 (59,2)	0,49	41 (71,9)	28 (58,3)	0,16	
Время флюороскопии, мин	18,0 ± 8,4	19,8 ± 10,1	0,26	14,0 ± 4,7	16,4 ± 6,6	<b>0,030</b>	
Объем контрастного вещества, мл	208,5 ± 86,8	217,3 ± 82,1	0,54	175,6 ± 70,3	179,8 ± 71,9	0,76	
Глубина имплантации, мм	4,5 ± 2,2	4,6 ± 2,5	0,81	4,1 ± 2,0	4,2 ± 1,9	0,79	
Средний трансклапанный градиент, мм рт. ст.	8,1 ± 5,0	8,5 ± 4,3	0,62	9,1 ± 4,5	9,5 ± 3,3	0,61	
Аортальная регургитация ≥ 2-й степени, n (%)	0 (0)	3 (4,2)	0,26	1 (1,8)	3 (6,3)	0,33	
Технический успех, n (%)	59 (90,8)	64 (90,1)	1,00	55 (96,5)	43 (89,6)	0,24	
Процедурная смертность, n (%)	3 (4,6)	0 (0)	0,10	0 (0)	0 (0)	0,99	
Дислокация, требующая репротезирования, n (%)	1 (1,5)	0 (0)	0,48	0 (0)	1 (2,1)	0,46	
Разрыв фиброзного кольца аортального клапана, n (%)	0 (0)	0 (0)	1,00	0 (0)	0 (0)	0,99	
Обструкция коронарных артерий, n (%)	0 (0)	0 (0)	1,00	0 (0)	0 (0)	0,99	
Инсульт, n (%)	1 (1,5)	3 (4,2)	0,62	2 (3,5)	0 (0)	0,49	
Необходимость в гемодиализе, n (%)	1 (1,5)	0 (0)	0,48	0 (0)	1 (2,1)	0,46	
Имплантация постоянного электрокардиостимулятора, n (%)	7 (10,8)	2 (2,8)	0,090	1 (1,8)	1 (2,1)	0,99	

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

**Рис. 2.** Процедурные результаты транскатетерной имплантации аортального клапана с применением различных транскатетерных систем

*Примечание.*

Технический неуспех соответствует частоте случаев, в которых не был достигнут технический успех.



Результаты многофакторного регрессионного анализа предикторов технического неуспеха ТИАК представлены в табл. 6. Независимые предикторы технического неуспеха при ТИАК: угол корня аорты [отношение шансов (ОШ) на каждое увеличение градуса: 0,44, 95% доверительный интервал (ДИ): 0,30–0,63, p < 0,001], отсутствие постдилатации [ОШ: 5,0, 95% ДИ: 1,33–20,00, p = 0,074], значение индексированной массы миокарда левого желудочка [ОШ: 1,02, 95% ДИ: 1,01–1,03, p = 0,003], а также более высокая имплантация протеза относительно ФК аортального клапана [ОШ на каждый 1 мм уменьшения глубины имплантации: 0,44, 95% ДИ: 0,30–0,63, p < 0,001].

**Обсуждение**

Увеличенная ангуляция корня аорты (≥ 49°) неблагоприятно влияла на технический успех процедуры исключительно для пациентов, которым имплантировали транскатетерный протез первого поколения CoreValve. При использовании протезов новой генерации CoreValve Evolute R и ACURATE neo такой зависимости нет. Наряду с увеличенной ангуляцией аорты независимыми предикторами технического неуспеха ТИАК являются отсутствие постдилатации, значение индексированной массы миокарда левого желудочка, а также более высокая имплантация протеза относительно ФК аортального клапана.

Табл. 6. Предикторы технического неуспеха транскатетерной имплантации аортального клапана

Фактор	Отношение шансов	95% доверительный интервал	p
Возраст	0,99	0,90–1,09	0,86
Мужской пол	1,14	0,28–4,60	0,85
Гипертоническая болезнь	0,79	0,09–7,31	0,84
Индекс массы тела	0,95	0,84–1,08	0,41
Преддилатация	0,84	0,20–3,54	0,81
Постдилатация	0,20	0,05–0,75	<b>0,02</b>
Угол корня аорты	0,44	0,30–0,63	<b>&lt; 0,001</b>
STS-PROM	1,09	0,76–1,59	0,64
EuroSCORE II	0,96	0,82–1,12	0,62
Индексированная масса миокарда левого желудочка	1,02	1,01–1,03	<b>0,003</b>
Глубина имплантации	0,44	0,30–0,63	<b>&lt; 0,001</b>
Сахарный диабет	0,87	0,23–3,38	0,84
Скорость клубочковой фильтрации	0,97	0,92–1,02	0,19
Фибрилляция предсердий	4,17	0,75–19,40	0,16
Двухстворчатый аортальный клапан	0,62	0,08–4,96	0,65
Чрескожное коронарное вмешательство в анамнезе	3,67	0,74–18,28	0,11
Аортокоронарное шунтирование в анамнезе	3,67	0,02–2,37	0,21
CoreValve против CoreValve Evolute R	3,72	0,63–21,86	0,15
ACURATE neo против CoreValve Evolute R	1,13	0,26–4,87	0,87

Увеличенная ангуляция корня аорты у пациентов, направляемых на ТИАК, — важный анатомический фактор, который может обусловить технические трудности и ухудшить непосредственные и отдаленные клинические результаты [10; 11]. Так, увеличение угла корня аорты может затруднить прохождение протеза и системы доставки через дегенеративно измененный АК, а также препятствовать коаксиальному выравниванию протеза в ФК. Трудности в позиционировании устройства могут побудить оператора к более глубокой имплантации протеза, что является потенциальной причиной клинически значимых нарушений атрио-вентрикулярной проводимости. Более того, деформация протеза в корне аорты на фоне выраженной кальцификации АК может обуславливать более высокую частоту остаточной парапротезной регургитации [11; 12].

При рассмотрении вопроса горизонтально ориентированного корня аорты важно акцентировать внимание на клинико-демографических характеристиках этой группы пациентов. В представленном нами исследовании у больных с увеличенной ангуляцией корня аорты ( $\geq 49^\circ$ ) отмечался более высокий индекс массы тела в сравнении с группой пациентов с УА  $< 49^\circ$  ( $31,6 \pm 6,0$  против  $29,4 \pm 6,3$  кг/м<sup>2</sup> соответственно,  $p < 0,05$ ). W. Lv и соавт. [13] и A. Sharma

и соавт. [14] описали связь избыточной массы тела с определенными анатомическими особенностями больных, направляемых на ТИАК, и обозначили такую зависимость как «парадокс ожирения». Полученные нами данные соотносятся с результатами исследований, в которых была продемонстрирована связь между ангуляцией корня аорты и индексом массы тела [15–17]. Таким образом, можно предположить, что угол корня аорты представляет собой динамическое анатомическое состояние, которое, во-первых, зависит от индивидуальных особенностей человека, а во-вторых, может изменяться с течением времени.

Взаимосвязь между более высоким значением угла корня аорты и частотой процедурного успеха ТИАК впервые описали M.A. Sherif и соавт. в 2010 г. [18]. Авторы продемонстрировали большую частоту выраженной аортальной регургитации при увеличении угла корня аорты, определяемого на основании предоперационной вентрикулографии (CoreValve первого поколения,  $n = 50$ ). Основные ограничения указанного исследования — относительно небольшое число пациентов, отсутствие информации о средних значениях ангуляции корня аорты и оценки угла аорты по данным мультиспиральной компьютерной томографии.

У. Abramowitz и соавт. описали негативное влияние увеличенной ангуляции корня аорты на технический успех ТИАК при использовании саморасширяющихся биопротезов [17]. Численное отсечение для ангуляции аорты с самой высокой чувствительностью и специфичностью для технического успеха составило  $\geq 48^\circ$  (чувствительность 85 %, специфичность 61 %). В группе пациентов с ангуляцией аорты  $\geq 48^\circ$  отмечали большую частоту дислокации протеза, репротезирования, парапротезной регургитации не менее легкой степени, а также большее время флюороскопии. При этом клинические результаты через 30 дней и 6 мес. не различались между группами с ангуляцией аорты  $\geq 48^\circ$  и  $< 48^\circ$ . Результаты ТИАК авторы оценивали исключительно для транскатетерных протезов первого поколения, как и М.А. Sherif и соавт.

Если рассматривать эффективность транскатетерного протезирования АК с использованием биопротезов первого поколения при горизонтальном типе аорты, то полученные нами данные в целом соотносятся с результатами У. Abramowitz и соавт. В группе пациентов с УА  $\geq 49^\circ$  мы также наблюдали значимо меньшую частоту технического успеха при использовании биопротезов первого поколения CoreValve (90,1 против 98,9 %,  $p = 0,010$ ). Стоит, однако, отметить крайне высокую частоту репротезирования в исследовании У. Abramowitz и соавт.: 21,7 % в группе УА  $\geq 48^\circ$ . В нашем регистре в подгруппе протезов CoreValve у больных с увеличенной ангуляцией аорты не было потребности в репротезировании.

F. Gallo и соавт. опубликовали результаты крупного регистра HORSE, в котором оценивали частоту технического успеха ТИАК при горизонтальном типе аорты и использовании биопротезов нового поколения (CoreValve Evolute R/PRO и ACURATE neo) [3]. В указанной когорте пациентов пороговое значение УА с самыми высокими чувствительностью и специфичностью для прогнозирования технического успеха составило  $49^\circ$ . При этом горизонтальная аорта влияла на процедурные результаты исключительно при имплантации биопротезов CoreValve Evolut R/PRO, где меньший технический успех был обусловлен более высокими показателями регургитации не ниже умеренной степени, а также процедурной смерти. Важным ограничением регистра является отсутствие данных о потенциальном влиянии на процедурный успех двухстворчатого АК. Наши результаты не согласуются с полученными в регистре HORSE: между группами пациентов с ангуляцией аорты  $\geq 49^\circ$  и  $< 49^\circ$  нет значимых разли-

чий по основным клиническим точкам (технический успех, процедурная смертность, регургитация 2-й степени и более) в зависимости от типа используемого протеза (CoreValve Evolute R или ACURATE neo). При сопоставлении полученных данных стоит принимать во внимание значительную разницу в количестве участников исследования.

Важным анатомическим фактором, который потенциально может влиять как на технический успех, так и на отдаленные результаты ТИАК, является двухстворчатый АК [18–20]. Однако в большинстве исследований его наличие — критерий исключения. Тем не менее оценка влияния этого фактора на процедурные результаты крайне важна, так как отражает реальную клиническую практику. В представленном нами исследовании двухстворчатый АК значимо чаще наблюдался в группе пациентов с УА  $\geq 49^\circ$  (10,5 против 4,7 %,  $p = 0,040$ ). Безусловно, это могло отразиться на результатах и повлиять на частоту технического успеха, особенно для биопротезов первого поколения. Однако при многофакторном регрессионном анализе мы не выявили прогностической значимости данного фактора в отношении технического успеха ТИАК в исследуемой когорте больных [ОШ: 0,62, 95% ДИ: 0,08–4,96,  $p = 0,65$ ].

Несмотря на то что горизонтально ориентированный корень аорты значительно усложняет транскатетерную имплантацию АК, интервенционная кардиология сегодня располагает хирургическим инструментарием, оборудованием и программным обеспечением (биопротезы нового поколения, проводники повышенной жесткости, системы для 3D-навигационной имплантации и др.), которые позволяют добиться процедурного успеха в самых сложных клинических ситуациях [21]. При этом определяющими факторами в достижении оптимальных результатов транскатетерных вмешательств на клапанном аппарате сердца являются опыт оперирующего хирурга и слаженная работа всей операционной бригады.

### Ограничения

Исследование ретроспективное с относительно небольшой выборкой пациентов. Отсутствие псевдорандомизации и различие исследуемых групп по таким клиническим факторам, как индекс массы тела, двухстворчатый АК, индексированная площадь отверстия АК, могли частично исказить результаты. Пороговое значение УА  $49^\circ$  для выделения группы пациентов с увеличенной ангуляцией выбрали на основании полученного среднего зна-

чения УА  $48,5 \pm 7,9^\circ$  в исследуемой выборке больных и данных регистра HORSE о наибольшей чувствительности и специфичности этого значения для процедурного успеха ТИАК [3]. Таким образом, конкретные прогностически значимые пороговые значения ангуляции аорты, а также потенциально более эффективный вид устройств при горизонтальном типе аорты еще предстоит установить в крупных проспективных рандомизированных исследованиях.

## Закключение

В представленном регистре увеличенная ангуляция аорты ( $\geq 49^\circ$ ) неблагоприятно влияла на технический успех ТИАК исключительно при имплантации биопротезов первого поколения CoreValve, но не при использовании биопротезов нового поколения CoreValve Evolute R и ACURATE neo. Независимыми предикторами технического неуспеха ТИАК являлись угол корня аорты, отсутствие постдилатации, значение индексированной массы миокарда левого желудочка, а также более высокая имплантация протеза относительно ФК аортального клапана.

## Список литературы / References

- Makkar R.R., Fontana G.P., Jilaihawi H., Kapadia S., Pichard A.D., Douglas P.S., Thourani V.H., Babaliaros V.C., Webb J.G., Herrmann H.C., Bavaria J.E., Kodali S., Brown D.L., Bowers B., Dewey T.M., Svensson L.G., Tuzcu M., Moses J.W., Williams M.R., Siegel R.J., Akin J.J., Anderson W.N., Pocock S., Smith C.R., Leon M.B.; PARTNER Trial Investigators. Transcatheter aortic-valve replacement for inoperable severe aortic stenosis. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1696-1704. PMID: 22443478. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1202277>
- Kodali S.K., Williams M.R., Smith C.R., Svensson L.G., Webb J.G., Makkar R.R., Fontana G.P., Dewey T.M., Thourani V.H., Pichard A.D., Fischbein M., Szeto W.Y., Lim S., Greason K.L., Teirstein P.S., Malaisrie S.C., Douglas P.S., Hahn R.T., Whisenant B., Zajarias A., Wang D., Akin J.J., Anderson W.N., Leon M.B.; PARTNER Trial Investigators. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1686-1695. PMID: 22443479. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1200384>
- Gallo F., Gallone G., Kim W.-K., Reifart J., Veulemans V., Zeus T., Toggweiler S., De Backer O., Søndergaard L., Mangieri A., Khokhar A., De Marco F., Regazzoli D., Reimers B., Muntané-Carol G., Estévez-Loureiro R., Espino A., Moscarelli M., Armario X., Mylotte D., Gorla R., Bhadra O.D., Conradi L., Donday L.A.M., Nombela-Franco L., Barbanti M., Reddavid C., Criscione E., Brugaletta S., Regueiro A., Pérez-Fuentes P., Nicolini E., Piva T., Tzanis G., Rodes-Cabau J., Colombo A., Giannini F. Horizontal aorta in transcatheter self-expanding valves: insights from the HORSE international multicentre registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2021;14(9):e010641. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.121.010641>
- Zhou D., Chen J., Fan J., Yidilisi A., Dai H., Xu Y., Zhu G., Guo Y., Wang J., Liu X. Self-expanding transcatheter aortic valve replacement in patients with extremely horizontal aortas. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022;99(Suppl 1):1432-1439. PMID: 35094487. <https://doi.org/10.1002/ccd.30094>
- 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>
- 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.* 2021;43(7):561-632. PMID: 34453165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
- Nashef S.A.M., Roques F., Sharples L.D., Nilsson J., Smith C., Goldstone A.R., Lockowandt U. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(4):734-744. PMID: 22378855. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs043>
- 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.; Society of Thoracic Surgeons Quality Measurement Task Force. 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>
- Kappetein A.P., Head S.J., Généreux P., Piazza N., van Mieghem N.M., Blackstone E.H., Brott T.G., Cohen D.J., Cutlip D.E., van Es G.-A., Hahn R.T., Kirtane A.J., Krucoff M.W., Kodali S., Mack M.J., Mehran R., Rodés-Cabau J., Vranckx P., Webb J.G., Windecker S., Serruys P.W., Leon M.B. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: the Valve Academic Research Consortium-2 consensus document. *Eur Heart J.* 2012;33(19):2403-2418. PMID: 23026477. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs255>
- Di Stefano D., Colombo A., Mangieri A., Gallone G., Tzanis G., Laricchia A., Baldetti L., Palmisano A., Esposito A., Gallo F., Latib A., Montorfano M., Giannini F. Impact of horizontal aorta on procedural and clinical outcomes in second-generation transcatheter aortic valve implantation. *EuroIntervention.* 2019;15(9):e749-e756. PMID: 31334701. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-00455>
- Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Саличкин Д.В., Лепилин П.М., Колгаев А.С., Терновой С.К., Акчурун Р.С. Транскатетерное протезирование аортального клапана при горизонтально расположенном корне аорты. *Кардиологический вестник.* 2018;13(1):40-44. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin201813140-44>
- Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Саличкин Д.В., Лепилин П.М., Колгаев А.С., Терновое С.К., Акчурун Р.С. Transcatheter aortic valve implantation in horizontal aortic root. *Kardiologicheskii Vestnik = Russian Cardiology Bulletin.* 2018;13(1):40-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin201813140-44>
- Abdel-Wahab M., Kitamura M., Thiele H. TAVI and horizontal aorta: a “no impact” relationship? *EuroIntervention.* 2019;15(9):e736-e738. PMID: 31579008. <https://doi.org/10.4244/EIJV15I9A136>

13. Lv W, Li S, Liao Y, Zhao Z, Che G, Chen M, Feng Y. The 'obesity paradox' does exist in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation for aortic stenosis: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;25(4):633-642. PMID: 28962502. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx191>
14. Sharma A, Lavie C.J, Elmariah S, Borer J.S, Sharma S.K, Vemulapalli S, Yerokun B.A, Li Z, Matsouaka R.A, Marmur J.D. Relationship of body mass index with outcomes after transcatheter aortic valve replacement: results from the National Cardiovascular Data-STs/ACC TVT registry. *Mayo Clin Proc.* 2020;95(1):57-68. PMID: 31902429. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.09.027>
15. Moscarelli M, Gallo F, Gallone G, Kim W.-K, Reifart J, Veulemans V, Zeus T, Toggweiler S, De Backer O, Søndergaard L, Mangieri A, De Marco F, Regazzoli D, Reimers B, Muntané-Carol G, Lauriero R.E, Armario X, Mylotte D, Bhadra O.D, Conradi L, Donday L.A.M, Nombela-Franco L, Barbanti M, Reddavid C, Brugaletta S, Nicolini E, Tzanis G, Rodes-Cabau J, Colombo A, Giannini F. Aortic angle distribution and predictors of horizontal aorta in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Int J Cardiol.* 2021;338:58-62. PMID: 34090956. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.05.054>
16. Gorla R, De Marco F, Garatti A, Bianchi G, Rubbio A.P, Acerbi E, Casenghi M, Spagnolo P, Brambilla N, Testa L, Agnifili M.L, Tusa M, Bedogni F. Impact of aortic angle on transcatheter aortic valve implantation outcome with Evolut-R, Portico, and Acurate-NEO. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2021;97(1):E135-E145. PMID: 32400068. <https://doi.org/10.1002/ccd.28957>
17. Abramowitz Y, Maeno Y, Chakravarty T, Kazuno Y, Takahashi N, Kawamori H, Mangat G, Cheng W, Jilalawi H, Makkar R.R. Aortic angulation attenuates procedural success following self-expandable but not balloon-expandable TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2016;9(8):964-972. PMID: 27424244. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.02.030>
18. Sherif M.A, Abdel-Wahab M, Stöcker B, Geist V, Richardt D, Tölg R, Richardt G. Anatomic and procedural predictors of paravalvular aortic regurgitation after implantation of the Medtronic CoreValve bioprosthesis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;56(20):1623-1629. PMID: 21050971. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.06.035>
19. Fedak P.W, Verma S, David T.E, Leask R.L, Weisel R.D, Butany J. Clinical and pathophysiological implications of a bicuspid aortic valve. *Circulation.* 2002;106(8):900-904. PMID: 12186790. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000027905.26586.e8>
20. Makkar R.R, Yoon S.-H, Leon M.B, Chakravarty T, Rinaldi M, Shah P.B, Skipper E.R, Thourani V.H, Babaliaros V, Cheng W, Trento A, Vemulapalli S, Kapadia S.R, Kodali S, Mack M.J, Tang G.H.L, Kaneko T. Association between transcatheter aortic valve replacement for bicuspid vs tricuspid aortic stenosis and mortality or stroke. *JAMA.* 2019;321(22):2193-2202. PMID: 31184741; PMCID: PMC6563564. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.7108>
21. Kim M.S, Bracken J, Eshuis P, Chen S.Y.J, Fullerton D, Cleveland J, Messenger J.C, Carroll J.D. Use of short roll C-arm computed tomography and fully automated 3D analysis tools to guide transcatheter aortic valve replacement. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016;32(7):1145-1152. PMID: 27091735. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-0886-0>

## Immediate outcomes of transcatheter aortic valve implantation in patients with horizontal aorta

**Aleksey A. Baranov, Oleg V. Krestyaninov, Aram G. Badoian, Dmitrii A. Khelimsii, Serezha N. Manukian, Aryuna Yu. Tsydenova, Mamurzhon A. Makhmudov**

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 implantation (TAVI) is an effective and safe procedure for severe aortic stenosis. Increased aortic root angulation is an important anatomical feature that may cause technical difficulties and negatively affect immediate and long-term outcomes.

**Objective:** To evaluate immediate outcomes of TAVI in patients with increased aortic root angulation.

**Methods:** Our retrospective single-center study included 412 patients with severe aortic stenosis who underwent TAVI using self-expanding bioprostheses from 2015 to 2022. Patients with aortic root angulation  $\geq 49^\circ$  were included in group 1 ( $n = 200$ ), and those with aortic root angulation  $< 49^\circ$  comprised group 2 ( $n = 212$ ).

**Results:** The mean age of the patients was  $75.2 \pm 7.2$  years. In a subgroup with the first-generation CoreValve prosthesis and a  $\geq 49^\circ$  angle, we observed moderate aortic regurgitation significantly more often (7.4% vs 0.0%,  $P = .010$ ) and technical success significantly less often (90.1% vs 98.9%,  $P = .010$ ) compared with a similar subgroup with a  $< 49^\circ$  angle. In subgroups with CoreValve Evolute R and ACURATE neo prostheses, there were no significant differences in terms of the mentioned parameters. Independent predictors of technical failure were the aortic root angle [OR for each degree increase: 0.44, 95% CI: 0.30-0.63,  $P < .001$ ], no postdilation [OR: 5.0, 95% CI: 1.33-20.00,  $P = .074$ ], indexed mass of the left ventricular myocardium [OR: 1.02, 95% CI: 1.01-1.03,  $P = .003$ ], and higher implantation relative to the aortic annulus [OR for every 1 mm decrease in implantation depth: 0.44, 95% CI: 0.30-0.63,  $P < .001$ ].

**Conclusion:** Increased aortic angulation  $\geq 49^\circ$  negatively affected the technical success of TAVI only in patients with the first-generation CoreValve prostheses. Independent predictors of technical failure in TAVI were the aortic root angle, no postdilation, indexed mass of the left ventricular myocardium, and higher implantation relative to the aortic annulus.

**Keywords:** Aorta; Aortic Valve Insufficiency; Aortic Valve Stenosis; Bioprosthesis; Myocardium; Retrospective Studies; Transcatheter Aortic Valve Replacement

Received 9 January 2023. Revised 10 May 2023. Accepted 30 May 2023.

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

**Conflict of interest:** The 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

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

Statistical analysis: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian

Drafting the article: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, S.N. Manukian, A.Yu. Tsydenova, M.A. Makhmudov

Critical revision of the article: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, S.N. Manukian, A.Yu. Tsydenova, M.A. Makhmudov

Final approval of the version to be published: A.A. Baranov, O.V. Krestyaninov, D.A. Khelimskii, A.G. Badoian, S.N. Manukian, A.Yu. Tsydenova, M.A. Makhmudov

**ORCID**

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

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

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

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

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

A.Yu. Tsydenova, <https://orcid.org/0000-0003-4010-7518>

M.A. Makhmudov, <https://orcid.org/0000-0001-7627-4890>

**Copyright:** © 2023 Baranov et al.

**How to cite:** Baranov A.A., Krestyaninov O.V., Badoian A.G., Khelimskii D.A., Manukian S.N., Tsydenova A.Yu., Makhmudov M.A. Immediate outcomes of transcatheter aortic valve implantation in patients with horizontal aorta. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2023;27(2):54-65. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-2-54-65>

