

© CC BY Коллектив авторов, 2024
УДК 616.132.14-089 : 616.831-084.019.941
<https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-1-99-106>

ЗАЩИТА ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА ДУГЕ АОРТЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Д. В. Хомушку^{1*}, Д. А. Сирота^{1, 2}, А. А. Шаданов¹, А. Г. Едемский¹, А. М. Чернявский^{1, 2}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина
630055, Россия, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15

² Новосибирский государственный медицинский университет
630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., д. 52

Поступила в редакцию 07.11.2024 г.; принята к печати 22.01.2025 г.

Хирургия дуги аорты является одним из самых сложных разделов сердечно-сосудистой хирургии. Реконструктивные вмешательства на дуге аорты сопряжены с высокими рисками из-за особенностей анатомии и технической сложности вмешательства. Для защиты головного мозга во время операции на дуге аорты широко применяется антеградная перфузия головного мозга в сочетании с гипотермией. Антеградная перфузия может выполняться в унилатеральном или билатеральном варианте. На данный момент отсутствуют четкие рекомендации относительно ведения пациентов, оперируемых на дуге аорты. В данном обзоре освещены основные методы защиты головного мозга в аортальной хирургии, а также представлены результаты имеющихся исследований, сравнивающих унилатеральную и билатеральную перфузии головного мозга. Рассмотрены обоснования различных исследований при выборе каждой из двух предложенных методик для снижения риска неврологических осложнений.

Ключевые слова: циркуляторный арест, дуга аорты, унилатеральная перфузия, билатеральная перфузия, защита головного мозга

Для цитирования: Хомушку Д. В., Сирота Д. А., Шаданов А. А., Едемский А. Г., Чернявский А. М. Защита головного мозга при хирургических вмешательствах на дуге аорты: современное состояние проблемы. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2025;184(1):99–106. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-1-99-106>.

* **Автор для связи:** Дадар-оол Валерьевич Хомушку, ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» Минздрава России, 630055, Россия, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15. E-mail: dadarool_khomushku@mail.ru.

BRAIN PROTECTION DURING AORTIC ARCH SURGERY: CURRENT STATE OF PROBLEM

Dadar-ool V. Khomushku^{1*}, Dmitry A. Sirota^{1, 2}, Aldar A. Shadanov¹,
Alexander G. Edemskiy¹, Alexander M. Chernyavskiy^{1, 2}

¹ National Medical Research Center named after Academician E. N. Meshalkin
15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk, Russia, 630055

² Novosibirsk State Medical University
52, Krasny pr., Novosibirsk, Russia, 630091

Received 07.11.2024; accepted 22.01.2025

Aortic arch surgery is one of the most challenging field of cardiovascular surgery. Reconstructive interventions on the aortic arch are associated with high risks due to the peculiarities of anatomy and technical complexity of surgical intervention. Antegrade cerebral perfusion in combination with hypothermia is widely used to protect the brain during aortic arch surgery. Antegrade cerebral perfusion can be performed in unilateral or bilateral way. Now, there is no clear guidelines regarding the management of patients operated on the aortic arch. This review highlights the main methods of protecting the brain during aortic arch surgery and shows the results of the studies comparing antegrade unilateral brain perfusion with bilateral one. We reviewed rationale of various researchers in choosing two proposed methods to reduce the risk of neurological complications.

Keywords: circulatory arrest, aortic arch, unilateral perfusion, bilateral perfusion, neuroprotection

For citation: Khomushku D. V., Sirota D. A., Shadanov A. A., Edemskiy A. G., Chernyavskiy A. M. Brain protection during aortic arch surgery: current state of problem. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2025;184(1):99–106. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-1-99-106>.

* **Corresponding author:** Dadar-ool V. Khomushku, National Medical Research Center named after Academician E. N. Meshalkin, 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk, 630055, Russia. E-mail: dadarool_khomushku@mail.ru.

Введение. Патология дуги аорты (ДА), требующая хирургического лечения, все еще остается наиболее сложной проблемой в сердечно-сосудистой хирургии. Одной из причин развития осложнений является острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) из-за эмболии и ишемического повреждения при манипуляциях на супрааортальных сосудах и самой аорте [1]. Дополнительными причинами являются риски, связанные с самим искусственным кровообращением (ИК): микроэмболия, непальсирующий кровоток во время операции, реперфузионное повреждение и воспаление [2]. Совершенствование хирургического, перфузиологического и анестезиологического пособий позволили значительно снизить вероятность послеоперационных осложнений, однако частота серьезных осложнений и госпитальной летальности все еще остается высокой [3, 4]. По данным D. Tian et al. (2019), летальность при вмешательствах на ДА составляет 9,9–11,3 %, количество стойких неврологических нарушений – 8,8–10,6 %, а транзиторных – 9,4–9,8 % [5]. Возникновение ОНМК ассоциируется с достоверным увеличением летальности, продленной искусственной вентиляцией легких и увеличением времени нахождения пациента в палате реанимации и интенсивной терапии, что приводит к повышению расходов на лечение, утратой трудоспособности и стойкой инвалидизации [2, 6].

Согласно рекомендациям Европейского общества кардиоторакальных хирургов (EACTS) для защиты головного мозга (ГМ) в хирургии ДА методом выбора является антеградная перфузия в сочетании с умеренной гипотермией [7]. Наиболее часто антеградная перфузия выполняется в унилатеральном или билатеральном варианте, и на данный момент в мировой кардиохирургии нет четкого консенсуса относительно выбора техники [4]. Целью данного литературного обзора является освещение результатов имеющихся исследований, посвященных защите ГМ методом унилатеральной и билатеральной перфузии при хирургическом лечении патологии ДА.

История развития метода антеградной перфузии головного мозга. Выполнение реконструктивных вмешательств на ДА стало возможным благодаря исследованию R. B. Griepp et al., которые в 1975 г. доказали относительную безопасность замены ДА в условиях циркуляторного ареста (ЦА) с глубокой гипотермией [8]. В дальнейшем необходимость выполнения обширных реконструкций ДА потребовала увеличения времени пережатия ветвей ДА и времени ИК, что способствовало поиску новых методов для совершенствования защиты ГМ. Этим методом стала антеградная перфузия ГМ, предложенная Frist (1986) и Kazui (1989). Frist во время ЦА перфузировал ГМ через левую общую сонную либо брахиоцефальную артерию при умеренной гипотермии тела пациента. В послеоперационном периоде не было случаев

ОНМК. Летальность составила 2 (20 %) пациента из 10 оперированных [9]. В 1989 г. T. Kazui сообщает о применении бигемисферальной перфузии через брахиоцефальную либо правую сонную артерии с ЦА при глубокой гипотермии с 9,1 % летальностью и отсутствием неврологических осложнений у всех пациентов [10]. В 1991 г. опубликована статья J. Bachet о перфузии ГМ кровью с температурой от 6 до 12 °C (холодовая цереброплегия) через сонные артерии. Методика защиты ГМ у Bachet описывалась следующим образом: после начала ИК пациент охлаждался до умеренной гипотермии, затем накладывались зажимы на сосуды, отходящие от ДА и подавалась охлажденная кровь в сонную артерию скоростью 250–350 мл/мин во время формирования дистального анастомоза. Летальность составила 7 (13 %) пациентов из 54. Преходящие неврологические нарушения возникли у 2 (4,3 %) пациентов [11]. Широкое применение методов, которые предложили Frist, Kazui и Bachet, позволили увеличить безопасное время ЦА и значительно снизить риск неврологических осложнений.

Температура тела. Известно, что со снижением температуры тела уменьшается активность метаболических процессов в тканях. Безопасное время остановки кровообращения при нормальной температуре тела человека составляет около 5 мин. Однако при уменьшении температуры обменные процессы в организме полностью не останавливаются, а достигают некоторого базового значения. При 20 °C потребление кислорода ГМ составляет 24 %, а при 15 °C – 16 % от исходных значений. При температуре 15 °C безопасным временем ЦА является 30 мин, а при 20 °C – 20 мин [12]. Безопасное время ЦА при более высоких температурах ареста для защиты ГМ и внутренних органов изучено недостаточно [13]. У различных исследователей описывается разная температура тела во время ЦА при выполнении антеградной перфузии с неоднородными данными. В последнее время имеется тенденция к увеличению температуры тела во время ЦА в некоторых кардиохирургических центрах, что стало возможным благодаря улучшению хирургического пособия и совершенствованию методик по защите ГМ [14, 15].

Виды канюляции. Для проведения антеградной перфузии ГМ в литературе описывают несколько вариантов для зоны канюляции: подключичная артерия, сонная артерия и брахиоцефальный ствол. Согласно клиническим рекомендациям EACTS по заболеваниям аорты, все вышеописанные артерии являются относительно безопасными для проведения антеградной перфузии ГМ во время ЦА [7]. Существуют следующие способы канюляции: методика прямой канюляции периферической артерии, установка баллонного катетера в просвет сосуда, либо вшивание синтетического протеза в периферическую артерию по типу «конец-в-бок» с последующей установкой

Таблица 1

Безопасное время отключения кровотока головного мозга при различных температурах (McCullough J. N. et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans // Ann Thorac Surg 1999;67(6):1895–9.4 [12])

Table 1

Calculated safe intervals for interruption of brain perfusion at various temperatures by McCullough J. N. et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans // Ann Thorac Surg 1999;67(6):1895–9.4 [12]

Температура, °C	Метаболизм головного мозга (% от базового значения)	Безопасная длительность (мин)
37	100	5
30	56 (52–60)	9 (8–10)
25	37 (33–42)	14 (12–15)
20	24 (21–29)	21 (17–24)
15	16 (13–20)	31 (25–38)
10	11 (8–14)	45 (36–62)

артериальной канюли в просвет протеза [13]. Однозначного мнения по способу канюляции в настоящее время нет. Так, T. Kruger et al. (2011) считает, что антеградная перфузия ГМ имеет повышенные риски из-за эмболии при установке катетера в сонные артерии и рекомендует прямую канюляцию [16]. P. C. Puiu et al. (2021) же рекомендует выполнять перфузию ГМ во время ЦА через синтетический сосудистый протез, анастомозированный с подключичной артерией по типу «конец-в-бок», так как это снижает риск возникновения неврологических осложнений по сравнению с прямой канюляцией и позволяет избежать осложнений, таких как расслоение периферической артерии и аорты, тромбоз артерии, повреждение плечевого сплетения [17].

Мониторинг во время циркуляторного ареста. Традиционной считается антеградная перфузия ГМ под контролем давления и объемной скорости перфузии. Объемная скорость перфузии регулируется с помощью роликового насоса аппарата ИК, а давление измеряют в правой лучевой артерии. Во время ЦА сохранение метаболической активности ГМ повышает риски возникновения неврологических осложнений, и для диагностики данного явления используют электроэнцефалографию или церебральную оксиметрию. В некоторых исследованиях описывают оценку кровотока в крупных церебральных артериях и его распределение с помощью транскраниальной доплерографии [3, 18].

Сравнение билатеральной и унилатеральной перфузий. Стенозы сонной артерии, инсульты в анамнезе, аномалии Виллизиева круга являются ограничивающими факторами для унилатеральной перфузии [13]. По данным V. Papantchev et al. (2013) частота значимых аномалий Виллизиева круга с зонами риска гипоперфузии при унилатеральной перфузии составляет 58,6 % [19]. P. Urbanski et al. в 2008 г. сообщают о частоте инсульта 1 % при применении унилатеральной перфузии с канюляцией сонной артерии при среднем времени ЦА 18 мин. Авторы сообщают, что особенности анатомии Виллизиева круга не коррелируют с полученными данными при выполнении транскра-

ниальной доплерографии, электроэнцефалографии и оценки соматосенсорных вызванных потенциалов во время пережатия аорты [20]. J. Bachet et al. (2010) считают, что 18 мин ЦА является коротким, и объясняют низкий процент осложнений у P. P. Urbanski et al. (2008) именно этим фактом [4]. B. Emrecan et al. (2021) включили в исследование пациентов с аневризмами восходящего отдела и/или ДА с нормальным кровотоком по данным каротидной доплерографии, исключив экстренные операции и полные реконструкции ДА. Длительность антеградной перфузии была выше в билатеральной группе, чем у больных с унилатеральной перфузией (18,23±9,04 мин против 12,62±5,04 мин, $p=0,018$), но время ИК и окклюзии аорты было сопоставимым ($p=0,584$ и $p=0,693$ соответственно). Послеоперационная магнитно-резонансная томография ГМ выявила новые миллиметровые ишемические зоны у 3 пациентов в группе билатеральной перфузии, а в группе унилатеральной перфузии таких случаев не наблюдалось. Авторы не смогли найти преимуществ какой-то из двух методов [21].

Ряд авторов ссылается на особенности анатомии Виллизиева круга при выборе билатеральной перфузии, но не все авторы проводят визуализацию анатомии артерий ГМ. Например, B. Li et al. (2017) в статье 2017 г. изучали уровни S-100β пептида и нейрон-специфической энолазы у пациентов с унилатеральной и билатеральной перфузией ГМ во время ЦА. В группе гемисферальной перфузии частота возникновения неврологической дисфункции составила 25,0 % против 8,1 % в группе бигемисферальной перфузии ($p=0,028$) с летальностью 2,5 % против 5,4 % для унилатеральной и билатеральной группы соответственно ($p=1,000$). Уровень S-100β пептида и нейрон-специфической энолазы в крови была выше в группе унилатеральной перфузии при увеличении ЦА выше 25 мин. При транскраниальной доплерографии отмечалось снижение потока при унилатеральной перфузии. Исходя из этого, исследователи предположили, что билатеральная перфузия лучше защищает ГМ из-за особенностей анатомии Виллизиева круга у разных пациентов [22].

Таблица 2

Результаты основных исследований, сравнивающих билатеральную и унилатеральную перфузии головного мозга, найденные в Pubmed

Table 2

The results of the studies comparing unilateral to bilateral brain perfusion found in Pubmed

Главный автор и год исследования	Тип исследования	Результаты	Заключение
P. G. Malvindi, 2008 г. [30]	Метаанализ	Неврологические нарушения: менее 5 % в двух группах, но время ЦА при билатеральной перфузии была выше	При увеличении времени ЦА более 40–50 мин билатеральная перфузия ГМ имеет преимущества
A. Zieger, 2012 г. [26]	Проспективное	Летальность: 5 % в двух группах (p=0,64). Необратимые неврологические нарушения: 2 % для группы унилатеральной перфузии против 4 % для билатеральной перфузии (p≥0,1). Преходящие неврологические нарушения: 3 % для унилатеральной перфузии против 5 % для билатеральной перфузии (p=0,6)	Унилатеральная перфузия ГМ позволяет провести реконструктивные вмешательства на ДА до 90 мин и снижает риски эмболических осложнений
S. Lu., 2012 г. [23]	Ретроспективное	Госпитальная летальность: 11,7 % при билатеральной перфузии головного мозга против 11,1 % при унилатеральной (p=0,877). Стойкие неврологические нарушения: 5,5 % для билатеральной перфузии против 6,7 % (p=0,685) для унилатеральной перфузии головного мозга. Преходящие неврологические нарушения: 12,5 % против 10,4 % (p=0,587) для билатеральной и унилатеральной группы	Унилатеральная перфузия ГМ является безопасным и эффективным и позволяет не хуже, чем билатеральная, защитить ГМ во время ЦА
E. Angeloni, 2015 г. [31]	Метаанализ	Послеоперационная летальность: 9,8 % для билатеральной перфузии против 7,6 % для унилатеральной перфузии (p=0,19). Стойкие неврологические нарушения: 6,9 % для билатеральной перфузии против 5,8 % для унилатеральной группы (p=0,53). Преходящие неврологические нарушения: 9,3 % против 6,5 %, для билатеральной и унилатеральной групп соответственно (p=0,14)	Летальность и неврологические нарушения не различались, тем не менее, при увеличении времени ЦА лучшие результаты у билатеральной перфузии ГМ
B. Li., 2017 г. [22]	Проспективное	Летальность: 2,5 % против 5,41 % для унилатеральной и билатеральной групп соответственно (p=1,000). Неврологические нарушения: 25 % для унилатеральной перфузии против 8,1 % для билатеральной перфузии (p=0,028)	При времени ЦА менее 25 мин нет значимой разницы в плане летальности и неврологических нарушений. При увеличении времени ЦА более 25 мин билатеральная перфузия более эффективна
G. Tong, 2017 г. [29]	Проспективное	30-дневная летальность: 11,6 % для билатеральной перфузии против 20,7 % для унилатеральной перфузии (p=0,075). Стойкие неврологические нарушения: 8,4 % против 16,9 % (p=0,0901) для унилатеральной и билатеральной перфузии соответственно	Билатеральная перфузия ГМ демонстрирует лучшие результаты 30-дневной летальности и неврологических нарушений по сравнению с унилатеральной
D. Tian, 2019 г. [5]	Метаанализ	Летальность: нет значительной разницы (отношение шансов: 0,97; p=0,90). Необратимые неврологические нарушения: нет значительной разницы (отношение шансов: 1,04; p=0,85). Преходящие неврологические нарушения: нет значительной разницы (p=0,74)	Для пациентов оперируемых на ДА обе методики безопасны. Тем не менее, недостаточно данных для сравнения при увеличении времени ЦА
E. L. Norton, 2020 г. [24]	Ретроспективное	30-дневная летальность: 3,4 % против 7,8 % для унилатеральной и билатеральной групп соответственно (p=0,12). Частота инсульта: 6 % для унилатеральной против 9 % билатеральной перфузии (p=0,4)	При расхождении типа А эффективны обе методики. Унилатеральная перфузия предпочтительна из-за простоты и отсутствия дополнительных манипуляций на ДА

Окончание табл. 2
End of Table 2

Главный автор и год исследования	Тип исследования	Результаты	Заключение
V. Emtesap, 2021 г. [21]	Проспективное	Летальность и стойкие неврологические нарушения: не отмечалось. Транзиторные неврологические нарушения: 7 пациентов в группе унилатеральной перфузии и 3 пациента в группе билатеральной перфузии. Время ЦА: группа унилатеральной перфузии: 12,62±5,04 мин, группа билатеральной перфузии: 18,23±9,04 мин (p=0,018)	Преимущества из двух методик невозможно выявить из-за короткого времени ЦА
A. Piperata, 2022 г. [27]	Ретроспективное	30-дневная летальность: не было статистически значимой разницы (p=0,325). Стойкие неврологические нарушения: в группе билатеральной перфузии головного мозга риски выше (p<0,001)	Унилатеральная перфузия ГМ может иметь преимущества над билатеральной
Song, Seung Jun., 2022 г. [28]	Ретроспективное	Летальность: выше в группе билатеральной перфузии (отношение рисков 2,05; p=0,001). Стойкие неврологические нарушения: 7,0 % против 10,3 %; (p=0,70) для унилатеральной и билатеральной групп соответственно. Транзиторные неврологические нарушения: 9,6 % унилатеральной против 21,2 % против билатеральной перфузии (p=0,65)	При расслоении типа А в группе билатеральной перфузии результаты не лучше, чем в унилатеральной
Q. Jiang, 2023 г. [25]	Ретроспективное	30-дневная летальность: билатеральная перфузия связана с низкими рисками летальности (отношение рисков: 0,353, p<0,001). Стойкие неврологические нарушения: низкие риски инсульта в группе билатеральной перфузии (отношение шансов: 0,481, p=0,003)	Билатеральная перфузия ГМ ассоциирована с меньшими рисками 30-дневной летальности и неврологических нарушений

Но S. Lu et al. (2012) считают, что отсутствие одной из трех артерий Виллизиева круга не может быть причиной гипоперфузии при канюляции правой подключичной артерии, так как она кровоснабжает весь ГМ через позвоночную, базилярную и внутреннюю сонную артерии. Гипоперфузия возможна только при отсутствии передней и задней соединительных артерий, что наблюдается очень редко, в анализируемой литературе подобные случаи не описаны. В своей публикации 2012 г. авторы описывают сопоставимые результаты по времени ИК, окклюзии аорты, времени антеградной перфузии и летальности: летальность составила 11,7 % против 11,1 % для билатеральной и унилатеральной перфузии соответственно (p=0,877), послеоперационные стойкие и транзиторные неврологические нарушения возникли в 5,5 % и 6,7 % (p=0,587) и 12,5 % и 10,4 % (p=0,685) для билатеральной и унилатеральной техники соответственно. Время пребывания в палате реанимации и количество госпитальных дней также достоверно не различалось [23]. Во время ЦА D. Tian (2019) и E. Norton (2019) предполагают кровоснабжение левой половины ГМ через коллатерали [5, 24].

В работе Q. Jiang et al. (2023) также сравнивались унилатеральная и билатеральная перфузии в качестве предикторов возникновения неврологических нарушений. Бигемисферальная перфузия ГМ показала значимо более низкий уровень неврологических нарушений (отношение шансов: 0,481, p=0,003) и 30-дневной летальности (отношение шансов: 0,353, p<0,001). Авторы заключают, что билатеральная перфузия имеет преимущества при расслоении аорты и аномалиях Виллизиева круга [25].

Другим не менее важным вопросом для аортального хирурга является опасность эмболии из-за дополнительных манипуляций на ДА. В 2012 г. A. Zierer et al. сообщают о стойких неврологических нарушениях у 3 % пациентов, а обратимых – у 4 % пациентов с ранней послеоперационной летальностью 5 % у пациентов с патологией ДА после операции. Авторы указывают, что при умеренной гипотермической остановке кровообращения антеградная перфузия ГМ позволяет одинаково безопасно выполнить сложные реконструктивные вмешательства на ДА при времени ЦА до 90 мин. Унилатеральная перфузия ГМ позволяет не хуже, чем билатеральная, защитить ГМ и может иметь преимущества в уменьшении вероятности эмболии при манипуляциях на супрааортальных сосудах [26]. К сходным выводам приходит A. Piperata et al. (2022), которые изучали результаты разных техник у пациентов с расслоениями типа А при умеренной гипотермии. В группе билатеральной перфузии отмечалось значимое увеличение в частоте возникновения необратимых неврологических нарушений (p<0,001), левостороннего инсульта (p=0,007) и комбинированных осложнений (p<0,001). При унилатеральной перфузии время пережатия аорты

и ИК было короче, чем при билатеральной (82 мин против 100 мин, $p < 0,001$), 30-дневная летальность была сопоставимой ($p = 0,325$) [27]. Билатеральная перфузия ГМ требует дополнительных манипуляций, которые приводят к эмболическим осложнениям, включают S. J. Song et al. В данном исследовании 2022 г. у пациентов с расслоением аорты типа А транзиторные неврологические нарушения при унилатеральной перфузии наблюдались 19,6 % против 21,2 % при билатеральной перфузии ($p = 0,65$), а необратимые неврологические нарушения составили 7,0 % против 10,3 %; ($p = 0,70$) для унилатеральной и билатеральной групп соответственно. Летальность была выше в группе пациентов с билатеральной перфузией (отношение рисков: 2,05, $p = 0,001$). Согласно заключению авторов, во время выполнения унилатеральной перфузии контрлатеральная сторона ГМ перфузируется через позвоночную артерию и коллатерали [28]. E. Norton (2020) согласна с высокими рисками эмболии при бигемисферальной перфузии, но рекомендует применять билатеральную перфузию при снижении оксиметрии ниже 30 % в случаях, когда левая сонная артерия не окклюзирована тромбированным ложным каналом [24]. G. Tong et al. (2017) также проанализировали пациентов с расслоениями аорты по типу А с полной реконструкцией ДА. Значимой разницы в двух группах по времени ИК, времени ишемии миокарда и ЦА не выявлено, поэтому они не разделяют мнение о том, что билатеральная перфузия увеличивает время ЦА, время ишемии миокарда или время ИК. Послеоперационная 30-дневная летальность составляла 11,6 % в группе билатеральной против 20,7 % в группе унилатеральной перфузии ($p = 0,075$). Частота постоянных неврологических нарушений в группе унилатеральной перфузии составила 8,4 % против 16,9 % при билатеральной ($p = 0,091$). Сложности, связанные с риском эмболии при билатеральной перфузии, авторы предлагают устранять путем анастомозирования бранши графта с левой сонной артерией для дальнейшей перфузии левой половины ГМ [29].

В некоторых метаанализах при увеличении времени ЦА билатеральная перфузия демонстрирует лучшие результаты. В 2008 г. P. G. Malvindi опубликовал метаанализ, продемонстрировавший менее 5 % неврологических осложнений у двух методик, при этом время ЦА при унилатеральной перфузии составило 30–50 мин, а при билатеральной перфузии 86–164 мин. В заключении статьи говорится об эквивалентности двух методик, однако при времени ЦА более 40–50 мин билатеральная перфузия ГМ может иметь преимущества [30]. С данным мнением согласен E. Angeloni et al. (2015), сравнивающий унилатеральную и билатеральную перфузии ГМ во время ЦА. Летальность составила 9,8 % и 7,6 % для групп билатеральной и унилатеральной перфузии соответственно ($p = 0,19$). Частота возникновения

постоянных неврологических нарушений достоверно не отличалась между группами: 6,9 % для билатеральной и 5,8 % для унилатеральной перфузии ($p = 0,53$). Схожая картина наблюдалась и при анализе транзиторных неврологических нарушений: 9,3 % и 6,5 % для билатеральной и унилатеральной перфузии соответственно ($p = 0,14$), но авторы отмечают безопасность унилатеральной перфузии при времени ЦА до 30 мин [31]. D. Tian (2019) в своем метаанализе, вышедшем в 2019 г., тоже не нашел разницу в величине летальности (отношение шансов: 0,96, $p = 0,90$), времени ИК и ЦА, а также в частоте возникновения постоянных (отношение шансов: 1,04, $p = 0,85$) и транзиторных ($p = 0,74$) неврологических нарушений. Авторы считают, что пациенты с разомкнутым Виллизиевым кругом в группе унилатеральной перфузии не продемонстрировали более высокие показатели неврологических нарушений: 1) ишемия ГМ имеет в некоторых случаях стертую клиническую картину; 2) достаточное количество экстракраниальных коллатералей, которые кровоснабжают контрлатеральную сторону ГМ при антеградной перфузии 3) преимущества билатеральной перфузии ГМ над унилатеральной проявляются только при времени ЦА более 35 мин [5].

Заключение. Интраоперационная тактика ведения пациентов при хирургическом лечении патологии ДА является одним из ключевых моментов, влияющих на результаты лечения. Важной составляющей является адекватная защита ГМ, которая обеспечивается за счет унилатеральной или билатеральной антеградной перфузии ГМ и гипотермии.

Неоднозначность публикуемых результатов у разных исследователей объясняется отсутствием единого подхода к защите ГМ. Это выражается в разном уровне гипотермии, времени ЦА, неоднородностью групп пациентов. По-видимому, унилатеральная перфузия имеет преимущества над билатеральной за счет уменьшения вероятности эмболии при манипуляциях на ветвях ДА, но при увеличении времени ЦА уже билатеральная перфузия имеет преимущества перед унилатеральной.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- Гордеев М. Л., Успенский В. Е., Баканов А. Ю. и др. Реконструктивные вмешательства на дуге аорты при хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016. Т. 20, № 4. С. 45–57. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-4-45-57>.
- Цыган Н. В., Одинак М. М., Пелешок А. С. и др. Нейропротекция при реконструктивных операциях на дуге аорты. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012. Т. 38, № 2. С. 119–127.
- Qu J. Z., Kao L. W., Smith J. E. et al. Brain Protection in Aortic Arch Surgery: An Evolving Field. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021. Vol. 35, № 4. P. 1176–1188. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.11.035>.
- Bachet J. What is the Best Method for Brain Protection in Surgery of the Aortic Arch? Selective Antegrade Cerebral Perfusion. *Cardiology Clinics*. 2010. Vol. 28, № 2. P. 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2010.01.014>.
- Tian D. H., Wilson-Smith A., Koo S. K. et al. P. Unilateral Versus Bilateral Antegrade Cerebral Perfusion: A Meta-Analysis of Comparative Studies. *Heart Lung Circ*. 2019. Vol. 28. P. 844–849. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.01.010>.
- McDonagh D. L., Berger M., Mathew J. P. et al. Neurological complications of cardiac surgery. *The Lancet. Neurology*. 2014. Vol. 13, № 5. P. 490–502. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70004-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70004-3).
- Czerny M., Grabenwöger M., Berger T. et al. EACTS/STS Guidelines for Diagnosing and Treating Acute and Chronic Syndromes of the Aortic Organ. *Ann Thorac Surg*. 2024. Vol. 118, № 1. P. 5–115. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2024.01.021>.
- Griep R. B., Stinson E. B., Hollingsworth J. F., Buehler D. Prosthetic Replacement of the Aortic Arch. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 1975. Vol. 70. P. 1051–1063.
- Frist W. H., Baldwin J. C., Starnes V. A. et al. A reconsideration of cerebral perfusion in aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg*. 1986. Vol. 42. P. 273–281. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)62733-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)62733-6).
- Kazui T., Inoue N., Yamada O., Komatsu S. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: A reassessment. *Ann Thorac Surg*. 1992. Vol. 53. P. 109–114. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90767-x](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90767-x).
- Bachet J., Guilmet D., Goudot B. et al. Cold cerebroplegia: a new technique of cerebral protection during operations on the transverse aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991. Vol. 102. P. 85–94.
- McCullough J. N., Zhang N., Reich D. L. et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg*. 1999. Vol. 67, № 6. P. 1895–1899. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00441-5](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00441-5).
- Luehr M., Bachet J., Mohr F. W. et al. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014. Vol. 45. P. 27–39. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt154>.
- Griep R. B., Di Luozzo G. Hypothermia for aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013. Vol. 145. P. 56–58. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.072>.
- Белов Ю., Чарчян Э., Аксельрод Б. и др. Защита головного мозга и внутренних органов при реконструктивных вмешательствах на дуге аорты: особенности интраоперационной тактики и мониторинга. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016. Т. 20, № 4. С. 34–44. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-4-34-44>.
- Kruger T., Weigang E., Hoffmann I. et al. Cerebral protection during surgery for acute aortic dissection type a: results of the German Registry for acute aortic dissection type A (GERAADA). *Circulation*. 2011. Vol. 124. P. 434–443. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.009282>.
- Puiu P. C., Pingpoh C., Beyersdorf F. et al. Direct Versus Side Graft Cannulation From the Right Axillary Artery in Thoracic Aortic Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2021. Vol. 112, Issue 5. P. 1433–1440. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.12.022>.
- Mosca M. S., Justison G., Reece T. B. A Clinical Protocol for Goal Directed Cerebral Perfusion during Aortic Arch Surgery. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2016. Vol. 20, № 4. P. 289–297. <https://doi.org/10.1177/1089253216672854>.
- Papantchev V., Stoinova V., Aleksandrov A. et al. The role of Willis circle variations during unilateral selective cerebral perfusion: a study of 500 circles. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2013. Vol. 44, № 4. P. 743–753. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt103>.
- Urbanski P. P., Lenos A., Blume J. C. et al. Does anatomical completeness of the circle of Willis correlate with sufficient cross-perfusion during unilateral cerebral perfusion? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008. Vol. 33. P. 402–408. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.021>.
- Emrean B., Çekirdekoğlu K. Unilateral or bilateral cerebral perfusion in hemiarth replacement: A prospective randomized study. *J Card Surg*. 2021. Vol. 36. P. 680–686. <https://doi.org/10.1111/jocs.15268>.
- Li B., Hu X., Wang Z. The neurologic protection of unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion in aortic arch surgery with deep hypothermic circulatory arrest: A study of 77 cases. *International Journal of Surgery*. 2017. Vol. 40. P. 8–13. ISSN 1743-9191. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.02.023>.
- Lu S., Sun X., Hong T. et al. Bilateral Versus Unilateral Antegrade Cerebral Perfusion in Arch Reconstruction for Aortic Dissection. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2012. Vol. 93, Issue 6. P. 1917–1920. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.02.090>.
- Norton E. L., Wu X., Kim K. M. et al. Unilateral is comparable to bilateral antegrade cerebral perfusion in acute type a aortic dissection repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020. Vol. 160. P. 617–625.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.07.108>.
- Jiang Q., Huang K., Wang D. et al. A comparison of bilateral and unilateral cerebral perfusion for total arch replacement surgery for non-marfan, type A aortic dissection. *Perfusion*. 2024. Vol. 39, № 6. P. 1070–1079. <https://doi.org/10.1177/02676591231161919>.
- Zierer A., El-Sayed Ahmad A., Papadopoulos N. et al. Selective antegrade cerebral perfusion and mild (28–30 °C) systemic hypothermic circulatory arrest for aortic arch replacement: results from 1002 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012. Vol. 144. P. 1042–1044. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.07.063>.
- Piperata A., Watanabe M., Pernot M. et al. Unilateral versus bilateral cerebral perfusion during aortic surgery for acute type A aortic dissection: *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022. Vol. 61, № 4. P. 828–835. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezab341>.
- Song S. J., Kim W. K., Kim T. H., Song S. W. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion during surgical repair for patients with acute type A aortic dissection. *JTCVS Open*. 2022. Vol. 11. P. 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.xjon.2022.05.006>.
- Tong G., Zhang B., Zhou X. et al. Bilateral versus unilateral antegrade cerebral perfusion in total arch replacement for type a aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017. Vol. 154. P. 767–775. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.02.053>.
- Malvindi P. G., Scarscia G., Vitale N. Is unilateral antegrade cerebral perfusion equivalent to bilateral cerebral perfusion for patients undergoing aortic arch surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008. Vol. 7. P. 891–897. <https://doi.org/10.1510/icvts.2008.184184>.
- Angeloni E., Melina G., Refice S. K. et al. Unilateral Versus Bilateral Antegrade Cerebral Protection During Aortic Surgery: An Updated Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg*. 2015. Vol. 99, № 6. P. 2024–31. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.070>.

REFERENCES

- Gordeev M., Uspenskiy V., Bakanov A. et al. Aortic arch reconstruction in surgical treatment of ascending aortic aneurysms and dissections. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2016;20(4):45–57. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-4-45-57>. (In Russ.).
- Tsygan N. V., Odnak M. M., Peleshok A. S. et al. Neuroprotection in reconstructive surgery of aortic arch. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2012;38(2):119–127. (In Russ.).
- Qu J. Z., Kao L. W., Smith J. E. et al. Brain Protection in Aortic Arch Surgery: An Evolving Field. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;35(4):1176–1188. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.11.035>.
- Bachet J. What is the Best Method for Brain Protection in Surgery of the Aortic Arch? Selective Antegrade Cerebral Perfusion. *Cardiology Clinics*. 2010;28(2):389–401. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2010.01.014>.
- Tian D. H., Wilson-Smith A., Koo S. K. et al: Unilateral Versus Bilateral Antegrade Cerebral Perfusion: A Meta-Analysis of Comparative Studies. *Heart Lung Circ*. 2019;28:844–849. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.01.010>.
- McDonagh D. L., Berger M., Mathew J. P. et al. Neurological complications of cardiac surgery. *The Lancet. Neurology*. 2014;13(5):490–502. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70004-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70004-3).
- Czerny M., Grabenwöger M., Berger T. et al. EACTS/STS Guidelines for Diagnosing and Treating Acute and Chronic Syndromes of the Aortic Organ. *Ann Thorac Surg*. 2024;118(1):5–115. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2024.01.021>.

8. Griep R. B., Stinson E. B., Hollingsworth J. F., Buehler D. Prosthetic Replacement of the Aortic Arch. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1975; 70:1051–1063.
9. Frist W. H., Baldwin J. C., Starnes V. A. et al. A reconsideration of cerebral perfusion in aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg.* 1986;42:273–281. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)62733-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)62733-6).
10. Kazui T., Inoue N., Yamada O., Komatsu S. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: A reassessment. *Ann Thorac Surg.* 1992;53:109–114. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90767-x](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90767-x).
11. Bachet J., Guilmet D., Goudot B. et al. Cold cerebroplegia: a new technique of cerebral protection during operations on the transverse aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991;102:85–94.
12. McCullough J. N., Zhang N., Reich D. L. et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg.* 1999;67(6):1895–1899. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00441-5](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00441-5).
13. Luehr M., Mohr F. W. et al. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45:27–39. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt154>.
14. Griep R. B., DiLuozzo G. Hypothermia for aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145:56–58. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.072>.
15. Belov Yu, Charchyan E., Akselyrod B. et al. Cerebral and visceral organ protection during aortic arch surgery. Intraoperative tactics and monitoring details. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya*. 2016;20(4):34–44. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-4-34-44>. (In Russ.).
16. Kruger T., Weigang E., Hoffmann I. et al. Cerebral protection during surgery for acute aortic dissection type a: results of the German Registry for acute aortic dissection type A (GERAADA). *Circulation.* 2011;124:434–443. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.009282>.
17. Puiu P. C., Pingpoh C., Beyersdorf F. et al. Direct Versus Side Graft Cannulation From the Right Axillary Artery in Thoracic Aortic Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2021;112(Issue 5):1433–1440. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.12.022>.
18. Mosca M. S., Justison G., Reece T. B. A Clinical Protocol for Goal Directed Cerebral Perfusion During Aortic Arch Surgery. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2016;20(4):289–297. <https://doi.org/10.1177/1089253216672854>.
19. Papantchev V., Stoinova V., Aleksandrov A. et al. The role of Willis circle variations during unilateral selective cerebral perfusion: a study of 500 circles. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2013;44(4):743–753. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt103>.
20. Urbanski P. P., Lenos A., Blume J. C. et al. Does anatomical completeness of the circle of Willis correlate with sufficient cross-perfusion during unilateral cerebral perfusion? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33:402–408. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.021>.
21. Emrehan B., Çekirdekoğlu K. Unilateral or bilateral cerebral perfusion in hemiarach replacement: A prospective randomized study. *J Card Surg.* 2021;36:680–686. <https://doi.org/10.1111/jocs.15268>.
22. Li B., Hu X., Wang Z. The neurologic protection of unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion in aortic arch surgery with deep hypothermic circulatory arrest: A study of 77 cases. *International Journal of Surgery.* 2017;40:8–13. ISSN 1743-9191. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2017.02.023>.
23. Lu S., Sun X., Hong T. et al. Bilateral Versus Unilateral Antegrade Cerebral Perfusion in Arch Reconstruction for Aortic Dissection. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2012;93(Issue 6):1917–1920. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.02.090>.
24. Norton E. L., Wu X., Kim K. M. et al. Unilateral is comparable to bilateral antegrade cerebral perfusion in acute type a aortic dissection repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;160:617–625.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.07.108>.
25. Jiang Q., Huang K., Wang D. et al. A comparison of bilateral and unilateral cerebral perfusion for total arch replacement surgery for non-marfan, type A aortic dissection. *Perfusion.* 2024;39(6):1070–1079. <https://doi.org/10.1177/02676591231161919>.
26. Zierer A., El-Sayed Ahmad A., Papadopoulos N. et al. Selective antegrade cerebral perfusion and mild (28–30 °C) systemic hypothermic circulatory arrest for aortic arch replacement: results from 1002 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;144:1042–1044. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.07.063>.
27. Piperata A., Watanabe M., Pernot M. et al. Unilateral versus bilateral cerebral perfusion during aortic surgery for acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2022;61(4):828–835. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezab341>.
28. Song S. J., Kim W. K., Kim T. H., Song S. W. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion during surgical repair for patients with acute type A aortic dissection. *JTCVS Open.* 2022;11:37–48. <https://doi.org/10.1016/j.xjon.2022.05.006>.
29. Tong G., Zhang B., Zhou X. et al. Bilateral versus unilateral antegrade cerebral perfusion in total arch replacement for type a aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;154:767–775. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.02.053>.
30. Malvindi P. G., Scarscia G., Vitale N. Is unilateral antegrade cerebral perfusion equivalent to bilateral cerebral perfusion for patients undergoing aortic arch surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2008;7:891–897. <https://doi.org/10.1510/icvts.2008.184184>.
31. Angeloni E., Melina G., Refice S. K. et al. Unilateral Versus Bilateral Antegrade Cerebral Protection During Aortic Surgery: An Updated Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2015;99(6):2024–31. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.070>.

Информация об авторах:

Хомушку Дадар-оол Валерьевич, аспирант отделения хирургии аорты и коронарных артерий, Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина (г. Новосибирск, Россия), ORCID: 0000-0003-1505-0847; **Сирота Дмитрий Андреевич**, доктор медицинских наук, зав. научно-исследовательским отделом хирургии аорты, коронарных и периферических артерий института патологии кровообращения, врач-сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий, Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина (г. Новосибирск, Россия), ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки, Новосибирский государственный медицинский университет (г. Новосибирск, Россия), ORCID: 0000-0002-9940-3541; **Шаданов Алдар Андреевич**, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина (г. Новосибирск, Россия), ORCID: 0000-0002-1176-8125; **Едемский Александр Геннадьевич**, кандидат медицинских наук, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий, Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина (г. Новосибирск, Россия), ORCID: 0000-0002-6661-7826; **Чернявский Александр Михайлович**, доктор медицинских наук, профессор, чл.-корр. РАН, заслуженный деятель науки РФ, генеральный директор, Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина (г. Новосибирск, Россия), зав. кафедрой сердечно-сосудистой хирургии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки врачей, Новосибирский государственный медицинский университет (г. Новосибирск, Россия), ORCID: 0000-0001-9818-8678.

Information about authors:

Khomushku Dadar-ool V., Postgraduate Student of the Department of Surgery of the Aorta and Coronary Arteries, National Medical Research Center named after Academician E.N. Meshalkin (Novosibirsk, Russia), ORCID: 0000-0003-1505-0847; **Sirota Dmitry A.**, Dr. of Sci. (Med.), Head of the Research Department of Surgery of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries of the Institute of Circulatory Pathology, Cardiovascular surgeon, Department of Aortic and Coronary Artery Surgery, National Medical Research Center named after Academician E. N. Meshalkin (Novosibirsk, Russia), Assistant of the Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Advanced Training and Professional Retraining, Novosibirsk State Medical University (Novosibirsk, Russia), ORCID: 0000-0002-9940-3541; **Shadanov Aldar A.**, Cardiovascular Surgeon, Department of Aortic and Coronary Artery Surgery, National Medical Research Center named after Academician E.N. Meshalkin (Novosibirsk, Russia), ORCID: 0000-0002-1176-8125; **Edemskiy Alexander G.**, Cand. of Sci. (Med.), Cardiovascular Surgeon of the Department of Surgery of the Aorta and Coronary Arteries, National Medical Research Center named after Academician E. N. Meshalkin (Novosibirsk, Russia), ORCID: 0000-0002-6661-7826; **Chernyavskiy Alexander M.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, General Director, National Medical Research Center named after Academician E. N. Meshalkin (Novosibirsk, Russia), Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Physicians, Novosibirsk State Medical University (Novosibirsk, Russia), ORCID: 0000-0001-9818-8678.