



Транскатетерное и хирургическое протезирование аортального клапана у пациентов низкого хирургического риска. Обзор главных исследований

Цароев Б. С., Богачев-Прокофьев А. В., Железнев С. И., Шарифулин Р. М., Залесов А. С., Чернявский А. М.

В последние десятилетия транскатетерная имплантация аортального клапана (TAVR) стала революционным методом лечения тяжелого аортального стеноза, особенно, для пациентов высокого хирургического риска. Исследования, такие как PARTNER и SURTAVI, подтвердили сопоставимость или превосходство TAVR по сравнению с хирургическим протезированием аортального клапана в различных категориях риска. Новейшие технологии, включая системы клапанов третьего поколения, улучшили долговечность и снизили осложнения, в частности, развитие параклапанной регургитации. Однако данные о долгосрочной выживаемости остаются ограниченными, особенно, для молодых пациентов и групп с анатомическими особенностями. Рекомендации международных ассоциаций уже давно отдают предпочтение TAVR для пожилых пациентов, тогда как для более молодых пациентов с низким хирургическим риском хирургическое вмешательство остаётся приоритетным. Тем не менее последний пункт все чаще подвергается сомнению. Статья анализирует ключевые исследования, обсуждает текущие ограничения и подчеркивает необходимость долгосрочных данных для информирования клинической практики. В заключение, TAVR — это выдающееся достижение в интервенционной кардиологии, но его оптимальное применение требует учета индивидуальных факторов пациента.

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

Отношения и деятельность. Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 23-15-00434.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е. Н. Мешалкина Минздрава России, Новосибирск, Россия.

Цароев Б. С.* — сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0001-9988-2653, Богачев-Прокофьев А. В. — директор института патологии кровообращения, ORCID: 0000-0003-4625-4631, Железнев С. И. — зав. отделением сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0002-6523-2609, Шарифулин Р. М. — сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-8832-2447, Залесов А. С. — сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-3928-7374, Чернявский А. М. — генеральный директор, ORCID: 0000-0001-9818-8678.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
bash-ing06@mail.ru

РКИ — рандомизированные контролируемые исследования, TAVR — transcatheter aortic valve replacement, транскатетерная имплантация аортального клапана.

Рукопись получена 21.11.2024
Рецензия получена 02.12.2024
Принята к публикации 06.12.2024



Для цитирования: Цароев Б. С., Богачев-Прокофьев А. В., Железнев С. И., Шарифулин Р. М., Залесов А. С., Чернявский А. М. Транскатетерное и хирургическое протезирование аортального клапана у пациентов низкого хирургического риска. Обзор главных исследований. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(12):6188. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6188. EDN ZHJVOF

Transcatheter and surgical aortic valve replacement in patients at low surgical risk. Review of major studies

Tsarov B. S., Bogachev-Prokofiev A. V., Zheleznev S. I., Sharifulin R. M., Zalesov A. S., Chernyavsky A. M.

In recent decades, transcatheter aortic valve replacement (TAVR) has become a revolutionary method for the treatment of severe aortic stenosis, especially for patients at high surgical risk. Studies such as PARTNER and SURTAVI have confirmed the non-inferiority or superiority of TAVR compared with surgical aortic valve replacement in various risk categories. Newer technologies, including third-generation valve systems, have improved durability and reduced complications such as paravalvular regurgitation. However, long-term survival data remain limited, especially for younger patients and groups with anatomical peculiarities. International association guidelines have long favored TAVR for older patients, while surgery remains the preferred option for younger patients with low surgical risk. However, the latter point is increasingly being questioned. The article analyzes key studies, discusses current limitations, and highlights the need for long-term data to inform clinical practice. In conclusion, TAVR is a remarkable achievement in interventional cardiology, but its optimal use requires consideration of individual patient factors.

Keywords: aortic valve replacement, transcatheter aortic valve replacement, aortic stenosis.

Relationships and Activities. The study was supported by the Russian Science Foundation, grant № 23-15-00434.

Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia.

Tsarov B. S.* ORCID: 0000-0001-9988-2653, Bogachev-Prokofiev A. V. ORCID: 0000-0003-4625-4631, Zheleznev S. I. ORCID: 0000-0002-6523-2609, Sharifulin R. M. ORCID: 0000-0002-8832-2447, Zalesov A. S. ORCID: 0000-0002-3928-7374, Chernyavsky A. M. ORCID: 0000-0001-9818-8678.

*Corresponding author:
bash-ing06@mail.ru

Received: 21.11.2024 **Revision Received:** 02.12.2024 **Accepted:** 06.12.2024

For citation: Tsarov B. S., Bogachev-Prokofiev A. V., Zheleznev S. I., Sharifulin R. M., Zalesov A. S., Chernyavsky A. M. Transcatheter and surgical aortic valve replacement in patients at low surgical risk. Review of major studies. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(12):6188. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6188. EDN ZHJVOF

Ключевые моменты

- Транскатетерная имплантация аортального клапана (TAVR) доказала свою эффективность как альтернатива хирургическому протезированию аортального клапана, особенно, для пациентов с высоким и умеренным хирургическим риском.
- Долгосрочные результаты TAVR, особенно, для молодых пациентов, остаются ограниченными. Долговечность клапанов и выживаемость требуют дальнейших исследований, особенно, в группах с низким хирургическим риском.
- Исследования, такие как PARTNER 3, имеют ограничения в экстраполяции результатов на молодых пациентов. В реальной практике пациенты и врачи чаще выбирают TAVR, несмотря на недостаток долгосрочных данных.

В последние годы наблюдается стремительный рост транскатетерной имплантации аортального клапана или TAVR (transcatheter aortic valve replacement), что обусловлено технологическим прогрессом и результатами крупных рандомизированных контролируемых исследований (РКИ). Аортальный стеноз является наиболее распространенным клапанным заболеванием у пожилых людей и сопровождается высокой смертностью, если присутствуют симптомы и отсутствует лечение [1, 2]. Традиционно единственным вариантом лечения данной патологии являлась открытая операция на сердце [3, 4]. Появление TAVR в 2002г предоставило альтернативный вариант лечения для пациентов, не являющихся кандидатами на хирургическое вмешательство. В последующем, серия РКИ продемонстрировала не только сопоставимость, но и превосходство TAVR по сравнению с хирургической заменой аортального клапана пациентам различного уровня хирургического риска. В результате количество процедур TAVR ежегодно увеличивается, показывая действительно впечатляющие результаты [5].

Ниже мы кратко разберем основные исследования, ставшие основой для постепенного разворота от хирургического протезирования аортального клапана в сторону транскатетерного.

Исследование PARTNER B (Placement of Aortic Transcatheter Valves B trial) рандомизировало 358 симптоматичных пациентов с тяжелым аортальным стенозом и противопоказаниями к хирургическому лечению в группу TAVR либо в группу стандартной терапии (включая баллонную дилатацию аортального клапана). В этом исследовании использовалась система клапанов SAPIEN, и все клапаны имплан-

Key messages

- Transcatheter aortic valve replacement (TAVR) has proven to be an effective alternative to surgical aortic valve replacement, especially for patients with high and moderate surgical risk.
- Long-term outcomes of TAVR, especially for younger patients, remain limited. Valve durability and survival require further research, especially in low surgical risk groups.
- Studies such as PARTNER 3 have limitations in extrapolating results to younger patients. In real-world practice, patients and physicians are more likely to choose TAVR despite the lack of long-term data.

тировались через бедренный доступ. Группа, получившая TAVR, продемонстрировала значительное снижение общей смертности и частоты повторных госпитализаций, по сравнению со стандартной терапией [6]. В результате TAVR начали рассматривать как предпочтительный метод лечения пациентов с противопоказаниями к хирургическому лечению, для которых замена аортального клапана может улучшить качество жизни; это было отражено в рекомендациях АНА/АСС (Американский колледж кардиологии/Американская кардиологическая ассоциация) 2014г [2, 7].

Исследование PARTNER A рандомизировало 699 симптоматичных пациентов с тяжелым аортальным стенозом и высоким хирургическим риском. В этом исследовании также использовалась система клапанов SAPIEN. Предпочтение отдавалось трансфеморальному доступу, но также применялся трансапикальный доступ. TAVR продемонстрировала сопоставимую с группой хирургической замены аортального клапана общую смертность через 1 год [8]. Пятилетние результаты исследования PARTNER A, опубликованные в 2015г, продолжали показывать отсутствие различий в смертности между TAVR и хирургическим протезированием аортального клапана. Дегенерация клапанов оказалась незначимой по данным эхокардиографии, по результатам которой средние градиенты давления и площадь клапана изменились незначительно в течение периода наблюдения. Однако в группе TAVR наблюдалось значимое увеличение частоты тяжелой аортальной регургитации [9]. Следует отметить, что в этом исследовании использовалась система клапанов SAPIEN первого поколения, для большинства центров это был первый опыт проведения таких процедур, а компьютерная томография не использовалась для измерения размера кольца клапана. В результате этого исследова-

ния TAVR была признана адекватной альтернативой хирургическому лечению у пациентов с высоким хирургическим риском.

Исследование PARTNER 2 рандомизировало 2032 симптоматичных пациента с тяжелым аортальным стенозом и умеренным хирургическим риском для получения либо транскатетерного лечения (n=1011), либо хирургического (n=1021) [10]. Основной конечной точкой была общая смертность или инвалидизирующий инсульт. В этом исследовании использовалась система клапанов SAPIEN XT. Трансфеморальный доступ использовался у 76,4% пациентов, в остальных случаях применялся трансторакальный доступ. TAVR показала не меньшую эффективность по сравнению с группой хирургического лечения по показателям общей смертности и инвалидизирующих инсультов через 2 года (19,3% vs 21,1%, P=0,001). При пятилетнем наблюдении за пациентами исследования PARTNER 2 (под названием PARTNER 2A), опубликованного 27 февраля 2020г, результаты по основным конечным точкам сохранялись, площадь аортального клапана и средний градиент не ухудшались за этот период, что свидетельствовало о хорошей долговечности клапана [11]. Однако частота параклапанной регургитации оставалась значительно выше в группе TAVR на 2-летнем и 5-летнем наблюдении. Следует отметить, что в этом исследовании использовались клапаны SAPIEN XT второго поколения, в то время как клапаны третьего поколения SAPIEN S3, имеющие увеличенную высоту юбки вокруг рамы клапана для уменьшения этой проблемы, не использовались, т.к. долгосрочные данные пока отсутствовали.

Исследование SURTAVI (Safety and Efficacy Study of the Medtronic CoreValve System in the Treatment of Severe, Symptomatic Aortic Stenosis in Intermediate Risk subjects Who Need Aortic Valve Replacement) рандомизировало 1746 симптоматичных пациентов с тяжелым аортальным стенозом и умеренным хирургическим риском для получения транскатетерного или хирургического лечения аортального стеноза [12]. Основной конечной точкой была общая смертность или инвалидизирующий инсульт через 24 мес. В 84% случаев использовался биопротез CoreValve, а в 16% — Evolut R. Предпочтительным был трансфеморальный доступ, но у пациентов с трудной анатомией применялись и другие хирургические доступы. TAVR показала не меньшую эффективность по сравнению с хирургической альтернативой в отношении общей смертности и инвалидизирующих инсультов через 2 года. Хирургическое вмешательство было связано с более высокой частотой острой почечной недостаточности, фибрилляции предсердий и потребности в гемотрансфузиях, тогда как TAVR чаще сопровождалась параклапанной регургитацией и необходимостью установки постоянного кардиостимулятора. Большинство пациентов получали биопротез

CoreValve, тогда как более современный Evolut R использовался реже.

Исследование PARTNER 3 рандомизировало 1000 симптоматичных пациентов с тяжелым аортальным стенозом и низким хирургическим риском для получения TAVR (n=503) или хирургической замены аортального клапана (n=497) [13]. Основной конечной точкой был комбинированный показатель, включающий смертность, инсульт и повторные госпитализации через 12 мес. Использовалась система клапанов SAPIEN третьего поколения. Все пациенты получили клапаны через трансфеморальный доступ. TAVR продемонстрировала превосходство по показателям смертности, инсультов и повторных госпитализаций через год. Группа TAVR также показала значительно более высокое качество жизни по шкале Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire через 30 дней и даже через год. TAVR была ассоциирована с более низкой частотой фибрилляции предсердий, инсультов, острой почечной недостаточности и с более коротким пребыванием в стационаре. Поскольку это односторонний анализ, данные долгосрочного наблюдения еще ожидаются.

Исследование Evolut Low Risk рандомизировало 1468 симптоматичных пациентов с тяжелым аортальным стенозом и низким хирургическим риском для транскатетерной (n=725) или хирургической (n=678) замены аортального клапана [14]. Основной конечной точкой была общая смертность или инвалидизирующий инсульт через 2 года. Использовались различные модели от Medtronic: CoreValve (3,6%), Evolut R (74,1%) и Evolut Pro (22,3%). Трансфеморальный доступ применялся в 99% случаев. TAVR показала не меньшую эффективность по сравнению с открытым протезированием аортального клапана в отношении комбинированной конечной точки смертности и инвалидизирующих инсультов через 24 мес. Анализ вторичных исходов показал, что частота госпитализаций по поводу сердечной недостаточности была ниже в группе TAVR через 12 мес.

В соответствии с этими исследованиями и другими новыми данными, рекомендации ESC (Европейское общество кардиологов) 2021г по лечению тяжелого аортального стеноза предлагают трансфеморальное TAVR как терапию первого выбора для пациентов старше 75 лет или тех, кто находится в группе высокого хирургического риска (STS PROM/EuroSCORE II >8%) или непригоден для операции. TAVR рекомендуется и для оставшихся пациентов в зависимости от индивидуальных клинических, анатомических и процедурных характеристик [15].

Рекомендации ACC/AHA 2020г отдают предпочтение TAVR над хирургической заменой аортального клапана для пациентов с тяжелым симптоматическим аортальным стенозом старше 80 лет, а также для более молодых пациентов с ожидаемой продол-

жительностью жизни <10 лет и без анатомических противопоказаний для трансфеморального TAVR, при этом TAVR получила статус Класса I для пациентов с симптоматическим тяжелым аортальным стенозом в возрасте от 65 до 80 лет, начиная с пациентов с противопоказаниями к хирургическому вмешательству и заканчивая пациентами с низким хирургическим риском [16].

Следует, однако, учитывать, что РКИ представляют собой исследования на рафинированной выборке пациентов и часто результаты таких крупных исследований обобщаются на все группы пациентов, забывая о недостатках или ограничениях исследования. Отсюда рождается конфликт между реальной клинической практикой и результатами крупных международных РКИ.

Например, в исследование PARTNER 3 не включались пациенты с двухстворчатым аортальным клапаном или другими сложными анатомическими особенностями клапана, значимым поражением коронарных артерий, аортальный стеноз с низким выбросом и низким градиентом, сопутствующими клапанными заболеваниями или периферическими сосудистыми заболеваниями, исключающими бедренный доступ. Следовательно, результаты этого исследования не могут быть экстраполированы на эти группы пациентов.

Кроме того, <10% пациентов, включенных в вышеперечисленные исследования с низким хирургическим риском, были моложе 65 лет, что ограничивает возможность распространения этих данных на более молодую популяцию пациентов с аортальным стенозом. Более того, не все молодые пациенты с аортальным стенозом относятся к категории низкого риска. Учитывая важность долговечности клапана и долгосрочной выживаемости, хирургические варианты должны быть рассмотрены для этой группы пациентов.

Большинство РКИ, сравнивающих TAVR и хирургическую замену аортального клапана, не представили 10-летних результатов. Однако в феврале 2024г были опубликованы 10-летние результаты исследования NOTION (82), в котором сравнивались результаты транскатетерной и хирургической замены аортального клапана у пациентов с низким хирургическим риском [17]. Результаты показали, что через 10 лет не было значимых различий в показателях общей смертности, инсульта или инфаркта миокарда между группами. Кроме того, риск тяжелой структурной деградации биологического протеза клапана был ниже после TAVR. Поскольку исследование изначально было разработано для оценки исходов через 1 год, результаты 10-летнего наблюдения следует рассматривать как исследовательские, а не окончательные. К 10-летнему сроку наблюдения количество пациентов, оставшихся в исследовании, было существенно сокращено из-за смертей, отказов от наблюдения или других

факторов. Малое число пациентов на этапе 10-летнего наблюдения снижает статистическую мощность анализа, делая выводы менее надежными. В группе хирургического лечения значительная часть пациентов (34%) получила биопротезы Mitroflow и Trifecta, которые известны своим высоким риском ранней структурной деградации [18, 19]. Это может искусственно улучшить относительные результаты TAVI, поскольку современные биологические протезы имеют лучшие показатели долговечности.

Исследователи из США, Alabadi S, et al., проанализировали и сравнили результаты транскатетерного лечения аортального стеноза против традиционного хирургического, у пациентов младше 65 лет во всем штате Калифорния [20]. Это исследование описывает исходы у пациентов, которые в значительной степени были исключены из ключевых РКИ, сравнивающих хирургическое протезирование аортального клапана с TAVR. Рекомендации ACC/AHA рекомендуют хирургическую замену аортального клапана у взрослых младше 65 лет, которые не имеют противопоказаний к хирургическому вмешательству. Однако почти половина молодых взрослых пациентов в Калифорнии, получивших биологический протез клапана в 2021г, перенесли TAVR. Пятилетняя выживаемость оказалась ниже у пациентов, которые подверглись TAVR, в сравнении с сопоставимой по характеристикам группой пациентов, перенесших хирургическое лечение. Эти наблюдения согласуются с данными, представленными Sharma T, et al., которые проанализировали тренды в лечении аортального стеноза в национальной когорте всех пациентов, подвергшихся вмешательству на аортальном клапане, с использованием базы данных Vizient Clinical Database [21]. В их анализе 47,5% всех взрослых младше 65 лет с тяжелым аортальным стенозом, подвергшихся вмешательству, получили TAVR. Эти данные свидетельствуют о том, что пациенты и врачи все чаще предпочитают малоинвазивную терапию, несмотря на отсутствие высококачественных рандомизированных исследований с долгосрочными данными. К схожим выводам пришли и авторы метаанализа, в который были включены 7774 пациента [22]. После тщательного анализа выживаемости авторы обнаружили сопоставимую смертность от всех причин через 2 года после операции, но более низкую смертность от всех причин через 5 лет в группе хирургического лечения.

Заключение

TAVR прошла значительную эволюцию и в настоящее время признана эффективным методом лечения тяжелого аортального стеноза для пациентов различных уровней хирургического риска. Ключевые исследования демонстрируют её высокую эффективность, особенно, у пожилых пациентов с высоким и умеренным риском. Однако долгосрочные данные

о выживаемости, долговечности клапанов и частоте осложнений для молодых пациентов с низким хирургическим риском остаются ограниченными.

Практическое применение TAVR требует тщательной оценки клинических и анатомических особенностей пациентов. Необходимы дальнейшие исследования, особенно, рандомизированные исследования с долгосрочным наблюдением, чтобы обеспечить надёжные рекомендации для молодых пациентов или

пациентов низкого риска. Несмотря на имеющиеся ограничения, TAVR остаётся выдающимся достижением, способным значительно улучшить качество жизни пациентов и продолжительность их жизни при правильном подборе кандидатов.

Отношения и деятельность. Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 23-15-00434.

Литература/References

- Bouma BJ, Van Den Brink RBA, Van Der Meulen JHP, et al. To operate or not on elderly patients with aortic stenosis: the decision and its consequences. *Heart*. 1999;82(2):143-8. doi:10.1136/hrt.82.2.143.
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2014;129(23):2440-92. doi:10.1161/CIR.0000000000000029.
- Mahitta D, Elgendy IY, Bavry AA. From CoreValve to Evolut PRO: Reviewing the Journey of Self-Expanding Transcatheter Aortic Valves. *Cardiol Ther*. 2017;6(2):183-92. doi:10.1007/s40119-017-0100-z.
- lung B, Baron G, Butchart EG, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2003;24(13):1231-43. doi:10.1016/S0195-668X(03)00201-X.
- Stortecky S, Franzone A, Heg D, et al. Temporal trends in adoption and outcomes of transcatheter aortic valve implantation: a SwissTAVI Registry analysis. *Eur Heart J — Qual Care Clin Outcomes*. 2019;5(3):242-51. doi:10.1093/ehjqcco/qcy048.
- Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *N Engl J Med*. 2010;363(17):1597-607. doi:10.1056/NEJMoa1008232.
- Kapadia SR, Leon MB, Makkar RR, et al. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement compared with standard treatment for patients with inoperable aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *The Lancet*. 2015;385(9986):2485-91. doi:10.1016/S0140-6736(15)60290-2.
- Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients. *N Engl J Med*. 2011;364(23):2187-98. doi:10.1056/NEJMoa1103510.
- Mack MJ, Leon MB, Smith CR, et al. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement or surgical aortic valve replacement for high surgical risk patients with aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *The Lancet*. 2015;385(9986):2477-84. doi:10.1016/S0140-6736(15)60308-7.
- Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med*. 2016;374(17):1609-20. doi:10.1056/NEJMoa1514616.
- Makkar RR, Thourani VH, Mack MJ, et al. Five-Year Outcomes of Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med*. 2020;382(9):799-809. doi:10.1056/NEJMoa1910555.
- Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, et al. Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med*. 2017;376(14):1321-31. doi:10.1056/NEJMoa1700456.
- Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. 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.
- Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Valve in Low-Risk Patients. *N Engl J Med*. 2019;380(18):1706-15. doi:10.1056/NEJMoa1816885.
- Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi:10.1093/eurheartj/ehab395.
- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143(5):e35-e71. doi:10.1161/CIR.0000000000000932.
- Thyregod HGH, Jørgensen TH, Ihlemann N, et al. Transcatheter or surgical aortic valve implantation: 10-year outcomes of the NOTION trial. *Eur Heart J*. 2024;45(13):1116-24. doi:10.1093/eurheartj/ehae043.
- Diaz R, Hernández-Vaquero D, Silva J, et al. Real Structural Valve Deterioration of the Mitroflow Aortic Prosthesis: Competing Risk Analysis. *Rev Esp Cardiol Engl Ed*. 2017;70(12):1074-81. doi:10.1016/j.rec.2017.02.041.
- Kattach H, Shah BN, Harden S, et al. Premature Structural Failure of Trifecta Bioprosthesis in Midterm Follow-up: A Single-Center Study. *Ann Thorac Surg*. 2021;112(5):1424-31. doi:10.1016/j.athoracsur.2020.11.026.
- Alabbadi S, Malas J, Chen Q, et al. Guidelines vs Practice: Surgical Versus Transcatheter Aortic Valve Replacement in Adults <60 Years. *Ann Thorac Surg*. 2024;S0003-4975(24)00671-4. doi:10.1016/j.athoracsur.2024.07.036.
- Sharma T, Krishnan AM, Lahoud R, et al. National Trends in TAVR and SAVR for Patients With Severe Isolated Aortic Stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2022;80(21):2054-6. doi:10.1016/j.jacc.2022.08.787.
- Ahmad D, Dawes A, Im M, et al. Comparative Outcomes of Surgical and Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Meta-Analysis and Parametric Extrapolation of Clinical Trials. *J Surg Res*. 2024;302:1-11. doi:10.1016/j.jss.2024.06.044.