

J-ОБРАЗНАЯ СТЕРНОТОМИЯ В ХИРУРГИИ ПОРОКОВ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА И ВОСХОДЯЩЕЙ АОРТЫ. НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Г.А. Акопов, А.С. Иванов, Т.Н. Говорова, Д.В. Москалев

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Цель: оценить непосредственные результаты хирургического лечения порока аортального клапана и восходящей аорты, выполненного из мини-стернотомии в условиях искусственного кровообращения и кровяной гиперкалиевой кардиopleгии по методике Калафиори в условиях нормотермии с 08.05.2019 по 14.05.2020 гг. **Материалы и методы.** В исследование вошло 80 пациентов с изолированным аортальным пороком сердца и комбинированной патологией корня и восходящего отдела аорты с 08.05.2019 г. по 14.05.2020 г. Пациенты были разделены на две группы: в первую группу вошли 30 пациентов, которым было выполнено оперативное вмешательство из верхней срединной J-образной мини-стернотомии, вторую группу составили 50 пациентов, оперированных из стандартной срединной стернотомии. Среди оперированных 43 (53,7%) пациента мужского пола и 37 (46,3%) – женского, средний возраст составил $55,1 \pm 11,6$ года. Всем пациентам до операции были проведены стандартные обследования. Предоперационная оценка не выявила статистически значимых различий между двумя группами. **Результаты.** Тридцатидневная летальность во второй группе составила 2% ($n = 1$) в связи с развившейся острой сердечной недостаточностью на фоне нарушения ритма сердца. Поздняя летальность наблюдалась также во второй группе у одного пациента по причине острого мозгового нарушения кровообращения через месяц после выписки, что соответствует 2% ($n = 1$). Летальных случаев в первой группе не отмечалось. В первой группе двум пациентам была выполнена конверсия на срединную продольную стернотомию, что составило 6,7%. В первом наблюдении восстановить ритм неоднократно разрядами дефибриллятора из мини-стернотомного доступа не представлялось возможным в связи с наличием спаечного процесса в полости перикарда. Во втором случае потребовалось лигирование правой внутренней грудной артерии после прошивания грудины проволоочными швами. Время искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в первой группе составило $170,9 \pm 70,2$ минуты, во второй группе – $358,2 \pm 169,5$ минуты. Самостоятельное восстановление сердечной деятельности наблюдали у 23 пациентов (77%) в первой группе и у 12 (24%) – во второй ($p < 0,001$). Кровопотеря в интраоперационном периоде в первой группе составила 400 ± 150 мл, во второй – 850 ± 150 мл ($p < 0,05$). В раннем послеоперационном периоде – 200 ± 150 и 350 ± 150 мл соответственно. Нахождение в отделении реанимации и интенсивной терапии среди всех пациентов в обеих группах не превышало 1 суток. В раннем послеоперационном периоде в использовании инотропной поддержки в первой группе нуждались 4 пациента (13%), во второй – 27 пациентов (54%) ($p < 0,001$). Необходимость применения обезболивающих и нестероидных противовоспалительных препаратов в первой группе была в течение 3–4 дней, во второй – 8–10 дней. Госпитальный послеоперационный период в обеих группах варьировал от 10 до 16 суток, в зависимости от тяжести исходного состояния и наличия сопутствующих заболеваний и необходимости подбора адекватной дозы антикоагулянтов. Пациенты были выписаны в удовлетворительном состоянии под наблюдение кардиолога по месту жительства. Осложнений воспалительного характера в области доступа в обеих группах в госпитальном периоде не отмечено. Среди осложнений в среднеотдаленном послеоперационном периоде через два месяца после выписки во второй группе наблюдали медиастинит. Пациент повторно был госпитализирован, после курса антибактериальной терапии с разрешением медиастинита был выполнен остеосинтез грудины. **Заключение.** На основе проведенного исследования показано, что данная техника обеспечивает снижение продолжительности ИВЛ, раннюю экстубацию, снижение кровопотери, соответственно, применение заместительной терапии,

Для корреспонденции: Говорова Туйаара Николаевна. Адрес: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 1. Тел. (855) 852-30-17. E-mail: tuyagov@inbox.ru

Corresponding author: Tuiaara Govorova. Address: 1, Shchukinskaya str., Moscow, 123182, Russian Federation. Phone: (855) 852-30-17. E-mail: tuyagov@inbox.ru

стабильность грудной клетки и лучший косметический эффект. Отметим отсутствие летальности и стеральных осложнений в группе пациентов с мини-инвазивным доступом.

Ключевые слова: мини-инвазивная хирургия, аортальная хирургия, аортальный клапан, мини-стернотомия.

J-SHAPED STERNOTOMY IN AORTIC VALVE REPAIR AND ASCENDING AORTA REPLACEMENT. SHORT-TERM RESULTS

G.A. Akopov, A.S. Ivanov, T.N. Govorova, D.V. Moskalev

Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russian Federation

Objective: to evaluate the short-term outcomes of surgical treatment of aortic valve and ascending aorta defects performed through mini-sternotomy using normothermic cardiopulmonary bypass and hyperkalemic cardioplegia via Calafiore technique from May 8, 2019 to May 14, 2020. **Materials and methods.** The study enrolled 80 patients with isolated aortic valve disease and combined pathology of the aortic root and ascending aorta. It lasted from May 8, 2019 to May 14, 2020. The patients were divided into two groups: Group 1 included 30 patients in whom the upper median J-shaped sternotomy was applied as an access, while Group 2 consisted of 50 patients in whom standard median sternotomy was used as an access. The patients consisted of 43 (53.7%) males and 37 (46.3%) females; the average age was 55.1 ± 11.6 years. All patients were examined before surgery. It revealed no statistically significant differences between the two groups. **Results.** Group 2 had a 30-day mortality of 2% ($n = 1$) due to the development of acute heart failure against the background of heart rhythm disturbances. One patient in this group had a late mortality due to acute cerebrovascular accident occurring a month after discharge, which corresponded to 2% ($n = 1$). There were no deaths in Group 1. In Group 1, there were two conversions (6.7%) to longitudinal median sternotomy. In the first case, it was not possible to restore heart rhythm through repeated defibrillator discharges from mini-sternotomy access due to the presence of an adhesive process in the pericardial cavity. In the second case, ligation of the right internal thoracic artery was required after sternal wire sutures. Artificial ventilation (AV) lasted for 170.9 ± 70.2 minutes in Group 1 and 358.2 ± 169.5 minutes in Group 2. Cardiac activity was independently restored in 23 patients (77%) in Group 1, and in 12 (24%) in Group 2 ($p < 0.001$). Intraoperative blood loss was 400 ± 150 mL and 850 ± 150 mL ($p < 0.05$) in Group 1 and Group 2, respectively. In the early postoperative period, it was 200 ± 150 mL in Group 1 and 350 ± 150 mL in Group 2. The length of stay at the intensive care unit and the duration of intensive therapy did not exceed 1 day in both groups. In the early postoperative period, 4 patients in Group 1 (13%) and 27 patients in Group 2 (54%) needed inotropic support ($p < 0.001$). The need for painkillers and non-steroidal anti-inflammatory drugs was within 3–4 days in Group 1 and 8–10 days in Group 2. In-hospital postoperative period varied from 10 to 16 days in both groups, depending on the severity of the initial condition, presence of concomitant diseases and the need to select an adequate anti-coagulant dose. The patients were discharged in satisfactory condition under the supervision of a cardiologist at their homes. There were no inflammatory complications in the access area in both groups during their in-hospital stay. Among the complications in the mid-term postoperative period, two months after discharge, mediastinitis was observed in Group 2. The patient was re-hospitalized, after a course of antibiotic therapy which resolved the mediastinitis; sternal osteosynthesis was performed. **Conclusion.** Based on the study, it has been shown that this technique reduces the duration of mechanical ventilation, ensures early extubation, decreases blood loss, and, accordingly, ensures the use of replacement therapy, chest stability and a better cosmetic effect. It should be noted that there was no mortality and sternal complications in the patient group with a minimally invasive approach.

Keywords: minimally invasive surgery, aortic surgery, aortic valve, mini-sternotomy.

Несмотря на первую успешную операцию по замене аортального клапана из мини-инвазивного доступа, выполненную в Кливленде в 1996 г. Cosgrove и Sabik [1], срединная продольная стернотомия по-прежнему остается основным стандартом среди доступов при кардиохирургических операциях. В мае 1997 года в Париже на I Всемирном конгрессе по мини-инвазивной хирургии сердца было принято

положение, что основной целью мини-инвазивной хирургии является уменьшение числа прогнозируемых осложнений и ускорение выздоровления пациента при условии сохранения эффективности оперативного лечения и длительности лечебного эффекта. В России впервые протезирование аортального клапана через верхнюю мини-стернотомию выполнил в октябре 1997 г. Л.А. Бокерия [2].

Среди основных преимуществ мини-стернотомии после операции в сравнении с классическим доступом выделяют снижение травматичности оперативного вмешательства, косметический эффект данного доступа, более низкий болевой симптом в послеоперационном периоде, а также возможность ранней активизации пациента в связи с максимальной сохранностью каркасной функции грудной клетки, что позволяет сократить время пребывания пациента в стационаре [3].

Исследования показали, что мини-инвазивная техника обеспечивает снижение болевых ощущений, количества стернальных осложнений, респираторных нарушений за счет сохранения каркаса грудной клетки и целостности диафрагмального прикрепления к грудной стенке, снижения кровопотери и количества трансфузий, сокращение сроков госпитального периода. Отмечено также снижение в послеоперационном периоде частоты возникновения фибрилляции предсердий, инфаркта миокарда и инсультов [3–22]. В 2017 году немецкие коллеги доложили о своем опыте, который показал, что верхняя стернотомия при операциях на дуге аорты не повышает риски осложнений и летальности [3]. В феврале 2020 года опубликовано швейцарское руководство по кардиохирургии, где сообщается, что при сравнении с классическим доступом мини-инвазивная хирургия аортального клапана снижает послеоперационную летальность и частоту осложнений [23].

Наиболее показательны данные, которые приводит Т.А. Rayner с соавт. В январе 2020 года опубликованы результаты сравнительного метаанализа, основанные на онлайн-базах данных Medline, EMBASE, CochraneLibrary и WebofScience. В метаанализ были включены 1101 пациент с мини-инвазивной хирургией аорты и 1405 пациентов со стандартной срединной стернотомией из тринадцати опубликованных исследований. Уровень достоверности всех ранее доложенных результатов остается очень низким. Установлено, что летальность и частота инсультов были одинаковыми между двумя когортами. Метаанализ продемонстрировал высокую продолжительность времени искусственного кровообращения (ИК), госпитального периода и нахождение в отделении интенсивной терапии среди пациентов, прооперированных через стандартную срединную стернотомию в сравнении с мини-инвазивной хирургией корня и восходящего отдела аорты, также в этой группе были выше риски кровотечения и почечной недостаточности [24].

Пациентам с сочетанным поражением коронарных артерий для снижения риска оперативного вмешательства можно предложить двухэтапные операции с применением эндоваскулярной хирургии [8]. Успех применения мини-инвазивной хирургии так-

же зависит от индивидуального подбора пациентов, следует учитывать специфические анатомические и патофизиологические особенности пациента, а также опыт хирургической бригады по обеспечению адекватного доступа и работы в мини-инвазивных условиях.

Данная техника имеет свои недостатки: необходимость использования в некоторых случаях периферической канюляции магистралей аппарата искусственного кровообращения, повреждение внутренней грудной артерии, также отмечены случаи конверсии на полную продольную срединную стернотомию [5].

Цель исследования: оценить непосредственные результаты хирургического лечения порока аортального клапана и восходящей аорты, выполненного из мини-стернотомии в условиях искусственного кровообращения и кровяной гиперкалиевой кардиopleгии по методике Калафиори в условиях нормотермии с 08.05.2019 г. по 14.05.2020 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 80 пациентов с изолированным аортальным пороком сердца и комбинированной патологией корня и восходящего отдела аорты с 08.05.2019 г. по 14.05.2020 г. Пациенты были разделены на две группы: в первую группу вошли 30 пациентов, которым было выполнено оперативное вмешательство из верхней срединной J-образной мини-стернотомии, а именно протезирование аортального клапана – 15, протезирование аортального клапана и восходящего отдела аорты клапаносодержащим кондуитом по методикам Bentall-DeBono – 1 и в модификации Kouchouk – 4, клапаносохраняющие операции по методикам David I – 3 и FloridaSleeve – 1, супракоронарное протезирование восходящего отдела аорты – 4, протезирование восходящего отдела аорты с аннулопластикой фиброзного кольца аортального клапана – 2. Вторую группу составили 50 пациентов, оперированных из стандартной срединной стернотомии: протезирование аортального клапана – 17, протезирование аортального клапана и восходящего отдела аорты клапаносодержащим кондуитом по методикам Bentall-DeBono – 4 и в модификации Kouchouk – 1, клапаносохраняющие операции по методикам David I – 18, FloridaSleeve – 5, пластика створок аортального клапана – 5.

Среди оперированных 43 (53,7%) пациента мужского пола и 37 (46,3%) – женского, средний возраст составил $55,1 \pm 11,6$ года.

Всем пациентам до операции были проведены стандартные обследования, включающие сбор жалоб, анамнеза, объективный осмотр, лабораторные и инструментальные методы исследования (электрокардиография, эхокардиография – ЭхоКГ, рентгенография органов грудной клетки в прямой проекции,

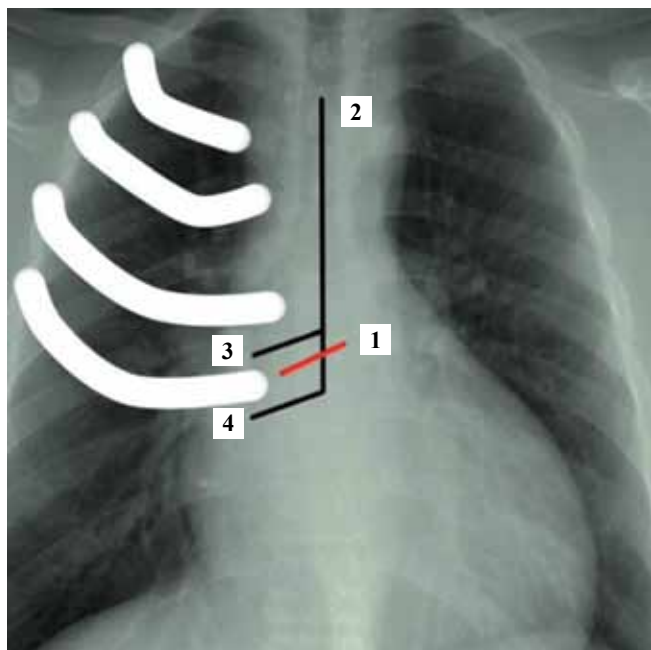


Рис. 1. Рентгенография органов грудной клетки в прямой проекции (1 – проекция корня аорты, 2 – линия стернотомии, 3 – пересечение грудины по 3-му межреберью, 4 – пересечение грудины по 4-му межреберью)

Fig. 1. Chest X-ray in a direct projection: (1 – aortic root projection, 2 – sternotomy line, 3 – intersection of the sternum through the 3rd intercostal space, 4 – intersection of the sternum through the 4th intercostal space). The white areas indicate the position of the ribs

рентгеновская контрастная спиральная компьютерная томография органов грудной клетки). Предоперационная оценка не выявила статистически значимых различий между двумя группами.

Рентгенография органов грудной клетки в прямой проекции и рентгеновская контрастная спиральная компьютерная томография органов грудной клетки помогают определить уровень расположения корня аорты и его проекцию на грудину и межреберья, что является определяющим фактором для выбора уровня межреберья при проведении срединной J-образной мини-стернотомии, для планирования протяженности доступа и прогнозирования визуализации корня и восходящего отдела аорты (рис. 1, 2).

Кожный разрез проводился продольно на протяжении 7–9 см, с отступом от рукоятки грудины 2–3 см. Срединная J-образная мини-стернотомия в зависимости от проекции корня аорты на грудину проводилась по 3-му и 4-му межреберьям у 13 (43%) и 17 (57%) пациентов соответственно (рис. 3, 4).

После вскрытия перикарда проводились стандартные прямая канюляция аорты и венозная канюляция ушка правого предсердия с использованием двухуровневой канюли. Дренажирование левых отделов сердца осуществлялось через правую верхнюю легочную вену (рис. 5).

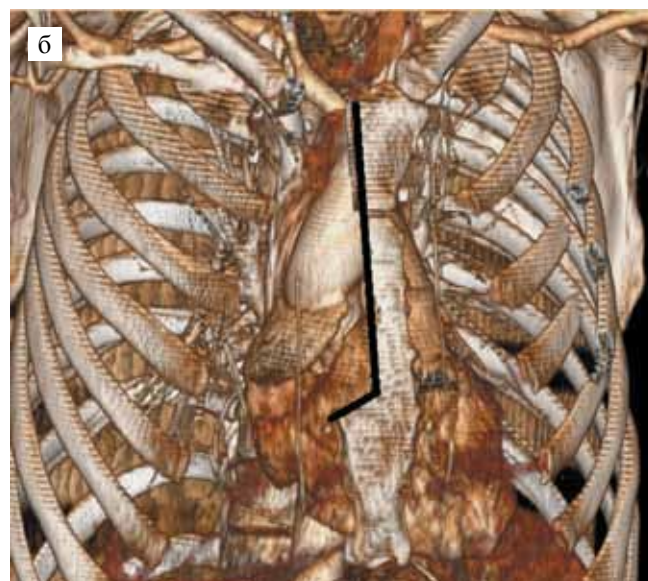
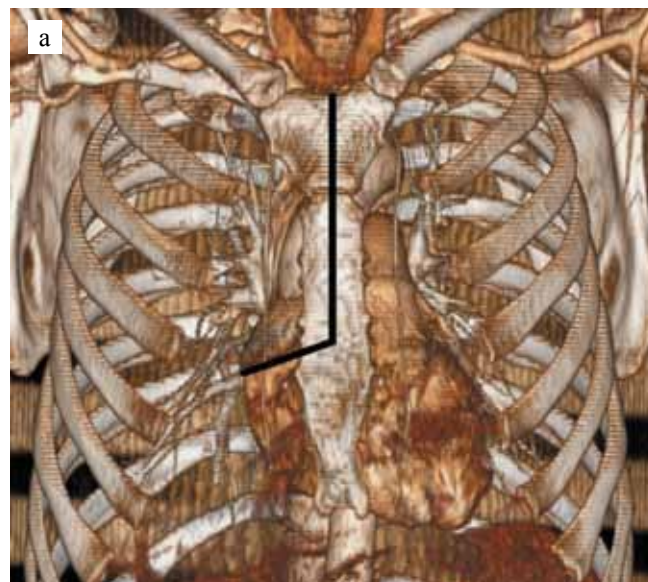


Рис. 2. Рентгеновская контрастная спиральная компьютерная томография органов грудной клетки с линией J-доступа: а – грудина сохранена; б – участок грудины удален по линии распила с целью ориентировочной визуализации корня и восходящей аорты

Fig. 2. X-ray contrast-enhanced spiral CT scan of the chest with a J-shaped access line: a – the sternum is preserved; б – a section of the sternum was removed along the cutting line, for the purpose of approximate visualization of the root and ascending aorta

Оперативные вмешательства выполнялись в условиях искусственного кровообращения при умеренной гипотермии или нормотермии при температуре 34,1–36,2 °C с селективным введением кровяной гиперкалиевой кардиopleгии по методике Калафиори. Использовался стандартный набор инструментов, ранорасширитель малых размеров и дефибриллятор с маленькими внутренними разрядными электродами.

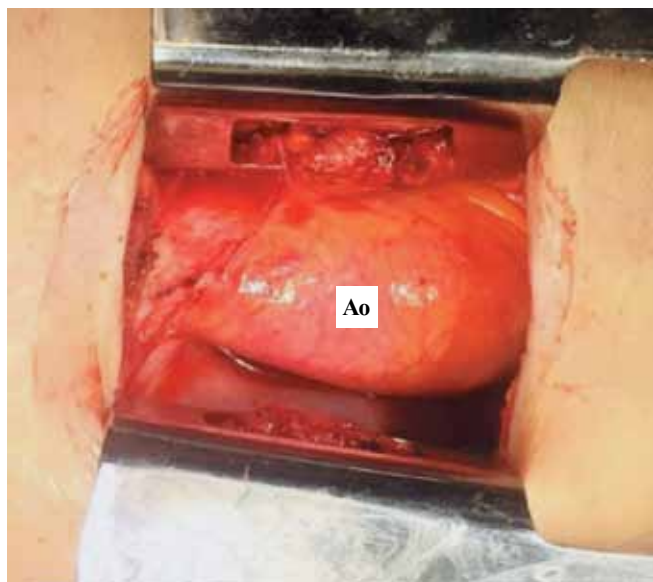


Рис. 3. Срединная J-образная мини-стернотомия по 3-е межреберье. Оптимальная визуализация корня и восходящей аорты

Fig. 3. Median J-shaped mini-sternotomy through the 3rd intercostal space. Optimal visualization of the root and ascending aorta

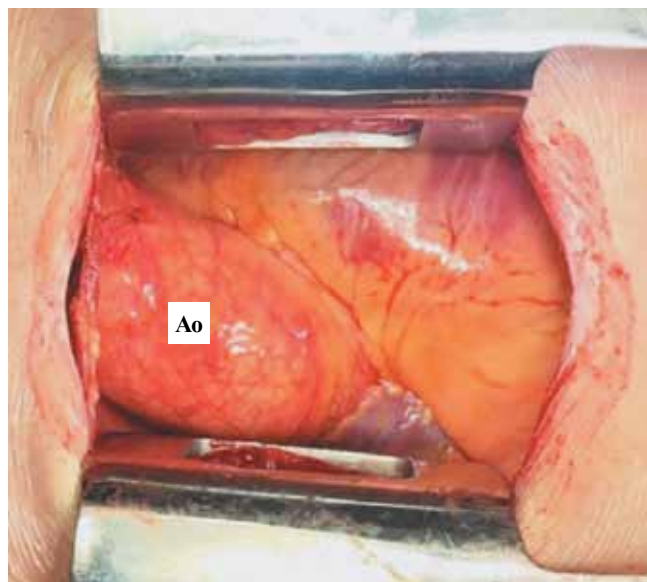


Рис. 4. Срединная J-образная мини-стернотомия по 4-е межреберье

Fig. 4. Median J-shaped mini-sternotomy through the 4th intercostal space

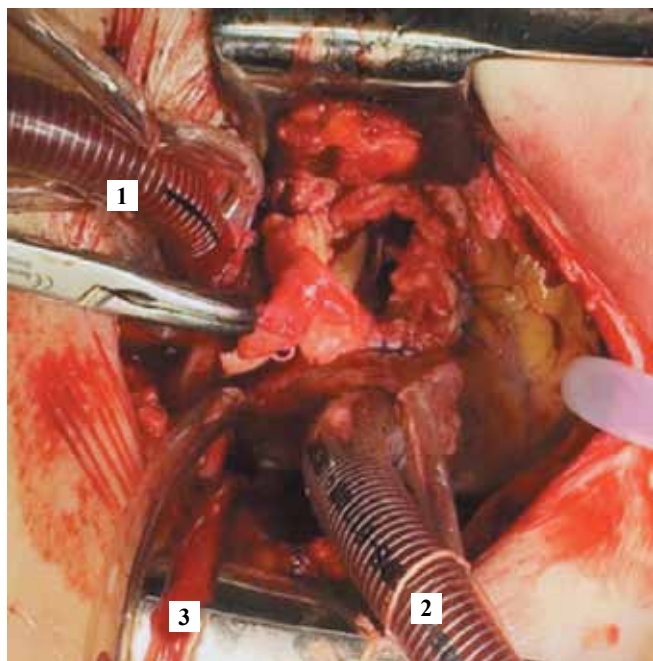


Рис. 5. Центральная канюляция восходящей аорты (1) и правого предсердия (2) с постановкой левого дренажа (3) через правую верхнюю легочную вену

Fig. 5. Central cannulation of the ascending aorta (1) and the right atrium (2) with the left cannula laid (3) through the right superior pulmonary vein

Всем пациентам оперативные вмешательства проводились под контролем транспецидальной эхокардиографии для оценки сократительной способности миокарда, наполнения полостей сердца, оценка адекватности профилактики воздушной эмболии и результата хирургического лечения.

При использовании мини-инвазивной методики необходим ультразвуковой контроль, позволяющий оценить расположение венозной канюли с целью профилактики нарушения оттока крови в аппарат ИК, а также оценка выполненной коррекции (протезирование или пластика клапана сердца). Также при окончании ИК необходима ультразвуковая оценка процесса деаэрации и функции сердца, поскольку прямой визуальный контроль сердечной деятельности невозможен. На рис. 6 показан конечный вид после наложения кожного шва. На рис. 7 представлены снимки рентгеновской контрастной спиральной компьютерной томографии с реконструкцией корня и восходящей аорты (а – до оперативного вмешательства; б – после реконструкции корня и восходящего отдела аорты по методике David I).

Особенностью использования мини-доступа является проведение дренажа в полость перикарда и подшивание электрода к правому желудочку для временной стимуляции, проводились до снятия зажима с аорты, при ненаполненном сердце.

Профилактику воздушной эмболии проводили активным дренированием левых отделов сердца и интраоперационного нагнетания углекислого газа в



Рис. 6. Кожный шов 8,5 см

Fig. 6. A 8.5-cm skin incision

полость перикарда со скоростью 2 л/мин. Для профилактики аэрозэмболии дополнительно пунктировали восходящий отдел аорты.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Тридцатидневная летальность во второй группе составила 2% ($n = 1$) в связи с развившейся острой сердечной недостаточностью на фоне нарушения ритма сердца. Поздняя летальность наблюдалась также во второй группе у одного пациента по причине острого мозгового нарушения кровообращения через

месяц после выписки, что соответствует 2% ($n = 1$). Летальных случаев в первой группе не отмечалось.

В первой группе у двух пациентов была выполнена конверсия на срединную продольную стернотомию, что составило 6,7%. В первом наблюдении восстановить ритм неоднократными разрядами дефибриллятора из мини-стернотомного доступа не представлялось возможным в связи с наличием спаечного процесса в области перикарда. Во втором потребовалось лигирование правой внутренней грудной артерии после прошивания грудины проволочными швами.

Время искусственной вентиляции легких в первой группе составило $170,9 \pm 70,2$ минуты, во второй группе – $358,2 \pm 169,5$ минуты.

Самостоятельное восстановление сердечной деятельности наблюдали у 23 пациентов (77%) в первой группе и у 12 (24%) – во второй ($p < 0,001$).

Кровопотеря в интраоперационном периоде в первой группе составила 400 ± 150 мл, во второй – 850 ± 150 мл ($p < 0,05$). В раннем послеоперационном периоде – 200 ± 150 и 350 ± 150 мл соответственно.

Нахождение в отделении реанимации и интенсивной терапии среди всех пациентов в обеих группах не превышало 1 суток.

В раннем послеоперационном периоде в использовании инотропной поддержки в первой группе нуждались 4 пациента (13%), во второй – 27 пациентов (54%) ($p < 0,001$). Необходимость в применении обезболивающих и нестероидных противовоспалительных



Рис. 7. Рентгеновская контрастная спиральная компьютерная томография с реконструкцией корня и восходящей аорты: а – до оперативного вмешательства; б – после реконструкции корня и восходящего отдела аорты по методике David I

Fig. 7. X-ray contrast-enhanced spiral CT scan with reconstruction of the aortic root and ascending aorta: а – before surgery; б – after reconstruction of the aortic root and ascending aorta by the David I method

тельных препаратов в первой группе была в течение 3–4 дней, во второй – 8–10 дней.

Во второй группе двум пациентам (4%) потребовалось повторное вмешательство в связи с диастазом грудины, в раннем послеоперационном периоде выполнен остеосинтез грудины.

Госпитальный послеоперационный период в обеих группах варьировал от 10 до 16 суток, в зависимости от тяжести исходного состояния и наличия сопутствующих заболеваний и необходимости подбора адекватной дозы антикоагулянтов. Пациенты были выписаны в удовлетворительном состоянии под наблюдение кардиолога по месту жительства.

Осложнений воспалительного характера в области доступа в обеих группах в госпитальном периоде не отмечено. Среди осложнений в среднеотдаленном послеоперационном периоде через два месяца после выписки во второй наблюдали медиастинит. Пациент повторно был госпитализирован, после курса антибактериальной терапии с разрешением медиастинита был выполнен остеосинтез грудины.

ВЫВОДЫ

1. Срединная J-образная мини-стернотомия – безопасный и осуществимый доступ для выполнения полного спектра вмешательств на аортальном клапане и восходящей аорте, который обеспечивает адекватную визуализацию к корню и восходящей аорте и частично правым отделам сердца, сохраняя целостность каркаса грудной клетки.
2. Мини-стернотомия в отличие от стандартной срединной стернотомии показала снижение количества кровопотери, более раннюю экстубацию, снижение потребности в инотропной поддержке, отсутствие раневых, инфекционных и других стернальных осложнений и отсутствие госпитальной летальности.
3. Для планирования протяженности доступа и прогнозирования адекватной визуализации корня и восходящего отдела аорты следует выполнять рентгеновскую контрастную спиральную компьютерную томографию органов грудной клетки.
4. Кровяная гиперкалиемика кардиоплегия по методике Калафиори является предпочтительным методом защиты миокарда при хирургической коррекции аортального порока. Наш опыт показывает, что самостоятельное восстановление ритма зафиксировано в 77% наблюдений при проведении данного метода защиты миокарда.
5. Повторные вмешательства и выраженный спаечный процесс могут затруднить восстановление ритма сердца, повышая вероятность конверсии на срединную стернотомия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования показано, что данная техника обеспечивает снижение продолжительности ИВЛ, раннюю экстубацию, снижение кровопотери, соответственно, применение заместительной терапии, стабильность грудной клетки и лучший косметический эффект. Отметим отсутствие летальности и стернальных осложнений в группе пациентов с мини-инвазивным доступом.

Более стабильная грудная клетка делает приоритетным выбор мини-инвазивного операционного доступа как у коморбидных пациентов и пациентов с высоким индексом массы тела, так и у пациентов с высоким уровнем риска в целом.

Стоит отметить, что при должном хирургическом исполнении снижается время операции, соответственно, время искусственного кровообращения, ишемии миокарда, анестезиологического пособия и кровопотери во время операции.

Также согласимся с нашими коллегами о необходимости проспективного рандомизированного исследования с целью исключения возможных ошибочных наблюдений ретроспективных данных.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Cosgrove DM 3rd, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62: 596–597.
2. Бокерия ЛА, Скопин ИИ, Нарсия БЕ, Седов ИН. Минимально инвазивная хирургия приобретенных пороков сердца. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 1999; 3: 4–7. Bokerija LA, Skopin II, Narsija BE, Sedov IN. Minimal'no invazivnaja hirurgija priobretennyh porokov serdca. *Grudnaja i serdechno-sosudistaja hirurgija.* 1999; 3: 4–7.
3. Goebel N, Bonte D, Salehi-Gilani S, Nagib R, Ursulescu A, Franke UFW. Minimally Invasive Access Aortic Arch Surgery. *Innovations (Phila).* 2017 Sep/Oct; 12 (5): 351–355. doi: 10.1097/IM0000000000000390.
4. Fenton JR, Doty JR. Minimally invasive aortic valve replacement surgery through lower half sternotomy. *J Thorac Dis.* 2013 Nov; 5 (Suppl 6): S658–S661. doi: 10.3978/j.iss072-1439.2013.09.22. PMID: PMC3831833. PMID: 24251024.
5. Klein P, Klop IDG, Kloppenburg GLT, van Putte BP. Planning for minimally invasive aortic valve replacement: key steps for patient assessment. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018; 53: ii3–ii8. doi: 10.1093/ejcts/ezy086.
6. Young CP, Sinha S, Vohra HA. Outcomes of minimally invasive aortic valve replacement surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018; 53: ii19–ii23. doi: 10.1093/ejcts/ezy186.

7. Boix-Garibo R, Uzzaman MM, Bapat VN. Review of Minimally Invasive Aortic Valve Surgery. *Interventional cardiology (London, England)*. 2015; 10 (3): 144–148. <https://doi.org/10.15420/IC015.10.03.144>.
8. Paredes FA, Cánovas SJ, Gil O, García-Fuster R, Hornero F, Vázquez A et al. Minimally Invasive Aortic Valve Surgery. A Safe and Useful Technique Beyond the Cosmetic Benefits. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2013; 66 (9): 695–699. doi: 10.1016/j.re013.02.013.
9. Brown JM, O'Brien SM, Wu C et al. Isolated aortic valve replacement in North America comprising 108,687 patients in 10 years: changes in risks, valve types, and outcomes in the Society of Thoracic Surgeons National Database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009; 137: 82–90.
10. Gilmanov D, Bevilacqua S, Murzi M, Cerillo AG, Gasbarri T, Kallushi E et al. Minimally invasive and conventional aortic valve replacement: a propensity score analysis. *Ann Thorac Surg*. 2013; 96 (3): 837–843.
11. Yamada T, Ochiai R, Takeda J, Shin H, Yozu R. Comparison of early postoperative quality of life in minimally invasive versus conventional valve surgery. *J Anaesth*. 2003; 17 (3): 171–176.
12. Mihaljevic T, Cohn LH, Unic D, Aranki SF, Couper GS, Byrne JG. One thousand minimally invasive valve operations: early and late results. *Ann Surg*. 2004; 240 (3): 529–534.
13. Gilmanov D, Bevilacqua S, Murzi M, Cerillo AG, Gasbarri T, Kallushi E et al. Minimally invasive and conventional aortic valve replacement: a propensity score analysis. *Ann Thorac Surg*. 2013; 96 (3): 837–843.
14. Cheng DC, Martin J, Lal A, Diegeler A, Folliguet TA, Nifong LW et al. Minimally invasive versus conventional open mitral valve surgery. A metaanalysis and systematic review. *Innovations (Phila)*. 2011; 6 (2): 84–103.
15. Tabata M, Khalpey Z, Aranki SF et al. Minimal access surgery of ascending and proximal arch of the aorta: a 9-year experience. *Ann Thorac Surg*. 2007; 84: 67–72.
16. Brown ML, McKellar SH, Sundt TM et al. Ministernotomy versus conventional sternotomy for aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009; 137: 670–679.e5.
17. Gilmanov D, Solinas M, Farneti PA et al. Minimally invasive aortic valve replacement: 12-year single center experience. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015; 4: 160–169.
18. Shehada SE, Öztürk Ö, Wottke M et al. Propensity score analysis of outcomes following minimal access versus conventional aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2016; 49 (2): 464–469; discussion 469–470.
19. Чарчян ЭР, Брешиков ДГ, Белов ЮВ. Мини-инвазивный подход в хирургии грудной аорты: опыт одного центра. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2019; 12 (6): 522–535. Charchyan ER, Breshnikov DG, Belov YuV. Minimally invasive approach in thoracic aortic surgery: a single center experience. *Russ Jour of Card and Cardiovasc Surg. = Kard i serd-sosud khir*. 2019; 12 (6): 522–535. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio201912061522>.
20. Bakir I, Casselman FP, Wellens F, Jeanmart H, De Geest R, Degrieck I et al. Minimally invasive versus standard approach aortic valve replacement: a study in 506 patients. *Ann Thorac Surg*. 2006; 81 (5): 1599–1604.
21. Белов ЮВ, Степаненко АБ, Генс АП, Бабалян ГВ. Протезирование аортального клапана из мини-доступа. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. М., 1998; 157 (3): 47–49. Belov JuV, Stepanenko AB, Gens AP, Babalyan GV. Protezirovanie aortal'nogo klapana iz mini-dostupa. *Vestnik hirurgii im. I.I. Grekova*. М., 1998; 157 (3): 47–49.
22. Чарчян ЭР, Скворцов АА, Панфилов ВА, Белов ЮВ. Хирургические вмешательства на корне и восходящем отделе аорты из мини-доступа. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2017; 10 (1): 42–46. Charchyan ER, Skvortsov AA, Panfilov VA, Belov YuV. J-shaped mini-sternotomy for frozen elephant trunk procedure. *Kardiologija i serdechno-sosudistaja hirurgija*. 2017; 10 (1): 42–46. doi: 10.17116/kardio201710142-46.
23. Glauber M, Miceli A. Minimally Invasive Aortic Valve Surgery. S. Raja (eds). *Cardiac Surgery*. Springer, Cham. 2020 Feb; 12: 421–428. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24174-2_46.
24. Rayner TA, Harrison S, Rival P, Mahoney DE, Caputo M, Angelini GD et al. Minimally invasive versus conventional surgery of the ascending aorta and root: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2020 Jan; 57 (Issue 1): 8–17. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz177>.

Статья поступила в редакцию 9.07.2020 г.
The article was submitted to the journal on 9.07.2020