

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

ПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОРНЯ И ВОСХОДЯЩЕЙ АОРТЫ С РЕИМПЛАНТАЦИЕЙ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АНТЕГРАДНОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ КРОНАРНОЙ ПЕРФУЗИИ МИОКАРДА

А.В. Марченко¹, П.А. Мялюк¹, *Ф.Б. Самошина¹, А.А. Андрианова², В.А. Белов¹

¹ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, г. Пермь

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Первый Санкт-Петербургский государственный университет имени академика И.П. Павлова»

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Самошина Фаина Борисовна (Samoshina Faina B.), e-mail: samoshina.fb@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Цель: представить опыт выполнения операции Дэвида в условиях работающего сердца и параллельного искусственного кровообращения.

Материалы и методы: пациент мужского пола (59 лет) поступил в клинику с целью дообследования по поводу эктазии восходящей аорты. По результатам обследования по эхокардиографии (ЭхоКГ): восходящий отдел аорты – 46 мм, корень аорты – 50 мм, дуга – 35 мм, фракция выброса – 56%, ударный объем – 61 мл, конечный диастолический объем – 130 мл, конечный систолический объем – 56 мл, аортальная регургитация – 3 степени. Выполнена МСКТ аорты с контрастированием: фиброзное кольцо аортального клапана – 30,1 мм, диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы – 48,3×54,4 мм, ST-зона – 38,5 мм, восходящая аорта на уровне ствола легочной артерии – 36,3 мм, дуга аорты перед брахиоцефальной артерией – 34,2 мм.

Результаты: пациенту выполнена клапаносохраняющая операция протезирования корня и восходящей аорты с реимплантацией аортального клапана на работающем сердце. Общее время операции составило 410 минут, время параллельного искусственного кровообращения – 177 минут, время зажима на аорте – 150 минут без ишемии миокарда.

Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациент экстубирован в день операции, общее время ИВЛ – 10 часов, из отделения реанимации переведен на вторые сутки, на третьи сутки удалены дренажи и пациент активизировался. ЭхоКГ после операции: КСО ЛЖ – 36 мл, КДО ЛЖ – 82 мл, ударный объем – 88 мл, фракция выброса – 54%, аортальная регургитация – 0. Пациент выписан в стабильном состоянии с улучшением самочувствия.

Заключение: в данном клиническом случае впервые в нашей клинике было выполнено вмешательство на аортальном клапане, аорте и коронарных артериях (операция Дэвида) в условиях работающего сердца. Удачный опыт операции Дэвида на работающем сердце показал, что методика не только применима, но и эффективна. Дальнейшее развитие аортальной хирургии в условиях работающего сердца позволит улучшить результаты хирургического вмешательства и качество жизни пациентов.

Ключевые слова: минимально инвазивная хирургия, протезирование аорты, операция Дэвида, работающее сердце, параллельное искусственное кровообращение.

Для цитирования. А.В. Марченко, П.А. Мялюк, Ф.Б. Самошина, А.А. Андрианова, В.А. Белов, «ПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОРНЯ И ВОСХОДЯЩЕЙ АОРТЫ С РЕИМПЛАНТАЦИЕЙ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АНТЕГРАДНОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ КРОНАРНОЙ ПЕРФУЗИИ МИОКАРДА». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(2): 87–93.

REPLACEMENT OF THE ROOT AND ASCENDING AORTA WITH REIMPLANTATION OF THE AORTIC VALVE ON A BEATING HEART USING ANTEGRADE SELECTIVE CORONARY PERFUSION OF THE MYOCARDIUM

A.V. Marchenko¹, P.A. Myalyuk¹, *F.B. Samoshina¹, A.A. Andrianova², V.A. Belov¹

¹Federal State Budgetary Institution «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Perm)

²Federal State Budgetary Educational Institution «First St. Petersburg State University named after Academician I.P. Pavlov»

ABSTRACT

Aim: to present the experience of performing David's procedure in conditions of a beating heart and parallel cardiopulmonary bypass.

Materials and methods: 59 y.o. man was admitted to the clinic for further examination for ascending aortic ectasia. According to the results of the echocardiography (EchoCG): ascending aorta – 46 mm, aortic root – 50 mm, arch – 35 mm, ejection fraction (EF) LV – 56%, end diastolic volume LV(EDV) – 130 ml, end systolic volume LV(ESV) – 56 ml, aortic regurgitation – 3 degrees. MSCT of the aorta: the fibrous ring of the aortic valve is 30.1 mm, the diameter of the aorta at the level of the sinuses of Valsalva is 48.3×54.4 mm, the ST zone is 38.5 mm, the ascending aorta at the level of the trunk of the pulmonary artery is 36.3 mm, the arch of the aorta in front of the brachiocephalic artery is 34.2 mm.

Results: the patient underwent valve-preserving prosthetics of the root and ascending aorta with reimplantation of the aortic valve on a functioning heart. The total time of the operation was 410 min, the CPB time was 177 min, and the time of clamping on the aorta was 150 minutes without myocardial ischemia. The postoperative period was uneventful. The patient was extubated on the day of surgery, the total ventilation time was 10 hours, he was transferred from the intensive care unit on the second day, drains were removed on the third day and the patient became active. EchoCG after surgery: ESV LV – 36 ml, EDV LV – 82 ml, EF LV – 54%, aortic regurgitation – 0. The patient was discharged in stable condition with improved well-being.

Conclusion: in this clinical case, for the first time in our clinic, an intervention on the aortic valve, aorta and coronary arteries (David's operation) was performed in a beating heart. David's successful experience of surgery on a beating heart has shown that the technique is not only applicable, but also effective.

Keywords: minimally invasive surgery, aortic replacement, David's operation, beating heart, parallel cardiopulmonary bypass.

ВВЕДЕНИЕ

Кардиоплегия была создана и модифицирована для интраоперационной защиты миокарда. Однако полностью устранить риск повреждения миокарда тяжело, особенно если отмечается снижение функции миокарда левого желудочка. Исключая кардиоплегическую остановку сердца, мы, тем самым, устраняем возможность возникновения проблем с «запуском» сердца, нарушений ритма и проводимости, появления участков ишемии и нарастания показателей кардиоферментов, развития нестабильной гемодинамики.

Испытывая меньший стресс во время операции, организм способен восстановиться в более короткий послеоперационный период при отсутствии кардиоплегической остановки сердца. В данной статье представлен клинический случай выполнения клапансохраняющей операции протезирования корня и восходящей аорты с реимплантацией аортального клапана в условиях работающего сердца.

Клинический случай

Мужчина 59 лет. Амбулаторно по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) выявлена эктазия восходящего отдела аорты. Пациент был госпитализирован на дообследование в ФЦССХ им. С.Г. Суханова. Госпитально проведены следующие исследования:

ЭхоКГ: восходящий отдел аорты – 46 мм, корень аорты – 50 мм, дуга – 35 мм, гипертрофия левого желудочка, фракция выброса – 56%, ударный объем – 61 мл, конечный диастолический объем – 130 мл, конечный систолический

объем – 56 мл, аортальная регургитация – 3 степени, VC 10 мм, митральная регургитация – 1 степени.

Коронарная ангиография: правая нисходящая и правая коронарная артерии – стенозы по 30%.

Выполнена МСКТ аорты с контрастированием: фиброзное кольцо аортального клапана – 30,1 мм, диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы – 48,3×54,4 мм, ST-зона – 38,5 мм, восходящая аорта на уровне ствола легочной артерии – 36,3 мм, дуга аорты перед брахиоцефальной артерией – 34,2 мм, после устья левой общей сонной артерии – 29,2 мм, диаметр аорты после устья левой подключичной артерии – 26,8 мм, нисходящая аорта на уровне легочного ствола – 27,3 мм, на уровне диафрагмы диаметр аорты – 25,1 мм (рис. 1).

На основании обследования выставлен диагноз: «Аневризма корня аорты, дилатация восходящего отдела и дуги аорты, выраженная недостаточность аортального клапана». С учетом этого, решено выполнить клапансохраняющую операцию протезирования корня и восходящей аорты с реимплантацией аортального клапана на работающем сердце.

Ход оперативного вмешательства

В течение всей операции проводился постоянный контроль ЭКГ, кардиомаркеров, церебральной оксиметрии. Оперативное вмешательство выполнялось в условиях работающего сердца на параллельном искусственном кровообращении с постоянной антеградной коронарной перфузией.

Доступ осуществлялся через классическую стернотомию.

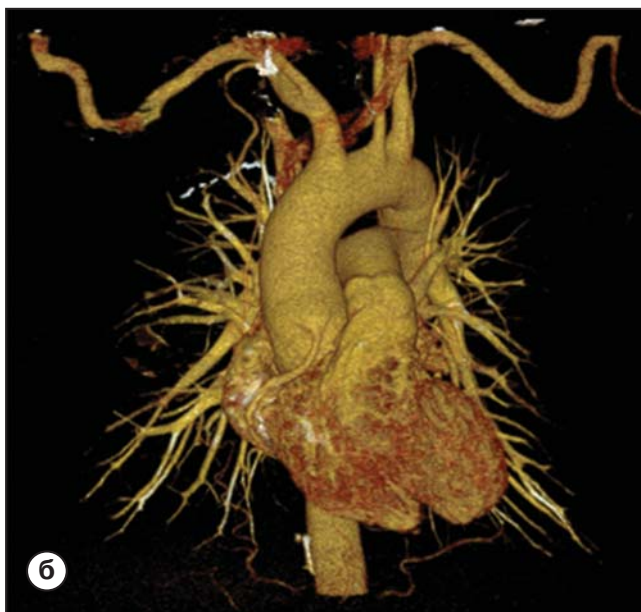
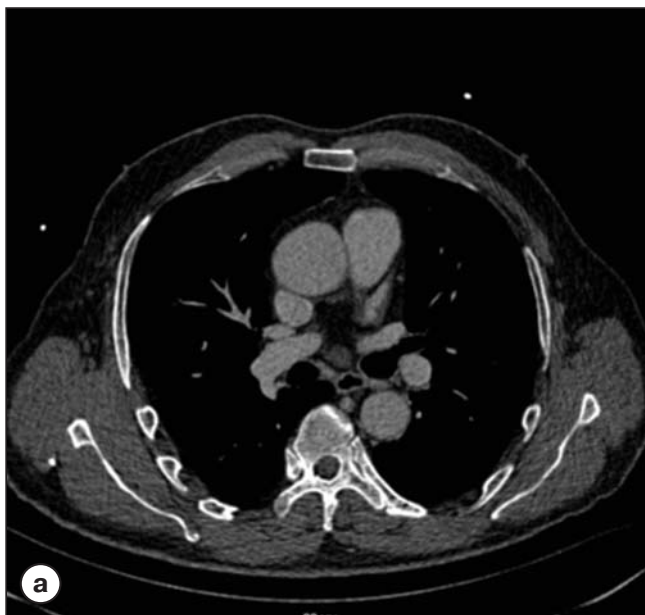


Рис. 1. МСКТ восходящего отдела грудной аорты до операции.

а – поперечный срез;

б – 3D-модель.

Fig. 1. CT of the ascending thoracic aorta before surgery.

а – cross section;

б – 3D model

Вскрыт перикард. Визуально аорта аневризматически расширена в области корня и восходящей части аорты. Выполнена канюляция дуги аорты и правого предсердия. На параллельном искусственном кровообращении выделили стволы левой коронарной артерии (ЛКА) и правой коронарной артерии (ПКА) для наложения турникетов (рис. 2, а). После наложения зажима на аорту и аортотомии сразу установлены интракоронарные канюли в коронарные артерии и зафиксированы турникетами. Начата постоянная антеградная коронарная перфузия в объеме 300 мл в минуту (рис. 2, б). Установили дренаж в левый желудочек для улучшения

визуализации операционного поля. Иссечен корень аорты и участок аневризматически расширенной восходящей аорты. При ревизии створки аортального клапана состоятельны. Выполнили протезирование корня и восходящей аорты сосудистым протезом № 32 Vascutek, фиксированным двенадцатью швами нитью «PremiCron» 2-0 на прокладках (рис. 3, а). Выполнили реимплантацию аортального клапана в сосудистый протез непрерывным обвивным швом нитью «Prolene» 4-0. Сформировали «кнопки» устьев коронарных артерий. При формировании анастомоза ЛКА с сосудистым протезом начали с подшивания задней губы нитью «Prolene» 6-0 (рис. 3, б).

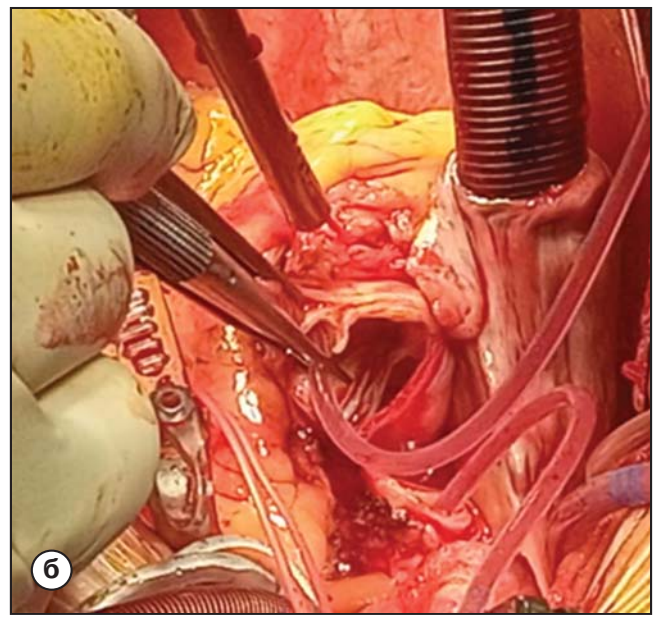
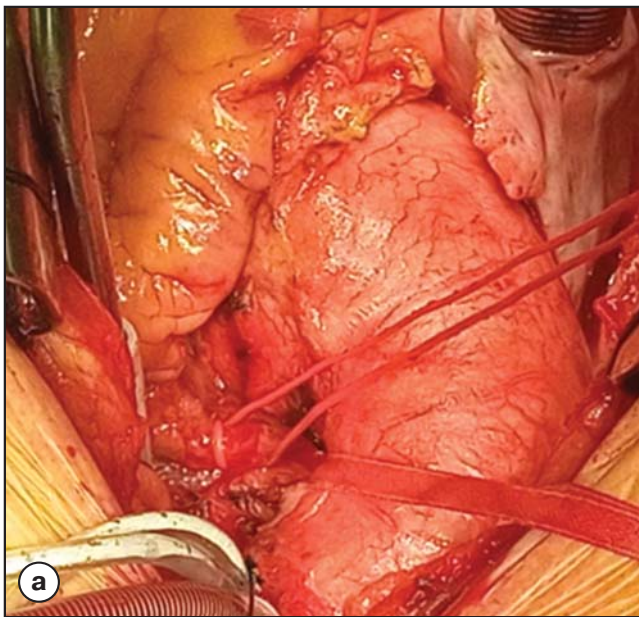


Рис. 2. Этапы оперативного вмешательства.
а – выделенные ЛКА и ПКА;
б – канюляция коронарных артерий интракоронарными канюлями.

Fig. 2. Stages of the operation.
а – separated LCA and RCA;
б – cannulation of coronary arteries with intracoronary cannulas.

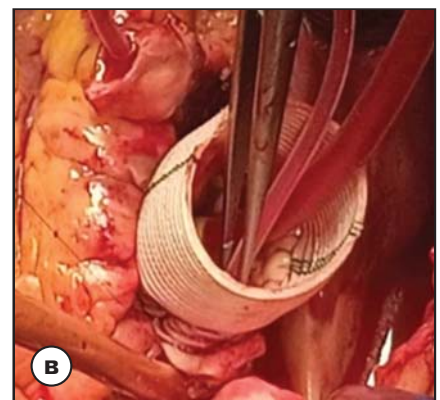
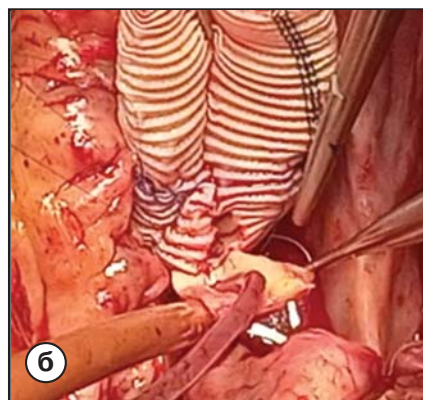
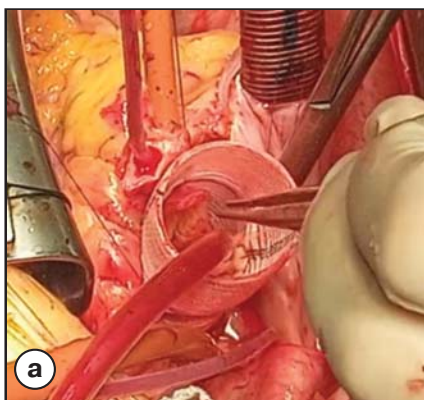


Рис. 3. Этапы оперативного вмешательства.
а – проксимальный анастомоз;
б – реимплантация коронарной артерии в сосудистый протез;
в – переканюляция интракоронарной канюли через протез.

Fig. 3. Stages of the operation.
а – proximal anastomosis;
б – reimplantation of coronary artery into a vascular prosthesis;
в – recanulation of intracoronary cannula through a prosthesis.

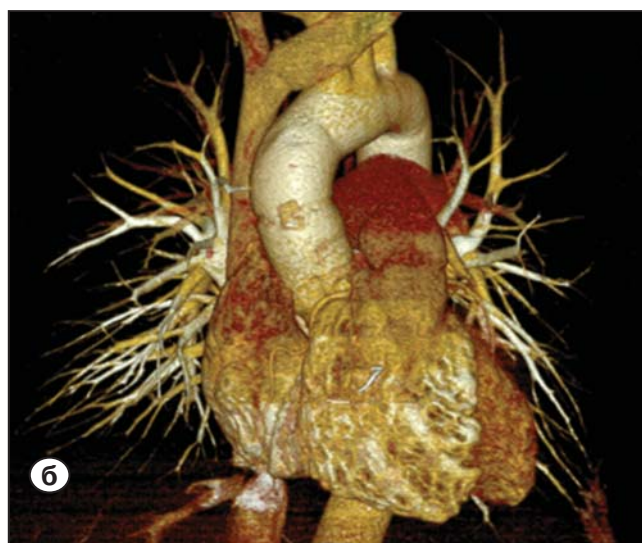


Рис. 4. МСКТ восходящего отдела грудной аорты после операции.
а – поперечный срез;
б – 3D-модель.

Fig. 4. CT of the ascending thoracic aorta after surgery.
а – cross section;
б – 3D model.

Перед ушиванием передней губы выполнена переканюляция ЛКА интракоронарной канюлей. Были использованы две пары интракоронарных канюль. Заранее через протез уже была проведена вторая канюля, чтобы не тратить время на переканюляцию. Как только одна канюля была извлечена, второй, проведенной через сосудистый протез, уже канюлировали устье ЛКА (**рис. 3, в**). Таким же методом был выполнен анастомоз с ПКА.

Дистальный анастомоз сосудистого протеза с аортой ниже брахиоцефального ствола выполнен непрерывным обвивным швом нитью «Prolene» 4-0. При завершении дистального анастомоза на последних двух стежках проведена профилактика воздушной эмболии, а затем были удалены интракоронарные канюли. После снятия зажима с аорты плавно сошли с искусственного кровообращения, деканюлировали правое предсердие и аорту. Выполнили тщательный гемостаз. Установили электроды, дренажи, выполнили шов перикарда, металлостернацию и послойное ушивание послеоперационной раны. Общее время операции составило 410 минут, время параллельного искусственного кровообращения – 177 минут, время зажима на аорте – 150 минут без ишемии миокарда.

На мониторе в постоянном режиме отслеживалась ЭКГ. В течение всей операции на ЭКГ-мониторе не было зафиксировано никаких ишемических изменений. Интраоперационные показатели тропонина не превышали 0,8 нг/мл и КФК-МВ 17,5 нг/мл. По данным интраоперационной чреспищеводной ЭхоКГ клапан работает удовлетворительно, конечный систолический объем – 71 мл, конечный диастолический объем – 120 мл, ударный объем – 49 мл, фракция выброса – 55%, аортальная регургитация - 0.

Послеоперационный период протекал без особенностей.

Пациент был экстубирован в день операции, общее время ИВЛ – 10 часов, из отделения реанимации и интенсивной терапии в общее отделение переведен на вторые сутки, на третьи сутки удалены дренажи и пациент активизировался. Биохимические показатели в пределах нормы: общий белок – 62,4 г/л, общий билирубин – 13,6 мкмоль/л, креатинин – 96,8 мкмоль/л. Тропонин не поднимался выше 1,0 нг/мл, КФК-МВ – 15,1 нг/мл.

ЭхоКГ: конечный систолический объем – 36 мл, конечный диастолический объем – 82 мл, ударный объем – 88 мл, фракция выброса – 54%, аортальная регургитация - 0.

МСКТ аорты после операции: диаметр аорты на уровне фиброзного кольца аортального клапана – 26 мм, клапан трехстворчатый, кальциноза не определяется, аорта на уровне синусов Вальсальвы – 34,9×36,6 мм, коронарные артерии отходят от аорты типично, аорта на уровне ST-зоны – 30 мм, протез восходящей аорты на уровне ствола легочной артерии – 32,1 мм, дуга аорты перед брахиоцефальной артерией – 32 мм, после левой общей сонной артерии – 27,5 мм, после устья левой подключичной артерии – 26,5 мм, аорта на уровне ствола легочной артерии диаметром 30,1 мм (**рис. 4**).

Пациент выписан в стабильном состоянии с улучшением самочувствия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из основоположников клапансохраняющей операции стал David T.E., который в 1989 году впервые представил основные положения данного подхода. Его методика заключалась в выделении корня и восходящей аорты, иссечении аортальных синусов, соединённых с

аортальным кольцом. Далее мобилизируют обе коронарные артерии. После реимплантации аортального клапана в сосудистый протез реконструируют аортальные синусы и реимплантируют коронарные артерии [1]. Методика доказала свою эффективность долгосрочной выживаемостью, снижением необходимости в повторной операции на аортальном клапане и уменьшение послеоперационных осложнений [2]. Сохранение физиологичности клапан-аортального комплекта, стабилизация структур клапана и корня аорты и низкий риск рецидива аортальной недостаточности делают эту методику предпочтительнее прочих клапансохраняющих операций [3].

Согласно данным результатов исследования, представленного на XIX Ежегодной сессии Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, средняя продолжительность ишемии миокарда при операции David составила $143 \pm 30,4$ минут. В послеоперационном периоде наблюдались летальность на уровне 2,1%, основными причинами которой являлись случаи острой недостаточности мозгового кровообращения, респираторной недостаточности, нарушения ритма сердца с последующей имплантацией постоянного ЭКС. Также 3 пациента реоперированы из-за нарастающей аортальной недостаточности в объёме протезирования аортального клапана [4]. Современными исследованиями показано, что при длительной ишемии и недостаточной защите миокарда развивается некротическое повреждение кардиомиоцитов из-за окклюзии и дальнейшей реперфузии, что влияет на уровень смертности в послеоперационном периоде. Из-за отсутствия кислорода в кардиомиоцитах накапливаются недоокисленные продукты метаболизма, вызывающие ацидоз и дисфункцию органелл кардиомиоцита, нарушается транспорт электролитов в клетке. Через 10-20 минут коронарной окклюзии при низком уровне АТФ и избытке кальция уже начинается аутолиз клеток, развивается некроз участков миокарда и жировая дистрофия. Последствиями реперфузии является накопление в митохондриях цитотоксических метаболитов кислорода, нарушение транспорта электролитов, накопление кальция, что является конечной стадией гибели кардиомиоцитов. Основными осложнениями длительного ишемического повреждения миокарда являются развитие синдрома низкого сердечного выброса и возникновение аритмий, в том числе и более выраженное осложнение в виде формирования контрактур – «каменное сердце» [5]. В связи с этим кардиохирургия стремится к развитию в направлении выполнения операций в условиях работающего сердца: коронарное шунтирование off pump, протезирование клапанов на работающем сердце. В некоторых клиниках даже отдают большее предпочтение такому подходу в сравнении с классическими методиками при кардиолегической остановке миокарда [6-9, 13].

В проведённых исследованиях В.В. Пичугина и соавт., (2008 г.) и Seyhan Babaroglu и соавт., (2010 г.), в которых они сравнивали классические операции протезирования

клапанов сердца с кардиолегической остановкой кровообращения и операции на работающем сердце с постоянной коронарной ретроградной перфузией, сравниваемые показатели (продолжительность оперативного вмешательства, искусственного кровообращения, зажима на аорте, ишемии миокарда, осложнения послеоперационные) были значительно лучше в группе с постоянной коронарной ретроградной перфузией, в виду чего авторы отмечают, что методика хирургического вмешательства на работающем сердце обеспечивает удовлетворительный кислородный баланс миокарда, благоприятный тип восстановления сердечной деятельности, более быстрое и полноценное восстановление сократительной функции миокарда [10, 11].

В некоторых случаях операции можно комбинировать в условиях кардиолегии и работающего сердца. В нашей клинике мы выполнили операцию David, используя комбинированный подход для сокращения времени ишемии миокарда. Первым этапом в условиях кардиолегии выполнили прецизионный этап выделения корня аорты, аортального клапана и устьев коронарных артерий и выполнили протезирование корня аорты. Вторым этапом вместо повторной кардиолегии начали постоянную антеградную коронарную перфузию, что позволило значительно сократить время ишемии.

В работе Tomas A. Salerno и соавт. (2007 г.) были описаны выполненные операции на корне и дуге аорты в условиях постоянной антеградной или ретроградной коронарной перфузии. Рассмотрено несколько вариантов методики: первая – полностью антеградная коронарная перфузия, вторая – прерывание антеградной перфузии на ретроградную для выполнения дистального анастомоза. Авторы отмечают, что ретроградная коронарная перфузия хорошо переносится на короткий промежуток времени, но её лучше не использовать для полной реконструкции аорты, так как ретроградная коронарная перфузия не является защитой миокарда от ишемического повреждения. В своём центре авторы предпочитают использовать только эту методику, так как интраоперационно можно адекватно оценить патологию аорты и клапана, а в послеоперационном периоде она доказала свою эффективность и безопасность [9].

Ansheng Mo и соавт. в статье 2010 года описали методику коррекции разрывов аневризмы синусов Вальсальвы на «бьющемся сердце», используя постоянную коронарную перфузию. В первой группе были пациенты, у которых размер фистулы не превышал 1 см и аортальная регургитация отсутствовала. Методика основывалась на антеградной коронарной перфузии. Во второй группе пациентам с диаметром свища более 1 см и наличием аортальной регургитации, выполнена ретроградная коронарная перфузия. Авторы в заключении обсуждают, что оперативное вмешательство на «бьющемся сердце» позволяет адекватно оценить поражение аорты в условиях, близких к физиологическим, и снизить риски возникновения ишемически-реперфузионных повреждений миокарда [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашей клинике впервые было выполнено вмешательство на аортальном клапане, аорте и коронарных артериях (операция David) на работающем сердце. Удачный

опыт операции David на работающем сердце показал, что методика не только применима, но и эффективна. Дальнейшее развитие аортальной хирургии в условиях работающего сердца позволит улучшить результаты хирургического вмешательства и качество жизни пациентов. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. David T. E. Remodeling the Aortic Root and Preservation of the Native Aortic Valve. *Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery*. 1996; 1 (1): 44–56. DOI: [10.1016/s1085-5637\(07\)70080-3](https://doi.org/10.1016/s1085-5637(07)70080-3)
2. David T. E., Ivanov J., Armstrong S. et al. Aortic valve-sparing operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2022; 74 (5): 1758–1761. DOI: [10.1016/s0003-4975\(02\)04135-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04135-8)
3. Комаров Р.Н., Катков А.И., Пузенко Д.В. и др. Хирургия корня аорты и аортального клапана: история и современность. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019; 23 (4): 9–25. DOI: [10.21688/1681-3472-2019-4-9-25](https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-9-25)
4. Успенский В.Е., Гордеев М.Л., Иртыга О.Б. и др. Семи-летние результаты операций Дэвида: опыт одного центра. Материал XIX Ежегодной сессии Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева с Всероссийской конференцией молодых ученых. Заседание 3. «Патология аортального клапана – реконструктивные операции»; 19 мая 2015; ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
5. Горбачев В.И., Надирадзе З.З., Михайлов А.В. Механизмы повреждения миокарда при операциях на открытом сердце и методы защиты. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2006; 5 (51): 56–62
6. Скопин И.И., Вавилов А.В., Мерзляков В.Ю. и др. Протезирование митрального клапана на работающем сердце в сочетании с минимально инвазивной реваскуляризацией миокарда у пациентов острой ишемической митральной недостаточностью II типа. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2019; 12 (1): 60–63. DOI: [10.17116/kardio20191201160](https://doi.org/10.17116/kardio20191201160)

7. Скопин И.И., Исмагилова С.А. Одномоментная пластика митрального и трикуспидального клапанов на работающем сердце через правостороннюю переднебоковую торакотомию после ранее выполненного вмешательства на сердце. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2015; 19 (1): 101–103. DOI: [10.21688/1681-3472-2015-1-101-103](https://doi.org/10.21688/1681-3472-2015-1-101-103)
8. Cicekcioglu F., Parlar A.I., Altinay L. et al. Beating heart mitral valve replacement in a patient with a previous Bentall operation. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2008; 56: 226–228. DOI: [10.1007/s11748-007-0225-4](https://doi.org/10.1007/s11748-007-0225-4)
9. Salerno T.A., Panos A.L., Tian G. et al. Surgery for Cardiac Valves and Aortic Root Without Cardioplegic Arrest ("Beating Heart"): Experience with a New Method of Myocardial Perfusion. *J CARD SURG*. 2007; 22: 459–464. DOI: [10.1111/j.1540-8191.2007.00448](https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2007.00448)
10. Пичугин В.В., Медведев А.П., Гамзаев А.Б. и др. Операции протезирования клапанов в условиях «бьющегося сердца» как альтернатива применению кардиоплегии у больных с низким миокардиальным резервом. *Медицинский альманах*. 2008; спецвыпуск: 136–141
11. Babaroglu S., Yay K., Parlar A.I. et al. Beating heart versus conventional mitral valve surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011; 12 (3): 441–7. DOI: [10.1510/icvts.2010.255240](https://doi.org/10.1510/icvts.2010.255240)
12. Ansheng Mo, Hui Lin. Surgical correction of ruptured aneurysms of the sinus of Valsalva using on-pump beating-heart technique. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2010; 5 (1). DOI: [10.1186/1749-8090-5-37](https://doi.org/10.1186/1749-8090-5-37)
13. Марченко А.В., Мялюк П.А., Петрищев А.А. и др. Протезирование восходящего отдела аорты и аортального клапана на работающем сердце. *Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия*. 2025; 1(1): 84–90

REFERENCES

1. David T. E. Remodeling the Aortic Root and Preservation of the Native Aortic Valve. *Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery*. 1996; 1 (1): 44–56. DOI: [10.1016/s1085-5637\(07\)70080-3](https://doi.org/10.1016/s1085-5637(07)70080-3)
2. David T. E., Ivanov J., Armstrong S. et al. Aortic valve-sparing operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2022; 74 (5): 1758–1761. DOI: [10.1016/s0003-4975\(02\)04135-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04135-8)
3. Komarov R.N., Katkov A.I., Puzenko D.V. et al. Surgery of the aortic root and aortic valve: history and modernity. *Patologiya Kровоobrashcheniya i Kardiokhirurgiya*. 2019; 23 (4): 9–25. [In

Russ] DOI: [10.21688/1681-3472-2019-4-9-25](https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-9-25)

4. Uspensky V.E., Gordeev M.L., Irtyuga O.B. et al. Seven-year results of David's operations: the experience of one center. The material of the XIX Annual session of the Scientific Center of Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev with the All-Russian Conference of Young Scientists. Session 3. "Pathology of the aortic valve – reconstructive surgery"; May 19, 2015; Federal State Budgetary Institution "NMIC SSH named after A.N. Bakulev" Ministry of Health of the Russian Federation [In Russ].
5. Gorbachev V.I., Nadiradze Z.Z., Mikhailov A.V. Mechanisms of myocardial injury at open heart surgeries and methods of pro-

tection. Acta Biomedica Scientifica. 2006; 5 (51): 56-62 [In Russ].

6. Skopin I.I., Vavilov A.V., Merzlyakov V.Y. et al. Beating heart mitral valve replacement combined with minimally invasive myocardial revascularization in patient with acute ischemic mitral insufficiency type II. Cardiology and cardiovascular surgery. 2019; 12 (1): 60-63 DOI: 10.17116/kardio20191201160 [In Russ].

7. Skopin I.I., Ismagilova S.A. Simultaneous mitral/tricuspid valvular plasty on a beating heart through right-sided anterolateral thoracotomy following earlier cardiac interventions. Patologiya Krovoobrashcheniya i Kardiokirurgiya. 2015; 19 (1): 101-103 DOI: 10.21688/1681-3472-2015-1-101-103 [In Russ]

8. Cicekcioglu F., Parlar A.I., Altinay L. et al. Beating heart mitral valve replacement in a patient with a previous Bentall operation. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2008; 56: 226-228. DOI: 10.1007/s11748-007-0225-4

9. Salerno T.A., Panos A.L., Tian G. et al. Surgery for Cardiac Valves and Aortic Root Without Cardioplegic Arrest ("Beating

Heart"): Experience with a New Method of Myocardial Perfusion. J CARD SURG. 2007; 22: 459-464. DOI: 10.1111/j.1540-8191.2007.00448

10. Pichugin V.V., Medvedev A.P., Gamzaev A.B., Chiginev V.A., Dobrotin S.S., Bodashkov M.V., Melnikov N.Yu. Valve replacement surgery in conditions of a "beating heart" as an alternative to the use of cardioplegia in patients with low myocardial reserve. Medical almanac. 2008; special issue: 136-141 [In Russ].

11. Babaroglu S., Yay K., Parlar A.I. et al. Beating heart versus conventional mitral valve surgery. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2011; 12 (3): 441-7 DOI: 10.1510/icvts.2010.255240

12. Ansheng Mo, Hui Lin. Surgical correction of ruptured aneurysms of the sinus of Valsalva using on-pump beating-heart technique. Journal of Cardiothoracic Surgery. 2010; 5 (1). DOI: 10.1186/1749-8090-5-37

13. Marchenko A.V., Myalyuk P.A., Petrishchev A.A. et al. Replacement of the ascending aorta and aortic valve on beating heart. Minimally invasive cardiovascular surgery. 2025; 1(1): 84-90

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Марченко Андрей Викторович - [ORCID: 0000-0003-3310-2110] д.м.н., заместитель главного врача по медицинской части ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Минздрава России, г. Пермь; 614013, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Маршала Жукова, 35.

Мялюк Павел Анатольевич - [ORCID: 0000-0002-8343-2129] к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Минздрава России, г. Пермь; 614013, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Маршала Жукова, 35.

Самошина Фаина Борисовна - [ORCID: 0009-0001-4024-2317], врач-ординатор сердечно-сосудистый хирург на базе ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Минздрава России, г. Пермь; 614013, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Маршала Жукова, 35.

Андреанова Анастасия Андреевна - [ORCID: 0009-0000-4638-702] студент ФГБОУ «Первый Санкт-Петербургский государственный университет имени академика И.П. Павлова»; 197022, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6-8.

Белов Вячеслав Александрович - [ORCID: 0000-0002-220945-8208] главный врач ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Минздрава России, г. Пермь; 614013, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Маршала Жукова, 35.

Вклад авторов. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии источника финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR INFORMATION FORM

Marchenko Andrey Viktorovich - [ORCID: 0000-0003-3310-2110] MD, PhD, Deputy Chief Medical Officer of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; 35, Marshala Zhukova str., Perm Russian Federation, 614013.

Myalyuk Pavel Anatolyevich - [ORCID: 0000-0002-8343-2129] MD, PhD, Doctor of Cardiovascular Surgery of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; 35, Marshala Zhukova str., Perm Russian Federation, 614013.

Samoshina Faina Borisovna - [ORCID: 0009-0001-4024-2317] resident cardiovascular surgeon at the Federal State Budgetary institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; 35, Marshala Zhukova str., Perm Russian Federation, 614013.

Andrianova Anastasia Andreevna - [ORCID: 0009-0000-4638-702], student of the Federal State Budgetary Educational Institution "The First St. Petersburg State University named after Academician I.P. Pavlov" Russia, St. Petersburg; 6-8, Lev Tolstoy St., St. Petersburg, Russian Federation, 197022.

Belov Vyacheslav Alexandrovich - [ORCID: 0000-0002-220945-8208] MD, Chief Physician of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; 35, Marshala Zhukova str., Perm Russian Federation, 614013.

Contribution. All authors contributed equally to the preparation of the publication.

Funding. The authors declare no funding sources.

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