

В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ

Научная статья

УДК 612.171.1

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-2-171-176>

Протезирование клапанов сердца: современные тенденции

Регина Александровна Бессонова

Купинская центральная районная больница, Купино, Россия

Аннотация. В настоящее время кардиохирургические операции имеют высокую безопасность в плане защиты внутренних органов от ишемии, кардиоплегии. Это позволяет проводить радикальные вмешательства даже у ослабленных пациентов с факторами риска периоперационной летальности. Вместе с этим, классические операции по замене клапанов сердца не оптимальны и инвалидизируют пациента. Цель исследования – критический анализ современного состояния проблемы протезирования клапанов сердца, оценка альтернативных методов протезирования. Для замены атриовентрикулярного клапана наиболее подходящим биопротезом может оказаться человеческий митральный аллогraft, который позволяет в полной мере заменить сложные структуры АВ-клапана в связи с идентичностью анатомии, может работать содружественно со всеми функциональными структурами левого желудочка, имеет потенциал к репопуляции тканями пациента, достаточную прочность и относительно простую и постоянную анатомию (в сравнении с трикуспидальным аллогraftом), при этом является безопасным в плане отторжения. В настоящее время имеется большой набор альтернативных вариантов протезирования клапанов сердца. Многие из них отличаются большей физиологичностью, анатомичностью, безопасностью в плане протезо-зависимых осложнений по сравнению с классическими каркасными протезами.

Ключевые слова: митральный аллогraft, протезирование, клапан сердца, биопротез, гемостаз

GUIDE FOR GENERAL PRACTITIONERS

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-2-171-176>

Prosthetics of heart valves: current trends

Regina A. Bessonova

Kupinskaya Central District Hospital, Kupino, Russia

Abstract. Nowadays, cardiac surgery is highly safe in terms of protecting internal organs from ischemia and cardioplegia. This allows for radical interventions even in weakened patients with risk factors for perioperative mortality. At the same time, classical heart valve replacement operations are suboptimal and invalidate the patient. The purpose of the study is a critical analysis of the current state of the problem of prosthetics of heart valves, evaluation of alternative methods of prosthetics. To replace the atrioventricular valve, the most suitable bioprosthesis may be a human mitral allograft, which allows you to fully replace the complex structures of the AV valve due to the identity of the anatomy, can work cooperatively with all functional structures of the left ventricle, has the potential to repopulate the patient's tissues, sufficient strength and a relatively simple and permanent anatomy (compared with tricuspid allograft), while it is safe in terms of rejection. Currently, there is a large set of alternative options for prosthetics of heart valves. Many of them are characterized by greater physiology, anatomicity, and safety in terms of prosthesis-dependent complications compared to classic skeleton prostheses.

Keywords: mitral allograft, prosthetics, heart valve, bioprosthesis, hemostasis

Врожденные и приобретенные клапанные пороки сердца – важная медико-социальная проблема в масштабах как Российской Федерации, так всего мира. Так, в нашей стране примерно 60 тысяч пациентов нуждаются в протезировании клапанов сердца, при этом в год выполняется всего лишь около 20 тысяч операций [1].

Для многих кардиохирургических центров в настоящее время доступны старые технологии протезирования, что значительно ограничивает показания к операции. Современные малоинвазивные и эндоваскулярные технологии применяются крайне ограниченно, не говоря уже о высокотехнологичных вмешательствах по максимально физиологичной замене пораженного клапана [2].

Золотым стандартом протезирования клапанов сердца является протезирование каркасными протезами. Каркасные протезы клапанов сердца имеют следующий дизайн: они состоят из опорного аппарата, как правило, из титана, и запирающего элемента, представленного жестким материалом, например, карбидом, или биологической тканью. Такие протезы фиксируются за жесткое опорное кольцо П-образными швами. Данная технология является стандартизированной, современные конструкторские бюро выпускают целые линейки размерного ряда для подбора протеза по размерам опорного кольца. В силу четко разработанного алгоритма время пережатия аорты и время операции находится на уровне 40–50 мин, что вполне

приемлемо для современного анестезиологического пособия и несет минимальные риски [3]. Вместе с этим применение стандартных каркасных протезов ограничено. Если используется механический протез клапана, то пациент, получивший его, обречен на пожизненную антикоагуляцию варфарином, антагонистом витамина К [4].

Данный препарат крайне сложно дозировать, при превышении его концентрации происходит смещение системы гемостаза в сторону гипокоагуляции, что ассоциируется с высоким риском геморрагических осложнений (данные осложнения могут произойти идиопатически, например, геморрагический инсульт головного мозга, или ассоциироваться с травматизмом, в связи с чем пациент ограничен в физической активности и должен беречься от травм). Недостаточная доза, наоборот, ассоциируется с гиперкоагуляцией – происходит тромбоз механического протеза вследствие неоптимальной протезной гемодинамики и инородности запирающего элемента конструкции. К тому же активность препарата сильно зависит от его метаболизма в печени, который может меняться на протяжении жизни [5].

Тем не менее блокирование витамин К-зависимых компонентов системы гемостаза – единственный способ эффективной антикоагуляции при наличии у пациента механического протеза клапана сердца. Другие антикоагулянты не обладают настолько широким подавлением внутреннего пути активации коагуляционного звена гемостаза, в связи с чем применение современных безопасных препаратов пока невозможно [6].

Таким образом, имеющиеся в настоящее время механические протезы клапанов сердца не являются физиологичной заменой нативных клапанов, их невозможно безопасно устанавливать больным с коагулопатиями, некоторыми системными заболеваниями, в старческом возрасте. При этом данный вид протезирования, по сути, инвалидизирует больного [7].

Альтернатива механическим протезам – биологические протезы на опорном каркасе. Данные протезы имеют принципиальное отличие – их запирающий элемент состоит из биологической ткани, взятой от животного другого вида. Это позволяет избавиться от пожизненной антикоагуляции и приема каких-либо препаратов, влияющих на гемостаз, что является безусловным преимуществом биопротезов. Биопротезы позволяют вести пациенту активный образ жизни, заниматься спортом, женщинам репродуктивного возраста можно безопасно вынашивать плод и рожать [8].

Створки биологических протезов клапанов сердца состоят из природного эластичного материала, обработанного специальным способом. Чаще всего это обработанный перикард крупного рогатого скота. Данный материал гораздо лучше «приживается» в организме, вместе с этим, не обладает высокой биосов-

местимостью, так как все же взят от животного другого вида. Помимо этого, он является нежизнеспособным, так как его лишили антигенных свойств путем удаления клеточных элементов различными ионными и неионными детергентами. В итоге данный материал, хотя и более физиологичен, не способен долго существовать в организме пациента. Он не имеет в своей структуре живых клеток, в связи с чем не может самообновляться. Это приводит к тому, что биопротезы пригодны только для работы в течение 7–8 лет, после чего их створки разрушаются и протез необходимо менять. Кроме того, их имплантация ассоциируется с повышенным риском протезного инфекционного эндокардита, так как биостворки имеют адгезивную поверхность и не покрыты эндотелием [9].

Таким образом, до сих пор используются неоптимальные технологии протезирования клапанов сердца, что качественно не влияет на функциональное состояние пациента и не дает шанс на полное излечение. Развивающиеся новые технологии могут значительно изменить данное направление кардиохирургии [10].

В силу ограниченного применения новых технологий протезирования клапанов сердца, в отечественном медицинском сообществе нет четкого понимания о возможностях кардиохирургии.

Особенно актуальна данная проблема среди непрофильных специалистов. Кардиологи, гинекологи, терапевты, ревматологи и прочие специалисты, лечащие пациентов по основному заболеванию, могут иметь неправильное представление о кардиальном прогнозе и современных тенденциях клапанной кардиохирургии.

Для отбора литературы использовалась база данных PubMed. Работы отбирались по запросам: mitral valve prostheses, aortic valve prostheses, neocuspidisation of arterial valves, heart homografts и прочим.

Протезирование аортального клапана. Очень быстро появилось большое количество альтернативных механическому протезированию (которое, как было понятно в самом начале, не может стать идеальной заменой клапана) вариантов вмешательств. Современные вмешательства на аортальном клапане стремятся к почти полной анатомичности и физиологичности [11].

Среди них – использование человеческих аортальных аллографтов, операция Росса, некуспидизация аортального клапана. Также не стоит забывать о том, что именно в аортальной позиции было впервые проведено протезирование эндоваскулярным способом и с использованием бесшовной методики.

Клапанные аортальные аллографты – это протезы клапанов сердца, взятые от организма того же вида, к которому принадлежит пациент, то есть взятые от человека. Современное законодательство не позволяет пересаживать аллографты по принципам трансплан-

тации сердца, то есть от живого (находящегося в клинической смерти) донора органов [12] (рис. 1).

Тем не менее активно используются трупные клапанные аллографты, которые забираются из морга по определенным правилам, обрабатываются в растворе из антибактериальных препаратов и питательной среды, после чего замораживаются и хранятся до восстановления [13].

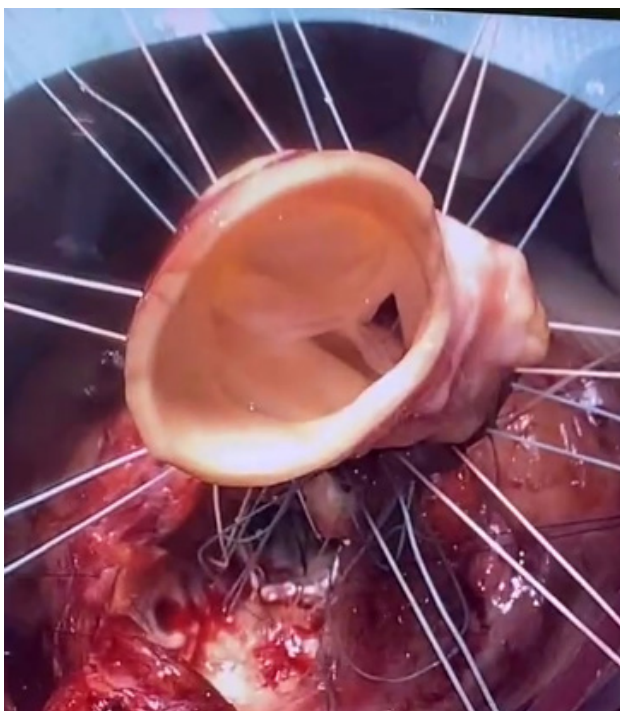


Рис. 1. Трупный аортальный аллографт

Современный метод хранения, криоконсервация, увеличивает продолжительность консервации биоматериала на неопределенно долгий срок, при этом его качество не теряется – после разморозки аллографта большая часть клеток остается жива, а гистологически данный аллографт неотличим от нативного клапана [14].

Очевидно, что подобный протез, обладающий идентивной анатомией, может быть хорошей заменой пораженному клапану [15].

Применение аортальных аллографтов в настоящее время ограничено сложностью изготовления и хранения биоматериала (по сравнению с классическими протезами), сложностью хирургической техники (размер аллографта не стандартизирован, в связи с чем его необходимо адаптировать к анатомии пациента, а данной техникой обладают не все хирурги) [16].

Тем не менее получены позитивные результаты. Так, М. Yasoub добился 95%-й свободы от протезозависимых осложнений у пациентов, которым выполняли протезирование аортального клапана аортальным аллографтом [17].

Операции Росса заключается в замене аортального клапана собственным клапаном пациента – клапаном легочной артерии. Клапан легочной артерии (легочный аутографт) обладает максимальной биосовместимостью, так как взят из собственного организма, в связи с этим он может активно расти, обновляться, что актуально для детской кардиохирургии. Аутографт с большей вероятностью приживется и сможет расти вместе с пациентом, быть заменой пораженному клапану на всю жизнь. В позицию клапана легочной артерии, в свою очередь, имплантируется альтернативный протез, чаще всего, аллографт [18].

В концепции операции Росса лежит жертва клапаном легочной артерии ради наилучшей из возможных замен для аортального клапана. В свою очередь, в позиции легочной артерии может быть менее качественный протез – аллографт, который может не обладать такими идеальными характеристиками, как аутографт, но это не будет клинически значимо [19].

В настоящее время операция Росса – эталон хирургии корня аорты [20].

Неокуспидизация. Данная операция заключается в восстановлении створок аортального клапана из собственной ткани пациента – аутоперикарда. Аутоперикард, «сердечная сорочка», представляет собой тонкий листок достаточно крепкой ткани, из которой можно выкраивать створки клапана, после чего имплантировать их в аортальную позицию (рис. 2). Данный клапан имеет ряд преимуществ – он идеален по биосовместимости, так как состоит из собственной ткани пациента, при этом ткань берется из внесердечных структур (в отличие от операции Росса), в связи с чем нет необходимости в многоэтапном вмешательстве на сердечно-сосудистой системе, все манипуляции сконцентрированы только на одном пораженном клапане [21].

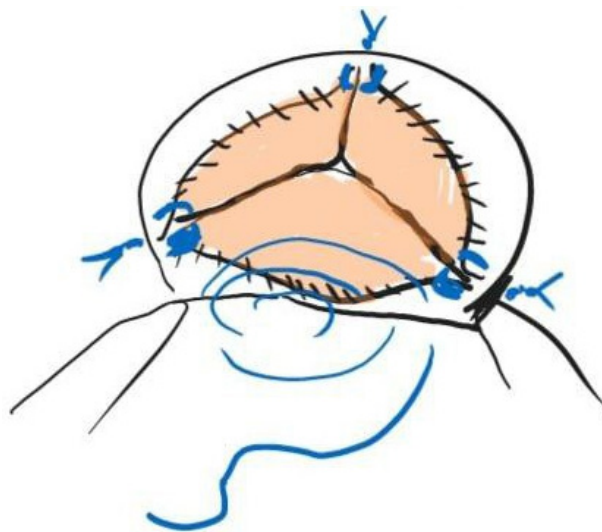


Рис. 2. Неокуспидизация аортального клапана

Неокуспидизация аортального клапана активно выполняется в федеральных кардиохирургических центрах, как во взрослой, так и в детской хирургии. Несмотря на то, что данное вмешательство является относительно новым, уже получены 10-летние и даже 15-летние отдаленные результаты, которые оказались лучше протезирования каркасными биопротезами – аутоперикардиальный клапан имеет большую свободу от протезозависимых осложнений – тромбоза, протезного эндокардита, кальциноза, биодеградации [22].

Бесшовные протезы клапанов сердца. Протезирование аортального клапана может проводиться гораз-

до быстрее, чем раньше, благодаря бесшовным методикам установки (рис. 3). Если стандартная имплантация включает фиксацию протеза 17–18 п-образными швами, то установка протеза методом раздувания баллона и дилатации аортального кольца занимает несколько минут, что, безусловно, является плюсом, так как снижается время остановки сердца [23].

Данные протезы в настоящее время применяются очень ограниченно, необходим жесткий отбор пациентов по анатомии корня аорты и характеру поражения. Ограничением является кальциноз фиброзного кольца, атипичная анатомия некоронарного синуса [24].



Рис. 3. Установка бесшовного аортального протеза методом баллонной дилатации

Протезирование атриовентрикулярных клапанов. С атриовентрикулярными клапанами ситуация другая. Их запирающая функция очень сильно зависит от взаимодействия с камерой желудочка через подклапанный аппарат.

Удаление подклапанного аппарата приводит к патологическому ремоделированию миокарда, ряду гемодинамических нарушений, связанных с нарушением аннулопапиллярного взаимодействия.

Сохранение же подклапанного аппарата при протезировании часто невозможно. Поэтому до сих пор ши-

роко используются каркасные биопротезы. Такие протезы просто имплантируются, но имеют ряд недостатков: они не повторяют в полной мере той сложной анатомии, которая имеется у нативного атриовентрикулярного клапана: при имплантации фирменного биопротеза нарушаются сложные аннулопапиллярные взаимодействия, что приводит к потере в эффективности насосной функции, а также вызывает патологическое ремоделирование сердца [25]. Очевидно, что попытки усовершенствовать такой протез не приведут к радикальному решению проблемы срока службы, физиологичности работы.

Для замены атриовентрикулярного клапана наиболее подходящим биопротезом может оказаться человеческий митральный аллографт (рис. 4), он позволяет в полной мере заменить сложные структуры АВ-клапана в связи с идентичностью анатомии, может работать содружественно со всеми функциональными структурами левого желудочка [26], имеет потенциал к репопуляции тканями пациента, достаточную прочность и относительно простую и постоянную анатомию (в сравнении с трикуспидальным аллографтом), при этом является безопасным в плане отторжения [27], подходит для протезирования как митрального, так и трикуспидального клапанов. При этом протезирование может быть проведено как полное (путем вшивания всей структуры митрального аллографта, включающей фиброзное кольцо, переднюю и заднюю створки, а также их подклапанный аппарат [28], заканчивающийся головками папиллярных мышц), так и для частичной замены клапана (путем вшивания одной створки вместе с ее подклапанным аппаратом) [29, 30].



Рис. 4. Трупный митральный аллографт

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время становится ясно, что стандартная техника протезирования клапанов сердца являются субоптимальными. Нефизиологичная гемодинамика, наличие протез-зависимых осложнений в виде тромбоза, протезного эндокардита, ранней биодеградации – основные факторы, которые не позволяют данным протезам быть «идеальной заменой» пораженного клапана. Современные операции на аортальном клапане позволяют почти полностью повторить естественную анатомию и дают обнадеживающие результаты применения. Тем не менее, их ограничением является трудность выполнения. Протезирование атриовентрикулярных клапанов – сложная проблема кардиохирургии, которая до сих пор не решена.

Возможным «идеальным» протезом для митрального и трикуспидального клапана может быть трупный митральный аллографт, однако его применение крайне зависит от методов обработки биоткани, протоколов криоконсервации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Бокерия Л.А., Цукерман Г.И., Подзолков В.П., Бухарин В.А. Опыт и современные направления использования биологических материалов в сердечно-сосудистой хирургии. *Биопротезы в сердечно-сосудистой хирургии: Материалы симпозиума 10–12 октября 1995 г.*, г. Кемерово. Кемерово, 1996. С. 11–25.
2. Kirklin J.K. Challenging homografts as the holy grail for aortic valve endocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151(5):1230–1231. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.12.009.
3. Neumann A. et al. Heart valve engineering: Decellularized allograft matrices in clinical practice. *Biomed Tech.* 2013; 58(5):453–456
4. Malm J.R., Bowman F.O., Jr, Harris P.D., Kowalik A.T. An evaluation of aortic valve homografts sterilized by electron beam energy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967;54:471–477.
5. Heimbecker R.O., Aldrige H.E., Lemire G. The durability and fate of aortic valve grafts. An experimental study with a long term follow-up of clinical patients. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1968;9:511–517.
6. Biswas B. Heart valve prosthesis: better than the best. *J Indian Med Assoc.* 1999;97(10):405–406. PMID: 10638100.
7. Dangas G.D., Weitz J.I., Giustino G. et al. Prosthetic Heart Valve Thrombosis. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(24):2670–2689. doi: 10.1016/j.jacc.2016.09.958.
8. Soria Jiménez C.E., Papolos A.I., Kenigsberg B.B. et al. Management of Mechanical Prosthetic Heart Valve Thrombosis: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol.* 2023;81(21):2115–2127. doi: 10.1016/j.jacc.2023.03.412.
9. Nappi F., Singh S.S.A, Nappi P. et al. Heart Valve Endocarditis. *Surg Technol Int.* 2020;37:203–215. PMID: 32520388.
10. Ryu R., Tran R. DOACs in Mechanical and Bioprosthetic Heart Valves: A Narrative Review of Emerging Data and Future Directions. *Clin Appl Thromb Hemost.* 2022;28:10760296221103578. doi: 10.1177/10760296221103578.
11. Bilkhu R., Jahangiri M., Otto C.M. Patient-prosthesis mismatch following aortic valve replacement. *Heart.* 2019;105(Suppl2):s28–s33. doi: 10.1136/heartjnl-2018-313515.
12. Nappi F., Al-Attar N., Spadaccio C. et al. Aortic valve homograft: 10-year experience. *Surg Technol Int.* 2014;24:265–272. PMID: 24700229.
13. Sodha N.R. Complex homograft aortic reconstruction: New recipes from old ingredients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;153(5):e77–e79. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.01.027.
14. Heinisch P.P., Carrel T. Commentary: Failing aortic root homograft: Considering the transcatheter aortic valve replacement option? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158(2):388–389. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.12.092.

15. Sedeek A.F., Greason K.L., Nkomo V.T. et al. Repeat aortic valve replacement for failing aortic root homograft. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158(2):378–385.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.11.107.
16. Serna-Gallegos D, Sultan I. Aortic root replacement: what is in your wallet? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2022;62(3):ezac280. doi: 10.1093/ejcts/ezac280.
17. Sultan I, Bianco V, Kilic A. et al. Aortic root replacement with cryopreserved homograft for infective endocarditis in the modern North American opioid epidemic. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;157(1):45–50. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.05.050.
18. Yokoyama Y., Kuno T., Toyoda N. et al. Ross procedure versus mechanical versus bioprosthetic aortic valve replacement: a network meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(1):e8066. doi: 10.1161/JAHA.122.027715.
19. Galzerano D., Kholiaif N., Al Amro B. et al. The Ross procedure: imaging, outcomes and future directions in aortic valve replacement. *J Clin Med.* 2024;13(2):630. doi: 10.3390/jcm13020630.
20. Stelzer P. The Ross procedure: state of the art 2011. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;23(2):115–223. doi: 10.1053/j.semtevs.2011.07.003.
21. Alhan C. Ozaki Procedure. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2019;27(4):451–453. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2019.01903.
22. Awad A.K., Farahat R.A., Reda Gad. E. et al. Does ozaki procedure have a future as a new surgical approach for aortic valve replacement? a systematic review and meta-analysis. *Ann Med Surg (Lond).* 2023;85(9):4454–4462. doi: 10.1097/MS9.0000000000000982.
23. Elmously A., Lahan S., Al Abri Q. et al. Sutureless Perceval Valve: Size Matters. *Innovations (Phila).* 2023;18(4):311–315. doi: 10.1177/15569845231190881.
24. Quinn R.D. The 10 Commandments of Perceval Implantation. *Innovations (Phila).* 2023;18(4):299–307. doi: 10.1177/15569845231191525.
25. Бокерия Л.А., Газал Б. «Несоответствие протез-пациент» у больных с протезом аортального клапана. *Анналы хирургии.* 2012;2:5–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nesootvetstvie-protiez-patsient-u-bolnyh-s-protEZom-aortalnogo-klapana/viewer>.
26. Senning A. Reconstruction of the mitral valve: homoplasty. *Thoraxchir Vask Chir.* 1968;16(6):601–605. (In German) doi: 10.1055/s-0028-1100585.
27. Cairra F.C., Stock S.R., Gleason T.G. et al. Human degenerative valve disease is associated with up-regulation of low-density lipoprotein receptor-related protein 5 receptor-mediated bone formation. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47: 1707–1712
28. Komarov R.N., Nuzhdin M.D., Simonyan A.O. et al. Tricuspid valve replacement with a mitral homograft: surgical technique and immediate results. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya = Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2023;16(4):443–448. (In Russ.) doi: 10.17116/kardio202316041443.
29. Нуждин М., Комаров Р., Мацуганов Д. и др. Технические аспекты и результаты применения клапанных гомографтов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2023;27(2):42–53. doi: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53.
30. Комаров Р.Н., Нуждин М.Д., Белов В.А. и др. Митральный гомографт в трикуспидальной позиции: показания к имплантации и хирургическая техника. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2023;12(2): 173–182. doi: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-173-182.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информация об авторе

Р.А. Бессонова – врач участковый терапевт, Купинская центральная районная больница, Купино, Россия; nauka-msk@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 02.04.2024; одобрена после рецензирования 30.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

Competing interests. The author declares that they have no competing interests.

Information about the author

R.A. Bessonova – district general practitioner, Kupinskaya Central District Hospital, Kupino, Russia; nauka-msk@yandex.ru

The article was submitted 02.04.2024; approved after reviewing 30.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.