

История применения аутологичных материалов в хирургии аортального клапана

Для корреспонденции:

Ашот Оганнесович Симонян, simonyanmd@gmail.com

Поступила в редакцию 14 марта 2021 г. Исправлена 26 апреля 2021 г. Принята к печати 27 апреля 2021 г.

Цитировать:

Комаров Р.Н., Симонян А.О., Борисов И.А., Далинин В.В., Исмаилбаев А.М., Курасов Н.О., Щеглов М.И. История применения аутологичных материалов в хирургии аортального клапана. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(3):106-115. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-106-115>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: А.О. Симонян, А.М. Исмаилбаев
Написание статьи: А.О. Симонян, А.М. Исмаилбаев, Н.О. Курасов, М.И. Щеглов
Исправление статьи: Р.Н. Комаров, В.В. Далинин, И.А. Борисов
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID ID

Р.Н. Комаров, <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>
А.О. Симонян, <https://orcid.org/0000-0001-7381-7925>
И.А. Борисов, <https://orcid.org/0000-0001-9671-6852>
В.В. Далинин, <https://orcid.org/0000-0002-4552-3513>
А.М. Исмаилбаев, <https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>
Н.О. Курасов, <https://orcid.org/0000-0001-6269-2207>
М.И. Щеглов, <https://orcid.org/0000-0001-5071-3269>

© Р.Н. Комаров, А.О. Симонян, И.А. Борисов, В.В. Далинин, А.М. Исмаилбаев, Н.О. Курасов, М.И. Щеглов, 2021
Статья открытого доступа, распространяется по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Р.Н. Комаров¹, А.О. Симонян¹, И.А. Борисов²,
В.В. Далинин², А.М. Исмаилбаев¹,
Н.О. Курасов¹, М.И. Щеглов¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

² Федеральное казенное учреждение «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

В статье освещена история применения аутологичных материалов в хирургии клапанов сердца, в частности аортального. Рассмотрена эволюция использования различных аутоотканей: стенки аорты, широкой фасции бедра, перикарда и других. Проанализированы экспериментальные и клинические публикации о хирургической технике и результатах реконструкции клапанов сердца с использованием подобных материалов. Отражены негативные аспекты применения большого спектра аутооттрансплантатов, в частности короткий срок службы и низкая прочность, ставшие причиной снижения интереса к данной группе реконструктивных вмешательств. Предложенный в 1986 г. C.S. Love и J.W. Love метод обработки аутологичного перикарда глутаральдегидом вывел использование таких материалов в реконструкции клапанов сердца на новый уровень. Способ позволяет укрепить аутоперикардальные неостворки и повысить устойчивость к гемодинамическим нагрузкам. Открытие вызвало интерес у специалистов, которые в дальнейшем разработали различные способы применения обработанного аутоперикарда в хирургии аортального клапана. Квинтэссенцией развития реконструктивной клапанной хирургии с использованием аутологичных материалов стали внедренные в широкую практику C.M.G. Duran и S. Ozaki методики неокоспидизации клапана аорты.

Ключевые слова: аортальный клапан; аортальный порок; аутоперикард; аутооткань; история кардиохирургии; неокоспидизация

Эволюция хирургии аортального клапана: от истоков до аутоперикардальной неокуспидизации

До разработки технологий для проведения операций на «открытом» сердце хирургия аортального клапана ограничивалась попытками корректировать регургитацию. С.Р. Bailey и соавт. в 1952 г. уменьшали диаметр корня аорты «поясом», или нерассасывающимися швами, завязанными ниже уровня устьев коронарных артерий [5]. В 1955 г. А.В. Kortz и Н. Swan выполнили «открытую» комиссуротомию пациенту 29 лет с врожденным аортальным стенозом в условиях гипотермии 28 °С и циркуляторного ареста, положив начало хирургии аортального клапана под контролем прямого зрения. Время пережатия составило 6 мин 15 с [6]. В 1953 г. J.H. Gibbon выполнил первую кардиохирургическую операцию в условиях искусственного кровообращения, ушив дефект межпредсердной перегородки [7]. В 1955 г. G. Blanco и соавт. в эксперименте показали возможность защиты миокарда путем ретроградной перфузии кровью коронарного синуса [8]. В 1956 г. С.W. Lillehei успешно провел «открытую» вальвулотомию, применив данную методику с искусственным кровообращением [9].

В 1958 г. W.H. Muller и соавт. установили клапан из тефлона пациенту с аортальной недостаточностью [10]. В 1960 г. D.E. Harken выполнил первую ортотопическую имплантацию шарового механического протеза, заменив им пораженный аортальный клапан [11].

В 1955 г. С.Р. Bailey и соавт. указывали, что любая имплантируемая в полость сердца чужеродная ткань будет отторгаться организмом [12]. В 1962 г. S.A. Wesolowski, который изучал протезы и трансплантаты тканей, используемые для замены сосудистых сегментов, заключил, что долгосрочно приемлемы в этих целях только аутологичные материалы [13].

В 1959 г. К.В. Absolon и соавт. описали опыт использования центрального сухожилия аутодиафрагмы как свободного трансплантата для использования в позиции аортального клапана [14].

С.Р. Bailey и соавт., длительно изучавшие возможность применения аутоматериалов, пришли к выводу, что из всех аутогенных тканей, доступных для восстановления или замены поврежденных створок аортального клапана, со структурной точки

зрения оптимальна аортальная стенка, особенно ее восходящая часть [15]. Она легкодоступна в непосредственной близости от аортального клапана и является единственной тканью в организме, кроме самого клапана, которая постоянно противостоит естественным пульсовым колебаниям.

В 1959 г. С.Р. Bailey и J. Zimmerman удлинители створки аортального клапана пациенту с аортальной недостаточностью, используя стенку аорты на уровне корня. Дефект ушивали продольно, таким образом стенозировали восходящую аорту [16]. Поскольку это значительно ограничивало количество доступной для использования аутоаортальной ткани, авторы продолжили поиск других вариантов для замещения дефекта аорты. Долгое время считалось недопустимым использовать синтетические материалы в позиции восходящей аорты, однако позже появились данные о возможности применения тканевых протезов [15].

В 1962 г. С.Р. Bailey и соавт. выполнили операцию пациенту 40 лет с врожденным аортальным стенозом по доработанной методике [15]. Резецировали циркулярный участок восходящей аорты над синотубулярным гребнем, сформировали из него створки несколько большего размера, чем нативные. Иссекли пораженный нативный аортальный клапан и пришили неостворки к фиброзному кольцу матрасными швами нейлоновыми нитями размерностью 3-0. Боковые края вернули внутрь, а не приблизили к комиссурам, как в нормальном клапане. Таким образом, вогнутые, высланные эндотелием поверхности были обращены к синусам Вальсальвы. Непрерывность аорты восстановили протезом из гофрированной тефлоновой ткани. Время искусственного кровообращения составило 4 ч 15 мин. Пациента выписали спустя 21 день после операции в удовлетворительном состоянии, однако через 7 мес. он умер от инфаркта миокарда, развившегося, вероятно, от эмболии коронарных артерий вегетацией, которая образовалась на новом клапане из-за инфекционного эндокардита. Микроскопия аутоаортальных створок выявила их утончение за счет снижения количества эластических волокон.

Вклад в применение аутоматериалов внес D.N. Ross, который в 1963 г. описал несколько вариантов реконструкции аортального клапана [17].

В основном автор использовал синтетические материалы, однако одному пациенту с недостаточностью аортального клапана удлинил аутологичным перикардом пораженную некоронарную створку. Позднее ученый выполнил полную реконструкцию аортального клапана створками из аутоперикарда.

В 1964 г. V.O. Björk и соавт. впервые показали негативные стороны использования аутоперикарда [18]. Из двух пациентов с реконструкцией аортального клапана аутологичным перикардом первый умер спустя 5 мес. после операции. Аутопсия показала мелкозернистый кальциноз створок, которые оставались подвижными, но были утолщены. Второй пациент умер через 3 нед. с отрывом одной створки длиной 1,5 см у основания, а также перфорацией диаметром 3 мм и кальцинозом на другой. Местами створки были покрыты фибрином, тромботическим налетом. Авторы сделали вывод о нецелесообразности использования аутоперикарда для реконструкции аортального клапана.

Большую работу проделал A. Senning, который в 1967 г. описал опыт использования широкой фасции бедра в качестве аутоматериала [19]. Из 90 прооперированных пациентов (срок наблюдения до 52 мес.) 13 умерли в периоперационном периоде, 10 — в среднеотдаленном (5 из-за инфекционного эндокардита), у 5 была реоперация по поводу недостаточности. Автор отметил отсутствие тромбоэмболических событий и кальцинирования створок из широкой фасции. В 1973 г. A. Senning и M. Rothlin описали результаты лечения более 200 пациентов и отдаленные результаты первых 100 [20]. Оперированные с 1962 по 1968 г. в среднем находились под наблюдением 57 мес. В среднеотдаленном периоде 8 пациентов умерли из-за эндокардита, 6 — тяжелой недостаточности, 5 — по причинам, не связанным с функцией клапана. К 1972 г. выжили 68 пациентов из 101. При этом 9 больным выполнили повторную замену створок из широкой фасции (5 по причине инфекционного эндокардита, 4 — тяжелой недостаточности), у 6 выявили тяжелую недостаточность клапана, у 22 — умеренную, у 28 — незначительную и у 3 пациентов не обнаружили регургитацию. Гистологическая картина умерших пациентов описывала фиброзирование аутофасциальных створок, дезорганизацию соединительной ткани, коллагеновых волокон. A. Senning

рекомендовал отказаться от данной методики, так как только у трети выживших пациентов не отмечалось значимой регургитации, а также в связи с высоким риском бактериального эндокардита.

В 1969 г. W.S. Edwards описал собственную технику использования аутоперикарда и аутофасции [21]. Автор измерял диаметр аорты на уровне 1 см над синотубулярным гребнем во время систолы и с опорой на этот размер выкраивал 3 створки, которые соединял в единую конструкцию — полноценный клапан. Фиксировал его к аорте и фиброзному кольцу двумя рядами швов: матрасными и отдельными узловыми. W.S. Edwards считал, что такая фиксация обеспечивает наибольшую прочность, однако называл несостоятельность швов одной из проблем применения аутоотканей в позиции аортального клапана. Фиксацию створок на 1 см выше естественных комиссур, чтобы точки крепления новых комиссур располагались на одинаковом расстоянии друг от друга, определял как наиболее гемодинамически выгодную. В публикацию включил пять пациентов: двух с реконструкцией аутоперикардом (один из них умер), трех — широкой фасцией бедра.

В 1970 г. H.T. Bahnson и соавт. создали пульс-дупликатор — устройство, имитирующее работу сердца с заданными гемодинамическими показателями и частотой, что позволяло наблюдать за створками [22]. В качестве аутоматериалов изучали не только перикард и широкую фасцию, но также брюшину и плевру. С помощью пульс-дупликатора выяснили, что недостаточный размер створок приводит к регургитации, а избыточный мешает нормальному открытию и создает высокий градиент давления на клапане. Свои наблюдения авторы применили для расчета оптимальных размера и формы створок и, основываясь на этих данных, разработали систему измерителей и специальные пинцеты, имеющие форму створок, с зубцами по краям для удобной фиксации аутоотканей и выкраивания соответствующего размера. Пространство между зубцами пинцета использовали как разметку, по которой выполняли вколы. С помощью этой техники провели реконструкции аутофасцией восьми пациентам, двое из которых умерли в периоперационном периоде от обширного инфаркта миокарда, один — спустя 2 мес. от септического

шока и печеночной недостаточности. Из пяти выживших у двух в дальнейшем возникла значимая аортальная регургитация.

Вдохновившись результатами А. Senning, M.I. Ionescu и соавт. в 1970 г. опубликовали работу, в которой описали каркас для створок клапана на титановой основе, покрытый дакроновой тканью и состоящий из протезного кольца и комиссуральных столбиков [23]. К этой конструкции пришивали створки из свежей широкой фасции бедра и имплантировали во все клапанные позиции, что позволяло снизить время искусственного кровообращения до уровня стандартного протезирования. Таким образом имплантировали 47 клапанов в митральную позицию, 16 — аортальную, 2 — трикуспидальную и 11 — комбинированно. Из 76 пациентов в периоперационном периоде умерли 10. В последующем авторы сообщили о среднеотдаленных результатах (срок наблюдения 6–54 мес.). В митральной позиции больше чем у половины пациентов отмечали митральную недостаточность разной степени. Из-за тяжелой регургитации реоперировали 6 больных. Во всех случаях отмечали втяжение и выраженное утолщение одной из створок и умеренное утолщение двух других. В аортальной позиции недостаточность разной степени выявляли в 11 % случаев, однако не проводили реоперации. Клапаны трикуспидальной локализации проблем не имели. В целом, по сравнению с другими исследованиями, имплантация створок на каркасе показала удовлетворительные результаты, однако не решила главную проблему биологических материалов — биодеградацию [24].

Хотя указанные работы представляли интерес, их результаты были недостаточно убедительны, а разработанные в то же время протезы позволяли быстро и надежно нивелировать порок у пациента, благодаря чему стали «золотым стандартом» клапанной хирургии. Однако со временем начали выявлять недостатки протезирования, главный из которых — необходимость приема непрямых пероральных антикоагулянтов и риск геморрагических осложнений, поэтому хирурги вновь обратились к возможности применения аутоканей.

В 1986 г. C.S. Love и J.W. Love совершили ключевое открытие, описав интраоперационное создание клапана из аутоперикарда, обработанного глю-

таральдегидом [25]. Свежевыделенный перикард освобождали от жира, замачивали в 0,6% растворе глутаральдегида в течение 5 мин и промывали физиологическим раствором. В эксперименте на овце спустя 5 мес. после имплантации в митральную позицию клапан из обработанного аутоперикарда не имел тенденции к дегенеративным изменениям, створки оставались прочными, недостаточности не отмечалось. В 1991 г. авторы изобрели сшивающее устройство, которое позволяло прикреплять обработанные створки к каркасу, анатомически схожему с фиброзным кольцом аортального клапана и его комиссуральным аппаратом. Два клапана, созданные таким способом, в течение 2 лет тестировали на разработанном ими устройстве, позволяющем выполнять 800 циклов открытия и закрытия в минуту под давлением 125 мм рт. ст. Спустя 846 млн циклов функция клапана оставалась неизменной, таким образом, использование глутаральдегида решило главную проблему применения аутоматериалов в клапанной хирургии.

В 1987 г. R.J. Vilela Batista и соавт. также использовали глутаральдегид, однако замачивали в нем бычий перикард в течение 7 дней [26]. Из обработанного ксеноперикарда выкраивали монозаплату и пришивали в аортальную позицию, при этом новые комиссуры были на 1,0–1,5 см выше основных, что позволяло достичь лучшей коаптации створок и снизить нагрузку на клапан. Авторы отмечали, что применяемые в тот период каркасы для клапанов значительно сужали эффективное отверстие раскрытия и повышали трансортальный градиент давления. Они также считали, что вмешательства, подобные проводимым ими операциям, в первую очередь необходимо выполнять больным инфекционным эндокардитом ввиду минимального количества инородного материала. Позднее авторы сообщили, что у 216 прооперированных пациентов (максимальный срок наблюдения 6 лет) кальцификации клапанов не произошло. Всем больным назначали 500 мг аспирина в сутки на 6 мес., потребность в назначении антикоагулянтов отсутствовала [26; 27].

В 1986 г. M. Yacoub и соавт. сообщили о 6 случаях раннего отрыва створки и 4 случаях дегенеративных процессов в группе из 135 пациентов, находившихся под наблюдением до 7 лет [28]. Для всех операций использовали перикард телят, обра-

ботанный глутаральдегидом. В 1988 г. M.R. al Fagih и соавт. сообщили о 20 случаях удлинения одной створки бычьим перикардом с удовлетворительными результатами (максимальный период наблюдения 23 мес.) [29]. В то же время довольно ограниченная долговечность биопротеза Ionescu – Shiley, особенно у молодых пациентов, вызывает сомнения в долгосрочных результатах лечения обработанным ксеноперикардом. Однако отсутствие жесткого каркаса не только снижает трансклапанный градиент, что особенно важно у больных молодого возраста, но также уменьшает нагрузку на ткань, увеличивая ее долговечность [30]. Эту гипотезу подтвердили W.W. Angell и соавт., показав, что время для полной дисфункции свободно замещенных створок обработанным гомоперикардом составляет 12 лет, в сравнении с 8 годами при имплантации гомотрансплантата на каркасе [31; 32].

J.C. Chachques и соавт. в 1988 г. опубликовали результаты эксперимента [33]. Козий перикард размером 8 × 8 см помещали в 0,62% раствор глутаральдегида с магнием при комнатной температуре. Поочередно вырезали фрагменты 1 × 1 см каждую минуту в течение 20 мин, далее через 3, 12, 24, 48, 72 ч и через 7, 14, 21, 28 дней после начала контакта перикарда с глутаральдегидом. Фрагменты промывали, погружали в физиологический раствор и хранили в течение 2 дней. Стабильность ткани проверяли на каждом сегменте перикарда термоусадкой. Чем выше температура, вызывающая ретракцию ткани, тем сильнее сшивка. Степень фиксации ткани исследовали методами сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии. Результаты показали, что 10 мин обработки глутаральдегидом оптимальны для ткани перикарда, позволяют сохранить ее естественную структуру и вместе с тем улучшить качество, создавая адекватную жесткость и эластичность, выраженное подавление антигенности, высокую устойчивость к давлению и оказывая дезинфицирующий эффект [33]. В 1991 г. S. Chauvaud и соавт. описали использование обработанного глутаральдегида в митральной позиции для удлинения створок. С 1980 по 1989 г. прооперировали 64 пациента в возрасте от 2 до 60 лет. Аутоперикард фиксировали 0,62% раствором глутаральдегида в течение 15 мин, затем столько же

промывали физиологическим раствором. Срок наблюдения составлял до 9 лет. В периоперационном периоде летальных исходов не отмечалось, в позднем послеоперационном — один. Недостаточность митрального клапана была незначительной или отсутствовала у более чем 80 % пациентов [34].

Вдохновившись результатами применения аутоперикарда, кардиохирурги из Саудовской Аравии под руководством С.М.Г. Duran с 1988 г. начали проводить операции по собственной технологии [30]. Выполнили расчеты и создали формы для выкраивания створок из аутоперикарда, обработанного глутаральдегидом. С их помощью получали единый блок будущего клапана. Створки заменяли не полностью, оставляли часть нативного клапана пациента и пришивали к нему ткани перикарда с формированием новых комиссур выше собственных. С 1988 по 1994 г. прооперировали 76 пациентов от 12 до 68 лет. Бычий перикард использовали для 27 больных, из них трех в дальнейшем оперировали повторно: одного в связи со склеродегенеративными изменениями, кальцинозом, двух из-за инфекционного эндокардита. С.М.Г. Duran и соавт. [35], K. Bjornstad и соавт. [36] сообщили об отсутствии периоперационной летальности и удовлетворительных гемодинамических показателях в течение 66 мес. наблюдения. Створки из аутоперикарда имели наилучшие гемодинамические характеристики, были менее подвержены дегенеративным изменениям и утолщению, а градиент давления был ниже, чем при использовании ксеноперикарда. Тромбоэмболических событий не отмечали, что в очередной раз доказало отсутствие потребности в применении непрямых пероральных антикоагулянтов у этой группы больных.

В 1998 г. С.М.Г. Duran и соавт. описали отдаленные эхокардиографические показатели 91 пациента после реконструкции аортального клапана перикардом, обработанным глутаральдегидом (27 — бычьим, 64 — аутологичным) [37]. Отдаленная выживаемость и отсутствие структурных нарушений через 8 лет составили $82,2 \pm 9,6$ и $76,2 \pm 10,7$ % для ксеноперикарда, $91,05 \pm 3,96$ и $96,8 \pm 2,25$ % для аутоперикарда соответственно. Последнее доплеровское эхокардиографическое исследование показало более выраженные среднюю степень регургитации и средний трансортальный градиент на клапане из



Рис. 1. Аортальный клапан из аутоперикарда

ксеноперикарда (1,25 ст. и 20,7 мм рт. ст.) по сравнению с аутоперикардальным (1-я ст. и 7,7 мм рт. ст.). Тромбоэмболических событий не наблюдалось ни в одной группе. На тот момент преимущество аутоперикарда было очевидным, однако в 2005 г. исследователи опубликовали 16-летние наблюдения за этими же больными: в обеих группах результаты оставались сопоставимыми [38]. По заключению авторов, аутоперикард более доступен, в том числе экономически, однако в случае невозможности его использования стоит рассматривать ксеноперикард.

Современные способы применения аутоперикарда в хирургии аортального клапана во многом определил S. Ozaki. В 2007 г. он разработал и создал набор измерителей и трафаретов для выкраивания створок, а также технологию их имплантации, что во многом облегчило моделирование неостворок [39]. Ключевой особенностью являлось то, что каждая створка имела индивидуальный размер, соответствующий размеру идентичной нативной створки (рис. 1). Процесс создания и имплантации S. Ozaki и соавт. назвали неокуспидизацией аортального клапана (AVNeo). Исследователи отмечали, что аутоперикард, обработанный 0,6% глутаральдегидом, обладает низким аутоиммунным ответом, высокой прочностью, меньше подвержен кальцинозу, экономически целесообразен, сохраняет физиологические движения аорты, не требует приема непрямых пероральных антикоагулянтов. Также неокуспидизация лишена проблемы протез-пациентного несоответствия и имеет явные пре-



Рис. 2. Русский кондуит — технология, сочетающая процедуры Ozaki и Bentall

имущества у больных с узким фиброзным кольцом, обеспечивая наилучшие гемодинамические характеристики [39–41]. По статистике на 2019 г., за 12 лет наблюдения за 1 100 больными выживаемость составила 84,6 %, свобода от реопераций — 95,8 % [42]. В мире выполнено около 2 тыс. операций Ozaki, в том числе у детей [42–49].

Одно из основных противопоказаний к аутоперикардальной неокуспидизации — аннулодилатация аортального клапана, однако в 2019 г. российские кардиохирурги опубликовали технологию комбинированной реконструкции, сочетающей процедуры Bentall и Ozaki [50]. После предварительного измерения размера створок обработанные глутаральдегидом листки перикарда вшивали в синтетический сосудистый протез (рис. 2), после чего имплантировали всю конструкцию в корень аорты подобно процедуре Bentall. Авторы указывали на положительные ранние послеоперационные гемодинамические показатели, отсутствие летальности и осложнений, тем не менее отдаленные результаты ожидаются.

Заключение

На протяжении почти 100 лет применения аутоматериалов дискуссия о них периодически угасала в научных сообществах, но затем возобновлялась. Несмотря на вклад многих авторов, ключевым событием стало описание C.S. Love и J.W. Love в 1986 г. методики обработки аутологичного перикарда глутаральдегидом, которая позволила аутоматериалам конкурировать с протезировани-

ем и другими видами клапанных реконструкций. Предложенная в 2007 г. S. Ozaki методика неокуспидизации является самым распространенным видом реконструкций с использованием аутоперикарда. Наилучшие гемодинамические показатели и возможность применения при узком фиброзном кольце аортального клапана позволяют выполнять неокуспидизацию в любом возрасте. Процедура экономически выгодна и не требует приема антикоагулянтов, что повышает качество жизни больных.

Таким образом, многолетний опыт применения аутоматериалов в хирургии клапанов сердца позволяет считать аутоперикард материалом выбора для реконструкции аортального клапана. Подтвердить целесообразность широкого внедрения данной процедуры должно дальнейшее наблюдение за больными.

Список литературы / References

- Wilson W.C. Studies in experimental mitral obstruction in relation to the surgical treatment of mitral stenosis. *Br J Surg.* 1930;18(70):259-274. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800187009>
- Murray G., Wilkinson F.R., Mackenzie R. Reconstruction of the valves of the heart. *Can Med Assoc J.* 1938;38(4):317-319. PMID: 20320912; PMCID: PMC536455.
- Beck C.S., Cutler E.C. A cardiovalvulotome. *J Exp Med.* 1924;40(3):375-379. PMID: 19868925; PMCID: PMC2128574. <https://doi.org/10.1084/jem.40.3.375>
- Templeton J.Y. 3rd, Gibbon J.H. Jr. Experimental reconstruction of cardiac valves by venous and pericardial grafts. *Ann Surg.* 1949;129(2):161-176. PMID: 17859296; PMCID: PMC1513949. <https://doi.org/10.1097/00000658-194902000-00001>
- Bailey C.P., Likoff W. The surgical treatment of aortic insufficiency. *Ann Intern Med.* 1955;42(2):388-416. PMID: 14350467. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-42-2-388>
- Kortz A.B., Swan H. Direct vision trans-aortic approach to the aortic valve during hypothermia; experimental observations and report of successful clinical case. *Ann Surg.* 1956;144(2):205-214. PMID: 13355192; PMCID: PMC1465315. <https://doi.org/10.1097/00000658-195608000-00010>
- Gibbon J.H. Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med.* 1954;37(3):171-185. PMID: 13154149.
- Blanco G., Adam A., Fernández A. A direct experimental approach to the aortic valve. II. Acute retroperfusion of the coronary sinus. *J Thorac Surg.* 1956;32(2):171-177. PMID: 13346782. [https://doi.org/10.1016/S0096-5588\(20\)30411-6](https://doi.org/10.1016/S0096-5588(20)30411-6)
- Lillehei C.W., Dewall R.A., Gott V.L., Varco R.L. The direct vision correction of calcific aortic stenosis by means of a pump-oxygenator and retrograde coronary sinus perfusion. *Dis Chest.* 1956;30(2):123-132. PMID: 13344319. <https://doi.org/10.1378/chest.30.2.123>
- Muller W.H., Warren W.D., Dammann J.F. Jr., Beckwith J.R., Wood J.E. Jr. Surgical relief of aortic insufficiency by direct operation on the aortic valve. *Circulation.* 1960;21(4):587-597. PMID: 14425177. <https://doi.org/10.1161/01.cir.21.4.587>
- Harken D.E., Soroff H.S., Taylor W.J., Lefemine A.A., Gupta S.K., Lunzer S. Partial and complete prostheses in aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1960;40:744-762. PMID: 13711583.
- Bailey C.P. *Surgery of the heart.* Philadelphia: Lea and Febiger; 1955. 819 p.
- Wesolowski S.A. Materials for repair of vascular defects. *Dis Chest.* 1963;43(3):290-301. PMID: 14000072. <https://doi.org/10.1378/chest.43.3.290>
- Absolon K.B., Hunter S.W., Quattlebaum F.W. A new technique for cardiac valve construction from autologous diaphragm. *Surgery.* 1959;46:1078-1083. PMID: 13791596.
- Bailey C.P., Carstens H.P., Zimmerman J., Hirose T. Aortic valve replacement with autogenous aortic wall. *Am J Cardiol.* 1965;15:367-379. PMID: 14263033. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(65\)90330-9](https://doi.org/10.1016/0002-9149(65)90330-9)
- Bailey C.P., Zimmerman J. The surgical correction of aortic regurgitation; bicuspid conversion. *Am J Cardiol.* 1959;3(1):6-21. PMID: 13606059. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(59\)90390-x](https://doi.org/10.1016/0002-9149(59)90390-x)
- Ross D.N. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet.* 1963;1(7281):571-574. PMID: 13975079. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(63\)92687-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(63)92687-4)
- Björk V.O., Hultquist G. Teflon and pericardial aortic valve prostheses. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1964;47(6):693-701. PMID: 14174962. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)33497-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)33497-X)
- Senning A. Fascia lata replacement of aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1967;54(4):465-470. PMID: 6069286.
- Senning A., Rothlin M. Reconstruction of the aortic valve with fascia lata. Initial and long term results. *Vasc Surg.* 1973;7(1):29-35. PMID: 4691035. <https://doi.org/10.1177/153857447300700104>
- Edwards W.S. Aortic valve replacement with autogenous tissue. *Ann Thorac Surg.* 1969;8(2):126-132. PMID: 4894908. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)66219-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)66219-4)
- Bahnon H.T., Hardesty R.L., Baker L.D. Jr., Brooks D.H., Gall D.A. Fabrication and evaluation of tissue leaflets for aortic and mitral valve replacement. *Ann Surg.* 1970;171(6):939-947. PMID: 5420935; PMCID: PMC1396881. <https://doi.org/10.1097/00000658-197006010-00015>
- Ionescu M.I., Ross D.N., Deac R.C., Wooler G.H. Heart valve replacement with autologous fascia lata. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1970;60(3):331-354. PMID: 4916118. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(19\)42347-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(19)42347-7)
- Ionescu M.I., Pakrashi B.C., Mary D.A.S., Bartek I.T., Wooler G.H. Replacement of heart valves with frame-mounted tissue grafts. *Thorax.* 1974;29(1):56-67. <https://doi.org/10.1136/thx.29.1.56>
- Love C.S., Love J.W. The autogenous tissue heart valve: current status. *J Card Surg.* 1991;6(4):499-507. PMID: 1815775. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.1991.tb00351.x>
- Vilela Batista R.J., Dobrianskij A., Comazzi M. Jr., Lessa Neto L.T., Rocha G., Sartori F., Westphal R., Timi J.R.,

- Moreira R., Oliveira P.F. Clinical experience with stentless pericardial aortic monopatch for aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1987;93(1):19-26. PMID: 3796028. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)36470-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)36470-0)
27. David T.E., Pollick C., Rn J.B. Aortic valve replacement with stentless porcine aortic bioprosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;99(1):113-118. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)35640-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)35640-5)
 28. Yacoub M., Khaghani A., Dhalla N. Aortic valve replacement using unstented dura or calf pericardium early and medium term results. In: Bodnar E., Yacoub M., editors. *Biological and bioprosthesis valves*; proceedings of the Third International Symposium on Cardiac Bioprosthesis. New York: Yorke Medical Books; 1986. pp. 684-690.
 29. al Fagih M.R., al Kasab S.M., Ashmeg A. Aortic valve repair using bovine pericardium for cusp extension. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1988;96(5):760-764. PMID: 3184969. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)35184-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)35184-0)
 30. Duran C., Kumar N., Gometza B., al Halees Z. Indications and limitations of aortic valve reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 1991;52(3):447-454. PMID: 1898131. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(91\)90904-5](https://doi.org/10.1016/0003-4975(91)90904-5)
 31. Angell W.W., Angell J.D., Oury J.H., Lamberti J.J., Grehl T.M. Long-term follow-up of viable frozen aortic homografts. A viable homograft valve bank. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1987;93(6):815-822. PMID: 3573795.
 32. Angell W.W., Oury J.H., Lamberti J.J., Koziol J. Durability of the viable aortic allograft. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1989;98(1):48-55; discussion 55-56. PMID: 2739425.
 33. Chachques J.C., Vasseur B., Perier P., Balansa J., Chauvaud S., Carpentier A. A rapid method to stabilize biological materials for cardiovascular surgery. *Ann N Y Acad Sci.* 1988;529(1 Fourth Colloq):184-186. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1988.tb51455.x>
 34. Chauvaud S., Jebara V., Chachques J.C., el Asmar B., Mihaileanu S., Perier P., Dreyfus G., Relland J., Couetil J.P., Carpentier A. Valve extension with glutaraldehyde-preserved autologous pericardium. Results in mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991;102(2):171-177; discussion 177-178. PMID: 1907700.
 35. Duran C.M.G., Gallo R., Kumar N. Aortic valve replacement with autologous pericardium: surgical technique. *J Card Surg.* 1995;10(1):1-9. PMID: 7696782. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.1995.tb00582.x>
 36. Bjørnstad K., Duran R.M., Nassau K.G., Gometza B., Hatle L.K., Duran C.M.G. Clinical and echocardiographic follow-up after aortic valve reconstruction with bovine or autologous pericardium. *Am Heart J.* 1996;132(6):1173-1178. PMID: 8969568. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(96\)90460-3](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(96)90460-3)
 37. Duran C.M., Gometza B., Shahid M., Al-Halees Z. Treated bovine and autologous pericardium for aortic valve reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(6 Suppl):S166-S169. PMID: 9930441. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(98\)01030-3](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(98)01030-3)
 38. Al Halees Z., Al Shahid M., Al Sane'i A., Sallehuddin A., Duran C. Up to 16 years follow-up of aortic valve reconstruction with pericardium: a stentless readily available cheap valve? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;28(2):200-205. PMID: 16039963. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2005.04.041>
 39. Ozaki S., Kawase I., Yamashita H., Uchida S., Nozawa Y., Matsuyama T., Takatoh M., Hagiwara S. Aortic valve reconstruction using self-developed aortic valve plasty system in aortic valve disease. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2011;12(4):550-553. PMID: 21273254. <https://doi.org/10.1510/icvts.2010.253682>
 40. Ozaki S., Kawase I., Yamashita H., Uchida S., Nozawa Y., Takatoh M., Hagiwara S., Kiyohara N. Reconstruction of bicuspid aortic valve with autologous pericardium — usefulness of tricuspidization. *Circ J.* 2014;78(5):1144-1151. PMID: 24614492. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-13-1335>
 41. Ozaki S., Kawase I., Yamashita H., Uchida S., Takatoh M., Hagiwara S., Kiyohara N. Aortic valve reconstruction using autologous pericardium for aortic stenosis. *Circ J.* 2015;79(7):1504-1510. PMID: 25818901. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-14-1092>
 42. Ozaki S. Ozaki procedure: 1,100 patients with up to 12 years of follow-up. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2019;27(4):454. PMID: 32082907; PMCID: PMC7018167. <https://doi.org/10.5606/tgkdc.dergisi.2019.01904>
 43. Koechlin L., Schurr U., Miazza J., Imhof S., Maurer M., Erb J., Gahl B., Santer D., Berdajs D., Eckstein F.S., Reuthebuch O. Echocardiographic and clinical follow-up after aortic valve neocuspidization using autologous pericardium. *World J Surg.* 2020;44(9):3175-3181. PMID: 32458022. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05588-x>
 44. Reuthebuch O., Koechlin L., Schurr U., Grapow M., Fassl J., Eckstein F.S. Aortic valve replacement using autologous pericardium: single centre experience with the Ozaki technique. *Swiss Med Wkly.* 2018;148:w14591. PMID: 29442340. <https://doi.org/10.4414/smw.2018.14591>
 45. Akiyama S., Iida Y., Shimura K., Fujii S., Shimizu H., Sawa S. Midterm outcome of aortic valve neocuspidization for aortic valve stenosis with small annulus. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;68(8):762-767. PMID: 32008187. <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01299-1>
 46. Marathe S.P., Chávez M., Sleeper L.A., Marx G., Del Nido P.J., Baird C.W. Modified Ozaki procedure including annular enlargement for small aortic annuli in young patients. *Ann Thorac Surg.* 2020;110(4):1364-1371. PMID: 32454012. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.04.025>
 47. Arutyunyan V., Chernov I., Komarov R., Sinelnikov Yu., Kadyraliev B., Enginiov S., Tcheglov M., Ismailbaev A., Baranov A., Ashurov F., Clavel M.-A., Pibarot P., Sá M.P.B.O., Weymann A., Zhigalov K. Immediate outcomes of aortic valve neocuspidization with glutaraldehyde-treated autologous pericardium: A multicenter study. *Brazilian J Cardiovasc Surg.* 2020;35(3):241-248. PMID: 32549094; PMCID: PMC7299575. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2020-0019>
 48. Yerebakan C. Commentary: Continue to imitate the nature: We are getting closer. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;159(6):2381-2382. PMID: 32061392. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.12.105>
 49. Wiggins L.M., Mimic B., Issitt R., Ilic S., Bonello B., Marek J., Kostolny M. The utility of aortic valve leaflet reconstruction techniques in children and young adults. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;159(6):2369-2378. PMID: 31864692. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.09.176>
 50. Komarov R., Chernov I., Enginiov S., Sá M.P.B.O., Tarasov D. The Russian conduit — combining Bentall and Ozaki procedures for concomitant ascending aorta replacement and aortic valve neocuspidization. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019;34(5):618-623. PMID: 31719014; PMCID: PMC6852441. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0329>

History of the use of autologous materials in aortic valve surgery

Roman N. Komarov¹, Ashot O. Simonyan¹, Igor A. Borisov², Vadim V. Dalinin², Alisher M. Ismailbaev¹, Nikolay O. Kurasov¹, Maxim I. Tcheglov¹

¹ Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Mandryka Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Corresponding author. Ashot O. Simonyan, simonyanmd@gmail.com

Various types of autologous materials are used in heart valve surgery, particularly the aortic valve, and this article describes their historical development. The evolution of the use of various autogenous tissues, such as the aortic wall, fascia lata of the thigh, pericardium and others is described and discussed in detail. This paper presents the results of experimental and clinical publications devoted to the surgical techniques and the outcomes of heart valve reconstruction using such materials. The negative aspects of the use of a wide range of autografts are discussed, including the short service life and low strength, which led to declining interest in this group of reconstructive interventions. The method for treating the autopericardium with glutaraldehyde, proposed in 1986 by C.S. Love, J.W. Love and colleagues, raised the use of autologous materials in the reconstruction of heart valves to a new level, allowing surgeons to strengthen the autopericardial flaps and increase resistance to hemodynamic stress. Many surgeons, their interest in such treatment methods increased by this discovery, then reported their observations and further developed ways of using the treated autopericardium in aortic valve surgery. Particularly, the method of neocuspidisation of the aortic valve, introduced into wide practice by M.G. Duran and S. Ozaki, has become the quintessential reconstructive valve surgery involving the use of autologous materials.

Keywords: aortic valve; autopericardium; autotissue; history of cardiac surgery; neocuspidisation; valve disease

Received 14 March 2021. Revised 26 April 2021. Accepted 27 April 2021.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors

Conception and study design: A.O. Simonyan, A.M. Ismailbaev

Drafting the article: A.O. Simonyan, A.M. Ismailbaev, N.O. Kurasov, M.I. Tcheglov

Critical revision of the article: R.N. Komarov, V.V. Dalinin, I.A. Borisov

Final approval of the version to be published: R.N. Komarov, A.O. Simonyan, I.A. Borisov, V.V. Dalinin, A.M. Ismailbaev, N.O. Kurasov, M.I. Tcheglov

ORCID ID

R.N. Komarov, <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

A.O. Simonyan, <https://orcid.org/0000-0001-7381-7925>

I.A. Borisov, <https://orcid.org/0000-0001-9671-6852>

V.V. Dalinin, <https://orcid.org/0000-0002-4552-3513>

A.M. Ismailbaev, <https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>

N.O. Kurasov, <https://orcid.org/0000-0001-6269-2207>

M.I. Tcheglov, <https://orcid.org/0000-0001-5071-3269>

Copyright: © 2021 Komarov et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

How to cite: Komarov R.N., Simonyan A.O., Borisov I.A., Dalinin V.V., Ismailbaev A.M., Kurasov N.O., Tcheglov M.I. History of the use of autologous materials in aortic valve surgery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(3):106-115. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-106-115>