

DOI: <https://doi.org/10.17650/2782-3202-2023-3-4-35-40>

ТРАНСКАТЕТЕРНОЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПРИ ПОСТЛУЧЕВОМ АОРТАЛЬНОМ СТЕНОЗЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

А.А. Ахобеков¹, П.А. Зейналова^{1,2}, Ю.Е. Рябухина¹, Д.А. Чекини¹

¹Клинический госпиталь «Лапино» группы компаний «Мать и дитя»; Россия, 143081 Московская обл., д. Лапино, 1-е Успенское шоссе, 111;

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); Россия, 119991 Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Контакты: Альберт Амалиевич Ахобеков alber-t7@mail.ru

Аортальный стеноз – один из самых распространенных видов приобретенных пороков сердца у взрослых. Около 2 % людей старше 65 лет и 4 % людей старше 85 лет страдают данной патологией. Одной из частых причин развития аортального стеноза является лучевая терапия с облучением средостения по поводу злокачественных новообразований, локализующихся в области грудной клетки. По данным Американского общества клинической онкологии, сердечно-сосудистые осложнения имеют тенденцию к развитию у 10–30 % пациентов, получающих лучевую терапию, обычно после среднего периода наблюдения от 5 до 10 лет. Среди сердечно-сосудистых осложнений лучевой терапии клапанные болезни составляют около 80 %, и значительная их часть представлена аортальным стенозом. Лучевое воздействие приводит к позднему рубцеванию, фиброзу, утолщению, ретракции и кальцификации створок аортального клапана, что способствует ограничению их движения и, как следствие, сужению отверстия аортального клапана. Средняя продолжительность жизни больных со стенозом аортального клапана после появления коронарной симптоматики или синкопальных состояний составляет примерно 3 года, а от начала проявлений застойной сердечной недостаточности – около полутора лет. Протезирование аортального клапана – единственный эффективный и радикальный метод лечения пациентов с аортальным стенозом, позволяющий улучшить состояние и продлить жизнь больного. Транскатетерные методы протезирования аортального клапана являются методом выбора в лечении данной категории больных.

Ключевые слова: аортальный стеноз, протезирование аортального клапана, транскатетерное протезирование аортального клапана

Для цитирования: Ахобеков А.А., Зейналова П.А., Рябухина Ю.Е., Чекини Д.А. Транскатетерное протезирование при постлучевом аортальном стенозе: обзор литературы. MD-Onco 2023;3(4):35–40. <https://doi.org/10.17650/2782-3202-2023-3-4-35-40>

TRANSCATHETER PROSTHETICS IN POST-RADIATION AORTIC STENOSIS: A REVIEW OF LITERATURE

A.A. Akhobekov¹, P.A. Zeynalova^{1,2}, Yu.E. Ryabukhina¹, D.A. Chekini¹

¹Clinical Hospital “Lapino” of the “Mother and Child” Group of companies; 111 1st Uspenskoe Shosse, Lapino, Moscow region 143081, Russia;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 2, 8 Trubetskaya St., Moscow 119991, Russia;

Contacts: Albert Amalievich Akhobekov alber-t7@mail.ru

Aortic stenosis belongs to the most common acquired cardiac defects in adults, affecting about 2 % of those over 65 years old and 4 % of those over 85 years old. One of the common causes of aortic stenosis is radiation therapy of the mediastinum for malignant neoplasms localised in the thorax. According to the American Society of Clinical Oncology, 10–30 % of patients receiving radiation therapy tend to develop cardiovascular complications, usually after an average follow-up period of 5 to 10 years. About 80 % of cardiovascular complications of radiation therapy are valve diseases, aortic stenosis accounting for a significant part of them. Radiation causes late cicatrisation, fibrous thickening, retraction and calcification of aortic valve cusps, contributing to the restriction of their movement and therefore to the narrowing of the aortic valve orifice.

Patients with aortic valve stenosis have an average lifespan of about 3 years after coronary symptoms or syncopal conditions appear, and about 1.5 years after congestive heart failure begins to manifest. Aortic valve prosthetics is the sole effective and radical treatment

method for patients with aortic valve stenosis that allows to improve their condition and prolong their life. Transcatheter aortic valve prosthetics are the treatment of choice in this category of patients.

Keywords: aortic stenosis, aortic valve prosthetics, transcatheter aortic valve prosthetics

For citation: Akhobekov A.A., Zeynalova P.A., Ryabukhina Yu.E., Chekini D.A. Transcatheter prosthetics in post-radiation aortic stenosis: a review of literature. MD-Onco 2023;3(4):35–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/2782-3202-2023-3-4-35-40>

ВВЕДЕНИЕ

Аортальный стеноз – один из самых распространенных видов приобретенных пороков сердца у взрослых, характеризующийся сужением выводного отдела аорты за счет срачивания створок ее клапана, препятствующим нормальному току крови из левого желудочка в аорту. Около 2 % людей старше 65 лет и 4 % людей старше 85 лет страдают данной патологией [1]. Чаще всего причиной развития аортального стеноза является возрастная кальциноз трехстворчатого или врожденного двустворчатого аортального клапана. Нередко аортальный стеноз становится следствием ревматической болезни сердца. Значительно реже аортальный стеноз встречается как осложнение у пациентов с хронической почечной недостаточностью, системной красной волчанкой, сахарным диабетом и болезнью Педжета [2].

Особое место среди причин развития аортального стеноза занимает лучевая терапия (ЛТ) с облучением средостения по поводу злокачественных новообразований, локализующихся в области грудной клетки. По данным Американского общества клинической онкологии, сердечно-сосудистые осложнения имеют тенденцию к развитию у 10–30 % пациентов, получающих ЛТ, обычно после среднего периода наблюдения от 5 до 10 лет. Среди сердечно-сосудистых осложнений ЛТ клапанные болезни составляют около 80 %, значительная их часть представлена аортальным стенозом. Лучевое воздействие приводит к позднему рубцеванию, фиброзу утолщению, ретракции и кальцификации створок аортального клапана, что способствует ограничению их движения и, как следствие, сужению отверстия аортального клапана [3, 4].

Коррекция порока показана симптомным пациентам с тяжелым, высокоградиентным аортальным стенозом (средний градиент ≥ 40 мм рт.ст. или пиковая скорость $\geq 4,0$ м/с), а также некоторым симптомным пациентам со средним градиентом < 40 мм рт.ст. Важно подчеркнуть, что даже в случаях бессимптомного течения порока при высокоградиентном аортальном стенозе необходимо рассматривать возможность проведения коррекции порока аортального клапана. Это связано с высоким риском развития фатальных сердечно-сосудистых событий в течение 2 лет после выявления тяжелого аортального стеноза даже при его бессимптомном течении, особенно у пожилых больных. Средняя продолжительность жизни больных

со стенозом аортального клапана после появления коронарной симптоматики или синкопальных состояний составляет примерно 3 года, а от начала проявлений застойной сердечной недостаточности – около полутора лет [5].

Протезирование аортального клапана является единственным эффективным и радикальным методом лечения пациентов с аортальным стенозом, призванным улучшить состояние и продлить жизнь больного.

ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИКА ОПЕРАЦИИ

Существуют хирургические и транскатетерные методы протезирования аортального клапана.

Поскольку большинство пациентов с данной патологией относятся к категории людей пожилого возраста, часто встречаются пациенты высокого хирургического риска и неоперабельные из-за тяжести состояния.

Перед проведением транскатетерной имплантации аортального клапана кроме стандартного предоперационного обследования, коронарографии и эхокардиографии в обязательном порядке выполняется мультиспиральная компьютерная ангиография грудной аорты и сердца с кардиосинхронизацией, а также брюшной аорты и подвздошно-бедренных сегментов [6].

Существуют различные доступы для проведения транскатетерного протезирования аортального клапана – трансапикальный, трансфеморальный и через подключичную артерию.

Транскадетерная имплантация аортального клапана через трансфеморальный доступ разработана в Европе и впервые апробирована 16 апреля 2002 г. профессором А. Крийе (Alain Cribier) в госпитале Charles Nicolle во Франции. Был успешно использован чресперегородочный доступ у больного, которому вследствие высокой степени операционного риска было отказано во вмешательстве на открытом сердце [7]. В дальнейшем данную технику доработали, а также модернизировали систему доставки протез-стенда.

В США данная методика получила одобрение Управления по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) в ноябре 2011 г. для использования у неоперабельных больных, а в октябре 2012 г. – для применения у пациентов с высоким хирургическим риском. В настоящее время самыми часто используемыми устройствами для

транскатетерного протезирования аортального клапана являются CoreValve от компании Medtronic (трехстворчатый клапан из бычьего перикарда на каркасе, представляющем собой саморасширяющийся нитиноловый стент) и Edwards Sapien (трехстворчатый клапан из бычьего перикарда, монтированный на стальном кольце, который расширяется баллонным катетером) [8].

Результаты клинического исследования PARTNER (The Placement of AorTic TraNscathetER valves) за годичный период продемонстрировали значительное снижение частоты смерти среди пациентов с противопоказаниями к хирургическому лечению, которым было выполнено транскатетерное протезирование аортального клапана, по сравнению с пациентами, получавшими стандартную консервативную терапию. Первичной конечной точкой был признан уровень смертности из-за всех причин в течение периода исследования. В исследовании приняли участие 358 пациентов с аортальным стенозом, проходившие лечение в 21 медицинском центре. Пациентов, рандомизированных в группу стандартной терапии, вели в соответствии с выжидательной тактикой, включающей медикаментозную терапию и баллонную вальвулопластику аортального клапана, способную обеспечить временные клинические преимущества, но не повлиять на долгосрочные результаты. В конце годичного периода группа транскатетерной имплантации показала снижение частоты смерти от всех причин (30,7 % против 50,7 % в группе стандартной терапии) и снижение показателя по совокупной конечной точке, включающего смерть от всех причин и повторные госпитализации (42,5 % против 71,6 %). Среди выживших за год участников исследования частота симптомов со стороны сердца была достоверно ниже у пациентов, перенесших транскатетерную имплантацию, по сравнению с группой стандартной терапии (25,2 % против 58,0 %). Таким образом, снижение смертности на фоне применения транскатетерной имплантации делает эту методику наиболее подходящей для пациентов с противопоказаниями к оперативному вмешательству, а это около 30 % пациентов с тяжелыми симптоматическими формами аортального стеноза, которым операция противопоказана в связи с преклонным возрастом, наличием дисфункции желудочка и сопутствующих заболеваний [9].

В исследовании PARTNER 3 были проанализированы результаты хирургического лечения 1000 больных из 71 центра по всему миру. Пациенты были разделены на 2 группы: 497 подверглись хирургическому лечению стеноза аортального клапана, 503 – транскатетерной имплантации. Всем пациентам имплантированы баллонрасширяемые стенты SAPIEN 3. В обе группы были включены пациенты низкого хирургического риска. По результатам исследования частота

развития инсульта, смертность и случаи повторной госпитализации в течение года оказались меньше в группе пациентов, которым выполнялась транскатетерная имплантация аортального клапана (8,5 %), по сравнению с контрольной группой (15,1 %) [10].

Систематический обзор и метаанализ, выполненные С. Сао и соавт., показали, что результаты транскатетерного и хирургического протезирования аорты сопоставимы. В метаанализ были включены 1688 пациентов после транскатетерной имплантации аортального клапана и 1777 пациентов после хирургического протезирования аортального клапана. Так, в период наблюдения от 2 дней до 2 лет общая смертность среди пациентов после перечисленных операций достоверно не различалась и составила соответственно 7,5 и 6,9 % ($p = 0,33$) – в течение 2 дней, 18,9 и 16 % ($p = 0,55$) – в течение 12 мес, 28,8 и 30,1 % ($p = 0,82$) – в течение периода >12 мес. Сердечно-сосудистая смертность также была сопоставима у пациентов обеих групп: 3,7 и 3,6 % ($p = 0,69$) – в течение 2 дней, 12,8 и 11,3 % ($p = 0,39$) – в течение 12 мес, 17,7 и 15,5 % ($p = 0,22$) – в течение 2 лет. Однако пара- и трансальвулярная регургитация чаще развивались после транскатетерной имплантации – 7,8 % против 0,6 % при хирургическом протезировании аортального клапана ($p = 0,001$). Также стоит отметить, что нарушения проводимости, требующие имплантации постоянной системы электрокардиостимуляции, достоверно чаще встречались после транскатетерной имплантации аортального клапана: 13,2 % против 3 % ($p = 0,0003$) [11].

В регистр EORP TCVT включен 4571 пациент (средний возраст $81,4 \pm 7,1$ года), подвергавшийся транскатетерной имплантации аортального клапана в 137 центрах из 10 стран Европы в 2011–2012 гг. [12]. Наиболее часто (74,2 %) применялся трансфеморальный метод, реже – трансапикальный (16,4 %) или подключичный (9,4 %). Смертность оказалась ниже при трансфеморальном (5,9 %, $p < 0,01$), чем при трансапикальном (12,8 %) и подключичном (9,7 %) доступах. Внутригоспитальная летальность существенно не различалась при использовании клапана CoreValve (6,7 %) или SapienXT (7,9 %, $p = 0,15$), однако имплантация постоянного электрокардиостимулятора чаще требовалась в первом случае (23,4 % против 6,0 %, $p < 0,01$). По данным эхокардиографии аортальную регургитацию II степени обнаруживали у 7,7 % больных, III степени – у 1,3 %, чаще после применения клапана CoreValve ($p < 0,01$).

В регистр FRANCE 2 включены 3933 пациента (средний возраст $82,8 \pm 7$ лет), которым в 2010–2011 гг. в 34 центрах Франции проводили транскатетерную имплантацию искусственных аортальных клапанов SAPIEN (67 %) или CoreValve (33 %) [13]. Трансфеморальный подход использовался в 73 % случаев, трансапикальный – в 18 %, реже применялись другие пути

введения искусственного клапана. Процедура оказалась успешной у 97 % пациентов. Смертность в течение 30 дней, 6 мес и 1 года составила 9,5; 18 и 24,1 % соответственно и не зависела от модели клапана. Однако необходимость имплантации электрокардиостимулятора возникала в 12 % случаев после имплантации клапана SAPIEN и в 24 % случаев – CoreValve.

ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА У ПАЦИЕНТОВ С ПОСТЛУЧЕВЫМ АОРТАЛЬНЫМ СТЕНОЗОМ

У пациентов с аортальным стенозом, связанным с радиационным облучением, хирургическая замена аортального клапана сопряжена с высоким риском периоперационных осложнений, так как фиброз средостения и кальцификация аорты, развивающиеся после ЛТ, делают хирургический подход более сложным. E. Donnellan и соавт. недавно сообщили о плохих клинических результатах у пациентов с предшествующей ЛТ, которые перенесли хирургическую замену аортального клапана. Транскатетерная имплантация аортального клапана является методом выбора для лечения порока у данной категории пациентов [4].

Сведения о результатах транскатетерной имплантации аортального клапана у пациентов после ЛТ достаточно скудны, несмотря на увеличение числа пациентов, которые в настоящее время проходят лечение с помощью данного подхода.

M. Dijos и соавт. в 2015 г. провели анализ результатов транскатетерной имплантации аортального клапана у 198 пациентов с тяжелым аортальным стенозом. У 9,6 % пациентов в анамнезе была ЛТ средостения. Сравнение исходных характеристик показало, что пациенты после ЛТ были моложе, чем остальные пациенты (68,3 года против 82,5 года, $p < 0,05$), имели более низкий балл хирургического риска (Euroscore: 7,1 % против 21,8 %, $p < 0,05$) и более высокую частоту фиброзных изменений грудной полости и «фарфоровой аорты» (52,6 % против 28,5 % ($p < 0,05$) и 63,2 % против 10,6 % ($p < 0,05$) соответственно). В обеих группах частота успешной имплантации была высокой – 94,7 и 83,3 % соответственно. Через 6 мес наблюдения общая смертность оказалась значительно ниже в группе пациентов с ЛТ в анамнезе (0 % против 18 %, $p = 0,048$) [14].

В 2018 г. E. Donnellan и соавт. представили результаты транскатетерной имплантации у 98 пациентов с тяжелым радиационно-индуцированным аортальным стенозом. Смертность в течение 2 лет наблюдения составила 8 % [15].

N. Agrawal и соавт. в 2019 г. опубликовали результаты транскатетерной имплантации аортального клапана у 610 пациентов с тяжелым аортальным стенозом, прооперированных в период с 2012 по 2017 г. Из 610 па-

циентов, перенесших операцию по поводу симптоматического тяжелого аортального стеноза, у 75 была ЛТ в анамнезе. У большинства таких пациентов ранее был рак молочной железы (44 %), лимфома Ходжкина (31 %); средний период времени после ЛТ составил 19 лет. Пациенты наблюдались в среднем 17 мес. Смертность от всех причин через 17 мес наблюдения составила 17 %. У пациентов с предшествующей ЛТ была более высокая смертность от всех причин по сравнению с пациентами без ЛТ (29 % против 15 %, $p < 0,01$) и выше частота больших кардиальных событий (57 % против 27 %, $p < 0,001$). Пациенты с предшествующей ЛТ имели более высокую частоту фибрилляции предсердий (48 % против 2,4 %, $p < 0,01$) и нарушений проводимости высокой степени (20 % против 9,1 %, $p = 0,007$), потребовавших имплантации электрокардиостимулятора после транскатетерной имплантации аортального клапана. При многомерном пропорциональном анализе риска по Коксу наиболее сильными предикторами смерти оказались предшествующие ЛТ (отношение рисков (ОР) 2,07; $p = 0,003$), плохая почечная функция (ОР 1,29; $p < 0,001$) и послеоперационная анемия, требующая переливания крови (ОР 1,16; $p = 0,001$) [16].

Авторы указывают на необходимость более тщательного отбора пациентов с ЛТ в анамнезе на транскатетерную имплантацию аортального клапана и их более углубленного обследования для снижения частоты периоперационных осложнений и смертности.

В другом исследовании D. Zhang и соавт. сравнивали безопасность и эффективность транскатетерного и хирургического протезирования аортального клапана у пациентов с постлучевым тяжелым аортальным стенозом. В каждую группу вошли 55 пациентов. Конечными точками были эхокардиографические и клинические результаты во время нахождения в стационаре, через 30 дней и через 1 год. У пациентов с транскатетерной имплантацией был более высокий балл хирургического риска, чем у пациентов с хирургической заменой аортального клапана (5,1 [3,2; 7,7] % против 1,6 [0,8; 2,6] %, $p < 0,001$), и в анамнезе чаще отмечались фибрилляция предсердий (45,5 % против 12,7 %), хронические заболевания легких (47,3 % против 7,3 %), заболевания периферических артерий (38,2 % против 7,3 %) и сердечная недостаточность (58,2 % против 18,2 %). У пациентов после транскатетерной имплантации послеоперационная фибрилляция предсердий встречалась реже, чем у пациентов после хирургической замены аортального клапана (1,8 % против 27,3 %, $p < 0,001$), а также короче была длительность пребывания в стационаре (4,0 [2,0; 5,0] дня против 6,0 [5,0; 8,0] дня, $p < 0,001$). Тридцатидневная летальность была ниже в группе транскатетерной имплантации (1,8 % про-

тив 9,1 %, $p = 0,001$). Летальность после 1 года наблюдения статистически не различалась в обеих группах и составила 16,4 и 10,9 % соответственно. Несмотря на более высокий хирургический риск у пациентов, которым выполнялась транскатетерная имплантация, послеоперационные результаты оказались лучше именно в этой группе, что подтверждает предпочтительность данной процедуры у такой тяжелой категории пациентов [17].

Р. Guedeney и соавт. были проанализированы данные 3675 пациентов с постлучевым аортальным стенозом, из которых 2170 (59,1 %) перенесли транскатетерное протезирование аортального клапана и 1505 (40,9 %) – хирургическое протезирование [18]. Несмотря на исходно более высокий «индекс хрупкости» и наличие таких факторов, как пожилой возраст и сопутствующие заболевания (хронические заболевания легких и почек), процедура транскатетерного протезирования аортального клапана продемонстрировала преимущество перед открытым вмешательством по таким показателям, как внутрибольничная летальность (отношение шансов (ОШ) 0,27; 95 % доверительный интервал (ДИ) 0,09–0,79), дыхательные осложнения (ОШ 0,25; 95 % ДИ 0,08–0,75) и значимые кровотечения (ОШ 0,35; 95 % ДИ 0,24–0,51), показав при этом более высокий риск имплантации постоянного кардиостимулятора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Транскатетерная имплантация аортального клапана – высокоэффективный метод лечения аортального стеноза у неоперабельных пациентов, пациентов с высоким операционным риском, а также с пострadiaционным аортальным стенозом. Увеличение продолжительности жизни пациентов, выживших после лечения злокачественных новообразований и получивших ЛТ, приводит к появлению большого числа пациентов с пострadiaционным аортальным стенозом, которым требуется коррекция клапанного стеноза. С учетом больших рисков, связанных с хирургическим вмешательством, роль транскатетерной имплантации значительно возрастает. Транспротезная регургитация и парапротезные фистулы, сопровождавшие данные операции в самом начале, в настоящее время сведены к минимуму. Разные показатели выживаемости в представленных исследованиях обусловлены разной исходной тяжестью состояния пациентов, которые проходили транскатетерную имплантацию. Для повышения выживаемости и улучшения послеоперационных результатов необходимо проведение дальнейших исследований с выявлением более четких показаний и противопоказаний к выполнению транскатетерной имплантации аортального клапана у данной категории пациентов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Stewart B.F., Siscovick D., Lind B.K. et al. Clinical factors associated with calcific aortic valve disease. Cardiovascular Health Study. *J Am Coll Cardiol* 1997;29(3):630–4. DOI: 10.1016/s0735-1097(96)00563-3
2. Егоров И.В. Вторичный кальциоз в внутрисердечных структурах. Практикующий врач 2010;1:13–20.
Egorov I.V. Secondary calcification of intracardiac structures. *Praktikuyushiy vrach = Practicing Physician* 2010;1:13–20. (In Russ.).
3. Jaworski C., Mariani J.A., Wheeler G., Kaye D.M. Cardiac complications of thoracic irradiation. *J Am Coll Cardiol* 2013;61(23):2319–28. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.01.090
4. Donnellan E., Masri A., Johnston D.R. et al. Long-term outcomes of patients with mediastinal radiation-associated severe aortic stenosis and subsequent surgical aortic valve replacement: a matched cohort study. *J Am Heart Assoc* 2017;6(5):e005396. DOI: 10.1161/JAHA.116.005396
5. Рабочая группа по ведению пациентов с клапанной болезнью сердца Европейского общества кардиологов (ЕОК, ESC) и Европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (EACTS). Рекомендации ESC/EACTS 2017 по лечению клапанной болезни сердца. Российский кардиологический журнал 2018;(7):103–55. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-7-103-155
The Task Force for the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal = Russian Journal of Cardiology* 2018;23(7):103–55. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-7-103-155
6. Терновой С.К., Никонова М.Э., Веселова Т.Н. и др. Мультиспиральная компьютерная томография в планировании транскатетерного протезирования аортального клапана. Вестник рентгенологии и радиологии 2011;4:18–23.
Ternovoy S.K., Nikonova M.E., Veselova T.N. et al. Multislice computed tomography in planning of transcatheter aortic valve implantation. *Vestnik rentgenologii i radiologii = Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 2011;4:18–23. (In Russ.).
7. Cribier A., Eltchaninoff H., Bash A. et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002;106(24):3006–8. DOI: 10.1161/01.cir.0000047200.36165.b8
8. Chiam P.T., Ruiz C.E. Percutaneous transcatheter aortic valve implantation: evolution of the technology. *Am Heart J* 2009;157(2):229–42. DOI: 10.1016/j.ahj.2008.10.003
9. Kodali S.K., Williams M.R., Smith C.R. et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med* 2012;366(18):1686–95. DOI: 10.1056/NEJMoa1200384
10. Mack M.J., Leon M.B., Thourani V.H. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients. *N Engl J Med* 2019;380(18):1695–705. DOI: 10.1056/NEJMoa1814052
11. Cao C., Ang S.C., Indraratna P. et al. Systematic review and meta-analysis of transcatheter aortic valve implantation versus surgical aortic valve replacement for severe aortic stenosis. *Ann Cardiothorac Surg* 2013;2(1):10–23. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2012.11.09
12. Di Mario, Eltchaninoff H., Moat N. et al. The 2011–12 pilot European Sentinel Registry of Transcatheter Aortic Valve Implantation:

- in-hospital results in 4,571 patients. *Euro Intervention* 2013;8(12):1362–71. DOI: 10.4244/EIJV8I12A209
13. Gilard M., Eltchaninoff H., Iung B. et al. Registry of transcatheter aortic-valve implantation in high-risk patients. *N Engl J Med* 2012;366(18):1705–15. DOI: 10.1056/NEJMoa1114705
14. Dijos M., Reynaud A., Leroux L. et al. Efficacy and follow-up of transcatheter aortic valve implantation in patients with radiation-induced aortic stenosis. *Open Heart* 2015;2(1):e000252. DOI: 10.1136/openhrt-2015-000252
15. Donnellan E., Krishnaswamy A., Hutt-Centeno E. et al. Outcomes of patients with mediastinal radiation-associated severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Circulation* 2018;138(16):1752–4. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035514
16. Agrawal N., Kattel S., Waheed S. et al. Clinical outcomes after transcatheter aortic valve replacement in cancer survivors treated with ionizing radiation. *Cardiooncology* 2019;5:8. DOI: 10.1186/s40959-019-0044-7
17. Zhang D., Guo W., Al-Hijji M.A. et al. Outcomes of patients with severe symptomatic aortic valve stenosis after chest radiation: transcatheter versus surgical aortic valve replacement. *J Am Heart Assoc* 2019;8(10):e012110. DOI: 10.1161/JAHA.119.012110
18. Guedeney P., Collet J.P. TAVR: A dazzling alternative to SAVR for patients with prior mediastinal radiation. *JACC Cardiovasc Interv* 2020;13(22):2667–9. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.09.025

Вклад авторов

А.А. Ахобеков: разработка концепции и дизайна статьи, анализ публикаций по теме статьи, обработка материала, написание текста статьи;

П.А. Зейналова: разработка концепции и дизайна статьи, научное консультирование, редактирование статьи;

Ю.Е. Рябухина, Д.А. Чекини: научное консультирование, редактирование статьи.

Authors' contributions

A.A. Akhobekov: development of the concept and design of the article, analysis of publications on the topic status, processing of material, article writing;

P.A. Zeynalova: development of the concept and design of the article, scientific consulting, article editing;

Yu.E. Ryabukhina, D.A. Chekini: scientific consulting, article editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.А. Ахобеков / A.A. Akhobekov: <https://orcid.org/0000-0002-6395-5790>

П.А. Зейналова / P.A. Zeynalova: <https://orcid.org/0000-0003-1564-424X>

Ю.Е. Рябухина / Yu.E. Ryabukhina: <https://orcid.org/0000-0001-8443-8816>

Д.А. Чекини / D.A. Chekini: <https://orcid.org/0000-0001-8581-1328>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 06.10.2023. Принята к публикации: 30.10.2023.

Article submitted: 06.10.2023. Accepted for publication: 30.10.2023.