

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕСРОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМПЛАНТАЦИИ АОРТАЛЬНЫХ ГОМОГРАФТОВ И ОПЕРАЦИИ БИОБЕНТАЛЛ: ОПЫТ ОДНОГО ЦЕНТРА

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MID-TERM RESULTS OF AORTIC HOMOGRAFT IMPLANTATION AND THE BIO-BENTALL PROCEDURE: A SINGLE-CENTER EXPERIENCE

**R. Komarov**  
**M. Tkachev**  
**R. Isaev**  
**A. Karakotova**  
**G. Varlamov**  
**I. Gailaev**  
**N.-S. Choibsonov**  
**T. Maisian**

*Summary. Introduction.* The evolution of reconstructive aortic root surgery has opened new horizons in the treatment of its pathology. However, in cases where preservation of the native valve is impossible, the surgeon faces the challenge of choosing an optimal conduit. The classic Bentall mechanical conduit, while remaining the «gold standard,» condemns patients to lifelong anticoagulant therapy. In the search for a physiological alternative free from this limitation, two biological strategies are of particular interest: the use of a cryopreserved aortic homograft and the creation of a composite conduit bioprosthesis (the Bio-Bentall procedure). A comparative analysis of the mid-term outcomes of these procedures is a relevant clinical task, the solution of which determines the choice of surgical tactics in each specific case.

*Aim.* To conduct a comparative assessment of long-term clinical results and hemodynamic efficacy of the aortic homograft and the Bio-Bentall conduit in the surgical correction of aortic root pathology.

*Materials and methods.* A single-center retrospective cohort study analyzed data from 41 patients divided into two groups: Group 1 (n=19) — aortic homograft implantation; Group 2 (n=22) — the Bio-Bentall procedure. The mean follow-up period was  $58.2 \pm 13.9$  months (range 36–83 months) and  $51.2 \pm 22.7$  months, respectively ( $p=0.159$ ). Primary endpoints were in-hospital mortality, cumulative survival, freedom from a combined endpoint of major adverse cardiovascular events (MACE), and reoperation rate. Secondary endpoints included intraoperative parameters and long-term hemodynamic indicators.

*Results.* In-hospital mortality (n=2; 10.5 % vs. n=2; 9.1 %;  $p>0.05$ ) and cumulative freedom from MACE at 48 months ( $88.9 \pm 7.4$  % vs.  $86.7 \pm 8.8$  %;  $p=0.864$ ) did not differ significantly between the groups. The complication profiles had characteristic features: in the homograft group, no reoperations were required in the long-term period, although some patients showed progression of valve dysfunction. In the Bio-Bentall group, myocardial infarctions (3 cases) and bioprosthetic thrombosis (1 case) were registered. Cumulative freedom from reoperation at 48

**Комаров Роман Николаевич**

д.м.н., профессор, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Ткачёв Максим Игоревич**

к.м.н., доцент, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)  
tkachev.cardiovascular@gmail.com

**Исаев Руслан Магомедович**

к.м.н., ассистент, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Каракотова Альмира Муратбиевна**

сердечно-сосудистый хирург, аспирант,  
Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Варламов Георгий Аркадьевич**

Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Гайлаев Ильяс Данилбекович**

Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Чойбсонов Нима-Сурун Цырен-Дашиевич**

Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

**Маисян Тигран Артёмович**

Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)

months was 100 % in Group 1 and  $92.3 \pm 7.4$  % in Group 2 ( $p > 0.05$ ). The use of a homograft was associated with a longer cardiopulmonary bypass time ( $167.1 \pm 52.0$  min vs.  $152.9 \pm 76$  min;  $p < 0.05$ ) and aortic cross-clamp time ( $130.0 \pm 22.6$  min vs.  $109.8 \pm 38$  min;  $p < 0.05$ ). A key advantage of the homograft was its hemodynamic superiority, expressed in lower transvalvular gradients ( $4.6 \pm 1.9$  mm Hg vs.  $10.7 \pm 1.74$  mm Hg;  $p < 0.01$ ) and a larger effective orifice area index ( $1.36 \pm 0.23$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> vs.  $0.93 \pm 0.1$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>;  $p < 0.01$ ) in the long-term period.

**Conclusion.** Aortic homografts and the Bio-Bentall conduit demonstrate comparable and satisfactory mid-term clinical efficacy. Homograft implantation is associated with superior hemodynamics and no need for lifelong anticoagulation but requires monitoring due to the risk of valve dysfunction related to graft remodeling. The Bio-Bentall procedure is a technically reproducible alternative that requires careful planning to minimize the risk of patient-prosthesis mismatch and thrombotic events.

**Keywords:** aortic root, aortic homograft, Bio-Bentall procedure, reconstructive aortic surgery, prosthesis hemodynamics, valve dysfunction.

**Аннотация. Введение.** Развитие реконструктивной хирургии корня аорты открыло новые горизонты в лечении пациентов с его патологией. Однако в случаях, когда сохранение нативного клапана невозможно, хирург сталкивается с необходимостью выбора оптимального замещающего кондуита. Классический механический конduit по Бенталлу, оставаясь «золотым стандартом», обрекает пациентов на пожизненную антикоагулянтную терапию. В поиске физиологичной альтернативы, свободной от этого ограничения, особый интерес представляют две биологические стратегии: использование криоконсервированного аортального гомографта и создание комбинированного кондуита с биопротезом (операция БиоБенталл). Сравнительный анализ среднесрочных исходов этих процедур является актуальной клинической задачей, от решения которой зависит выбор хирургической тактики в каждом конкретном случае.

**Цель.** Провести сравнительную оценку отдалённых клинических результатов и гемодинамической эффективности аортального гомографта и кондуита БиоБенталл при хирургической коррекции патологии корня аорты.

**Материалы и методы.** В рамках одноцентрового ретроспективного когортного исследования проанализированы данные 41 пациента, разделённых на две группы: группа 1 ( $n=19$ ) — имплантация аортального гомографта; группа 2 ( $n=22$ ) — операция БиоБенталл. Средний срок наблюдения составил  $58,2 \pm 13,9$  месяцев и  $51,2 \pm 22,7$  месяца соответственно ( $p=0,159$ ). Первичными конечными точками были госпитальная летальность, кумулятивная выживаемость, свобода от комбинированной точки неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (МАСЕ) и частота реопераций. Вторичными — интраоперационные параметры и отдалённые гемодинамические показатели.

**Результаты.** Показатели госпитальной летальности ( $n=2$ ; 10,5 % против  $n=2$ ; 9,1 %;  $p > 0,05$ ) и кумулятивной свободы от МАСЕ к 48 месяцам наблюдения ( $88,9 \pm 7,4$  % против  $86,7 \pm 8,8$  %;  $p=0,864$ ) статистически не различались между группами. Структура осложнений имела характерные особенности: в группе гомографтов в отдалённом периоде реопераций не потребовалось, однако у части пациентов отмечалось прогрессирующее дисфункции клапана. В группе БиоБенталл были зарегистрированы инфаркты миокарда (3 случая) и тромбоз биопротеза (1 случай). Кумулятивная свобода от реопераций через 48 месяцев составила 100 % в группе 1 и  $92,3 \pm 7,4$  % в группе 2 ( $p > 0,05$ ). Применение гомографта было сопряжено с большим временем искусственного кровообращения ( $167,1 \pm 52,0$  мин. против  $152,9 \pm 76$  мин.;  $p < 0,05$ ) и пережатия аорты ( $130,0 \pm 22,6$  мин. против  $109,8 \pm 38$  мин.;  $p < 0,05$ ). Ключевым преимуществом гомографта явилось его гемодинамическое превосходство, выразившееся в более низких трансклапанных градиентах ( $4,6 \pm 1,9$  мм рт.ст. против  $10,7 \pm 1,74$  мм рт.ст.;  $p < 0,01$ ) и большем индексе эффективной площади отверстия ( $1,36 \pm 0,23$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> против  $0,93 \pm 0,1$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $p < 0,01$ ) в отдалённом периоде.

**Заключение.** Аортальный гомографт и конduit БиоБенталл обладают сопоставимой и удовлетворительной среднесрочной клинической эффективностью. Имплантация гомографта ассоциирована с лучшей гемодинамикой и отсутствием необходимости в пожизненной антикоагулянтной терапии, однако требует наблюдения в связи с риском развития клапанной дисфункции, связанной с ремоделированием трансплантата. Операция БиоБенталл представляет собой технически воспроизводимую альтернативу, требующую тщательного планирования для минимизации риска несоответствия «протез-пациент» и тромботических событий.

**Ключевые слова:** корень аорты, аортальный гомографт, операция БиоБенталл, реконструктивная хирургия аорты, гемодинамика протезов, дисфункция клапана.

## Введение

Современный этап развития кардиохирургии характеризуется устойчивым смещением парадигмы в сторону реконструктивных вмешательств. Реконструктивная хирургия корня аорты, при всей своей технической сложности, все больше привлекает хирургов, стремящихся не просто заместить, но сохранить и восстановить нативный аортальный клапан [1]. Подобный подход демонстрирует значимое улучшение долгосрочного прогноза и качества жизни пациентов по сравнению с традиционным протезированием [2]. Однако идеальный протез, сочетающий в себе минимальный градиент давления, абсолютную тромборезистентность и неограниченную долговечность, остается недостижимым идеалом [3]. Кроме того, возможности клапан-сберегающей хирургии не безграничны. При врожденных аномалиях, выраженном кальцинозе, пролапсе или перфорации створок, попытка сложной реконструкции сопряжена с повышенным риском резидуальной регургитации, прогрессии патологии створок и других специфических осложнений [4].

Исторически сложилось, что «золотым стандартом» коррекции аневризм корня аорты с несостоятельным клапаном остается операция Бенталл-Де Боно с композитным механическим кондуитом [5]. Ее неоспоримым недостатком является имплантация механического протеза, диктующая необходимость пожизненной антикоагулянтной терапии и не всегда обеспечивающая оптимальные гемодинамические характеристики [6]. Стремление нивелировать это ограничение привело к разработке методики БиоБенталл, предполагающей интраоперационное создание композитного кондуита из сосудистого протеза и биологического протеза АК [7]. Данный подход освобождает пациента от варфарина, однако приносит риски, присущие всем ксенобиопротезам: ограниченную долговечность, обусловленную структурной дегенерацией, и потенциальное несоответствие эффективной площади отверстия (ЭПО) протеза метаболическим потребностям пациента, что клинически проявляется высокими остаточными градиентами [8]. В отечественной практике отсутствие серийно производимого кондуита данной конструкции делает операцию БиоБенталл более трудоемкой, увеличивая время искусственного кровообращения.

В этом контексте криоконсервированные аортальные гомографты (АГ) продолжают занимать значимое место в арсенале хирурга, предлагая уникальную комбинацию биологической совместимости, хорошей гемодинамики и отсутствия необходимости в длительной антикоагуляции.

## Материалы и методы

*Дизайн и организация исследования.* Настоящая работа представляет собой одноцентровое ретроспективное когортное исследование. Критериям включения соответствовали 41 пациент в возрасте от 18 до 60 лет, перенесших плановое вмешательство на корне аорты. Критериями исключения экстренный характер операции, необходимость в сочетанных коронарных или иных вмешательствах.

В зависимости от примененной методики пациенты были разделены на две группы: группа 1 (n=19) — реконструкция корня аорты с использованием криоконсервированного аортального гомографта и группа 2 (n=22) — реконструкция по принципу БиоБенталл — имплантация кондуита с интраоперационно вшитым в его просвет бескаркасным биологическим протезом аортального клапана.

Средний срок динамического наблюдения составил  $58,2 \pm 13,9$  месяцев в группе 1 и  $51,2 \pm 22,7$  месяцев в группе 2 ( $p=0,159$ ).

*Конечные точки исследования.* Первичными конечными точками были определены: 30-дневная (госпитальная) летальность, кумулятивная выживаемость, свобода от комбинированной точки неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (МАСЕ), включавшей смерть от всех причин, острый инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения и инфекционный эндокардит, а также кумулятивная свобода от повторных вмешательств на аортальном клапане или корне аорты.

Вторичные конечные точки включали интраоперационные параметры (длительность искусственного кровообращения (ИК) и пережатия аорты), частоту и структуру ранних послеоперационных осложнений, а также комплекс гемодинамических показателей, оцениваемых трансторакальной эхокардиографией перед выпиской и в отдаленном периоде: средний трансклапанный градиент, индекс эффективной площади отверстия (ЭПО) и степень аортальной регургитации.

*Статистический анализ.* Обработка данных проводилась с использованием программного пакета SPSS Statistics 26.0 (IBM, США). Проверка количественных переменных на нормальность распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Данные с нормальным распределением представлены как  $M \pm SD$  и сравнивались с применением t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Для переменных с распределением, отличным от нормального, использовались медиана и межквартильный разряд [Me (Q25; Q75)], а для их сравнения — U-критерий Манна–Уитни. Сравнение качественных признаков проводилось с использованием

критерия  $\chi^2$  или точного критерия Фишера. Анализ выживаемости и построение кривых Каплана–Мейера для оценки свободы от MACE и реопераций выполнялись с применением лог-ранк теста для сравнения групп. Различия считались статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ .

### Результаты

**Интраоперационные показатели.** Сравнительный анализ интраоперационных данных выявил различия между группами. В группе 1 (гомографт) продолжительность искусственного кровообращения была больше, чем в группе 2 (Биобенталл):  $167,1 \pm 52,0$  минуты против  $152,9 \pm 76$  минут соответственно ( $p < 0,05$ ). Аналогичная закономерность наблюдалась и в отношении времени пережатия аорты:  $130,0 \pm 22,6$  минуты в группе 1 против  $109,8 \pm 38$  минут в группе 2 ( $p < 0,05$ ).

**Ранние послеоперационные исходы.** Показатель госпитальной летальности составил 2 случая (10,5 %) в группе аортального гомографта и 2 случая (9,1 %) в группе Биобенталл, однако это различие не достигло статистической значимости ( $p > 0,05$ ). Оба летальных исхода в группе гомографтов были связаны с прогрессированием сердечной недостаточности у пациентов, оперированных по поводу инфекционного эндокардита. В группе Биобенталл умершие пациенты имели тяжелый коморбидный фон и высокий балл по шкале EuroSCORE II. Во всех случаях непосредственной причиной явилась острая сердечно-сосудистая недостаточность. Не было выявлено достоверных межгрупповых различий и в частоте основных госпитальных осложнений, таких как повторное хирургическое вмешательство в связи с кровотечением, острый инфаркт миокарда, инсульт, острая почечная недостаточность или необходимость в экстракорпоральной мембранной оксигенации. Длительность пребывания в отделении реанимации и общая госпитализация также были сопоставимы.

**Среднесрочные клинические исходы.** Кумулятивная выживаемость в группе 1 к концу периода наблюдения составила 89,5 %. После выписки из стационара летальные исходы не зафиксированы. Свобода от комбинированной конечной точки MACE в течение 48 месяцев наблюдения продемонстрировала статистически незначимые различия между группами ( $p = 0,864$ ). В группе Биобенталл все три зафиксированных события в рамках MACE были представлены острым инфарктом миокарда, развившимся в различные сроки после операции.

**Реоперации.** В группе 1 (гомографт) за весь период наблюдения реопераций не отмечалось. В группе 2 выполнена 1 реоперация через 27 месяцев в связи с тромбозом биологического компонента кондуита Биобенталл. Кумулятивная свобода от реопераций через 48 меся-

цев составила 100 % в группе 1 и  $92,3 \pm 7,4$  % в группе 2 ( $p > 0,05$ ).

**Гемодинамические результаты.** Оценка функционального состояния имплантированных клапанов выявила существенные гемодинамические преимущества аортального гомографта. Перед выпиской средний трансклапанный градиент в группе 1 был значимо ниже, чем в группе 2 ( $4,1 \pm 1,8$  мм рт.ст. против  $10,14 \pm 1,96$  мм рт.ст.;  $p < 0,01$ ). Эта тенденция сохранилась и в отдаленном периоде:  $4,6 \pm 1,9$  мм рт.ст. против  $10,7 \pm 1,74$  мм рт.ст. соответственно ( $p < 0,01$ ). Индекс эффективной площади отверстия, измеренный в отдаленном периоде, также был достоверно выше в группе гомографтов ( $1,36 \pm 0,23$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> против  $0,93 \pm 0,1$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $p < 0,01$ ). Распространенность клинически значимой аортальной недостаточности (степень 2+) в отдаленном периоде между группами значимо не различалась ( $p = 0,253$ ). Примечательно, что гемодинамические параметры аортального гомографта в отдаленном периоде не имели статистически значимых отличий от показателей здоровых добровольцев по максимальной скорости ( $118 \pm 10$  см/с против  $128 \pm 37$  см/с;  $p = 0,053$ ), пиковому ( $7,9 \pm 3,3$  мм рт.ст. против  $7,7 \pm 4,6$  мм рт.ст.;  $p = 0,839$ ) и среднему градиенту ( $4,1 \pm 1,8$  мм рт.ст. против  $3,8 \pm 2,3$  мм рт.ст.;  $p = 0,567$ ).

### Обсуждение

Результаты проведенного исследования вносят существенный вклад в сравнительную оценку двух стратегий биологической реконструкции корня аорты, применяемых в ситуациях, когда клапан-сберегающая операция невыполнима или сопряжена с неприемлемо высоким риском. Основной вывод заключается в констатации сопоставимых среднесрочных показателей общей выживаемости и свободы от серьезных нежелательных событий для аортального гомографта и кондуита Биобенталл. Это согласуется с концепцией, что обе методики являются клинически приемлемыми альтернативами механическому протезу для пациентов, стремящихся избежать пожизненной антикоагулянтной терапии [6,9].

Принципиальным отличием в структуре осложнений, выявленным в нашей работе, стал различный характер дисфункции имплантатов в среднесрочной перспективе. В группе аортального гомографта не было зафиксировано реопераций, однако у части пациентов отмечалось прогрессирование дисфункции клапана. Наши данные указывают, что более молодой возраст ( $< 61,5$  лет), наличие ИБС и увеличенное время ишемии миокарда ( $> 130$  минут) ассоциированы с риском развития дисфункции гомографта. Это может быть связано с более активными иммунными и ремоделирующими процессами у молодых пациентов, а также с ухудшением условий репарации при длительной ишемии. В противовес этому, в группе Биобенталл доминировали тромботические

и ишемические события, что указывает на иной профиль риска, связанный с наличием биологического ксенокомпонента и потенциальным протромбогенным эффектом, актуализируя вопросы оптимальной послеоперационной антитромботической стратегии.

Первое ключевое различие касается интраоперационных аспектов. Большее время искусственного кровообращения и пережатия аорты в группе гомографтов может быть связано с техническими особенностями имплантации криоконсервированного аллографта, требующей тщательного подбора размера и анатомического расположения устьев коронарных артерий.

Второе и наиболее клинически значимое отличие — гемодинамическое. Установленное превосходство аортального гомографта по ключевым параметрам — более низкому трансклапанному градиенту и большему индексу ЭПО — не является случайной находкой. Это прямое следствие его анатомического строения и отсутствия ригидного поддерживающего каркаса, что обеспечивает гидродинамические характеристики, максимально приближенные к нативному клапану. Более того, наши данные продемонстрировали, что гемодинамические показатели гомографта статистически не отличаются от таковых у здоровых добровольцев, что подчеркивает его уникальную физиологичность. Высокие градиенты, зафиксированные в группе Биобенталл, служат наглядным подтверждением феномена несоответствия «протез-пациент» (patient-prosthesis mismatch, PPM), который остается ахиллесовой пятой многих биологических протезов, особенно малых размеров [8,11]. Для молодых, физически активных пациентов или лиц с гипертрофией миокарда левого желудочка наличие даже умеренного PPM может иметь долгосрочные негативные последствия, влияя на регресс гипертрофии и функциональный статус.

Таким образом, выбор между методами трансформируется в стратегическое решение, основанное на взве-

шенной оценке. Аортальный гомографт представляется оптимальным выбором для пациентов старше 61,5 лет без значимой коронарной патологии, когда можно минимизировать время ишемии миокарда. Для таких пациентов гомографт обеспечивает не только освобождение от антикоагуляции, но и гемодинамику, максимально приближенную к нативной, с отличной долговечностью в среднесрочной перспективе. Для пациентов моложе этого возрастного порога, особенно с сопутствующей ИБС, необходимо взвешенно оценивать риск прогрессирования дисфункции трансплантата, рассматривая альтернативные методы коррекции. Операция Биобенталл сохраняет свою нишу как стандартизированная методика, особенно в ситуациях ограниченной доступности гомографтов, однако ее применение требует скрупулезного предоперационного планирования для минимизации PPM и тромботических рисков.

### Заключение

Аортальный гомографт и кондуит Биобенталл демонстрируют сопоставимую и удовлетворительную среднесрочную клиническую эффективность, заслуживая места в арсенале современных методов хирургии корня аорты. Имплантация гомографта ассоциирована с исключительными гемодинамическими результатами и освобождением от антикоагулянтной терапии. Однако в среднесрочной перспективе требуется наблюдение за риском развития клапанной дисфункции, связанной с процессами ремоделирования трансплантата. Операция Биобенталл, являясь надежной технической альтернативой, требует тщательной оценки риска несоответствия «протез-пациент» и сопряжена с увеличением продолжительности искусственного кровообращения и риском тромботических событий. Окончательный выбор метода должен основываться на принципах персонализированной медицины, учитывая возраст, анатомию, коморбидный фон, образ жизни пациента и ресурсы центра.

### ЛИТЕРАТУРА.

1. Ouzounian M, Feindel CM, Manlihot C, David C, David TE. Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valves // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2019. Т. 158, № 1. С. 1–9.
2. David TE, Feindel CM, Webb GD, Colman JM, Armstrong S, Maganti M. Long-term results of aortic valve-sparing operations for aortic root aneurysm // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2006. Т. 132, № 2. С. 347–354.
3. Cahill TJ, Terre JA, George I. Over 15 years: the advancement of transcatheter aortic valve replacement // 2020. Т. 9, № 6. С. 442–451.
4. Mastrobuoni S, Tamer S, de Kerchove L, El Khoury G. Valve sparing: aortic root replacement with the reimplantation technique // *Multimedia Manual of Cardio-Thoracic Surgery*. 2015.
5. Bentall H., De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta // *Thorax*. 1968. Т. 23, № 4. С. 338–339.
6. Etz CD, Homann TM, Silovitz D, et al. и др. Long-Term Survival After the Bentall Procedure in 206 Patients With Bicuspid Aortic Valve // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2007. Т. 84, № 4. С. 1186–1194.
7. Mookhoek A, Korteland NM, Arabkhani B, et al. Bentall Procedure: A Systematic Review and Meta-Analysis // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2016. Т. 101, № 5. С. 1684–1689.
8. Pibarot P, Dumesnil J. G. Prosthesis-patient mismatch: definition, clinical impact, and prevention // *Heart*. 2006. Т. 92, № 8. С. 1022–1029.

9. Wendt D, Raweh A, Knipp S, et al. Comparison of mid-term haemodynamic performance between the BioValsalva and the BioIntegral valved conduits after aortic root replacement // *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2016. Т. 23, № 1. С. 112–117.
10. Kaya A, Heijmen RH, Kelder JC, Morshuis WJ. First 102 Patients With the BioValsalva Conduit for Aortic Root Replacement // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2012. Т. 94, № 1. С. 72–77.
11. Head SJ, Mkhles MM, Osnabrugge RL, et al. The impact of prosthesis–patient mismatch on long-term survival after aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis of 34 observational studies comprising 27 186 patients with 133 141 patient-years // *European Heart Journal*. 2012. Т. 33, № 12. С. 1518–1529.

---

© Комаров Роман Николаевич; Ткачёв Максим Игоревич (tkachev.cardiovascular@gmail.com);  
Исаев Руслан Магомедович; Каракотова Альмира Муратбиевна; Варламов Георгий Аркадьевич;  
Гайлаев Ильяс Данилбекович; Чойбсонов Нима–Сурун Цырен–Дашиевич; Маисян Тигран Артёмович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»