

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-140-147>
УДК 616.132.13-007.64:612.824

Антеградная церебральная перфузия у пациентов с разными анатомическими вариантами брахиоцефального ствола

Панфилов Д.С., Петракова Е.А., Афанасьева Н.Л., Козлов Б.Н.

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (НИИ кардиологии Томского НИМЦ), 634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

Аннотация

Цель: проанализировать результаты проведения антеградной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол при операциях «hemiarch» у пациентов с вариантной анатомией брахиоцефального ствола.

Материал и методы. В ретроспективное исследование были включены 259 пациентов, которым было выполнено хирургическое вмешательство по поводу аневризмы восходящего отдела. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от анатомии брахиоцефального ствола: с нормальной (группа No CILCA, $n = 202$) и вариантной анатомией сосуда (группа CILCA, $n = 57$). У пациентов обеих групп проведен анализ интраоперационных и ранних послеоперационных данных, включающих оценку неврологического и когнитивного статуса.

Результаты. По данным инфракрасной спектроскопии, уровень оксигенации головного мозга у пациентов обеих групп не выходил за пределы нормальных значений в течение всей операции, включая период циркуляторного ареста (63–72%). В одном (0,49%) случае в группе с нормальной анатомией брахиоцефального ствола развился инсульт. Частота развития делириозного состояния в раннем послеоперационном периоде была выше в группе с нормальной анатомией брахиоцефального ствола – 8 (3,9%) против 1 (1,7%) случая в группе вариантной анатомии брахиоцефального ствола, но без статистически значимых различий ($p = 0,414$). Когнитивная функция в послеоперационном периоде у пациентов в группах с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола не снижалась ниже нормального порога и составляла 25 и 23 балла соответственно ($p = 0,11$).

Выводы. Антеградная перфузия головного мозга через брахиоцефальный ствол при операциях «hemiarch» как у пациентов с нормальной, так и с вариантной анатомией брахиоцефального ствола не ухудшает когнитивный статус, снижает частоту неврологических осложнений. Данный вид перфузии является безопасным и эффективным вне зависимости от анатомических особенностей брахиоцефального ствола.

Ключевые слова:	восходящая аорта; аневризма аорты; брахиоцефальный ствол; антеградная перфузия головного мозга.
Финансирование:	работа выполнена без задействования грантов и финансовой поддержки от общественных, некоммерческих и коммерческих организаций.
Соответствие принципам этики:	данное исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice), проведено в соответствии с этическими нормами, изложенными в Хельсинкской декларации 2013 г. и одобрено локальным этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 260 от 7.02.2024 г.).
Для цитирования:	Панфилов Д.С., Петракова Е.А., Афанасьева Н.Л., Козлов Б.Н. Антеградная церебральная перфузия у пациентов с разными анатомическими вариантами брахиоцефального ствола. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2025;40(3):140–147. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-140-147

Antegrade cerebral perfusion in patients with different anatomical variants of the brachiocephalic trunk

Panfilov D.S., Petrakova E.A., Afanasieva N.L., Kozlov B.N.

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia
(Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC), 111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

Abstract

Aim: To analyze the results of antegrade brain perfusion via the brachiocephalic trunk during hemiarch surgery in patients with variant anatomy of the brachiocephalic trunk.

Material and Methods. The retrospective study included 259 patients who underwent surgery for an ascending aneurysm. The patients were divided into two groups depending on the anatomy of the brachiocephalic trunk: with normal ($n = 202$) and variant vascular anatomy ($n = 57$). Intraoperative and early postoperative data were analyzed in patients of both groups, including an assessment of neurological and cognitive status.

Results. According to infrared spectroscopy, the level of brain oxygenation in patients of both groups did not exceed normal values during the entire operation, including the period of circulatory arrest (63–72%). In 1 (0.49%) case, a stroke developed in the group with normal brachiocephalic trunk anatomy. The incidence of delirious condition in the early postoperative period was higher in the group with normal brachiocephalic trunk anatomy – 8 (3.9%) versus 1 (1.7%) cases in the group with variant brachiocephalic trunk anatomy, but without statistically significant differences ($p = 0.414$). Cognitive function in the postoperative period in patients in the groups with normal and variant brachiocephalic trunk anatomy did not decrease below the normal threshold of 25 and 23 points, respectively ($p = 0.11$).

Conclusions. Antegrade perfusion of the brain through the brachiocephalic trunk during hemiarch operations in patients with normal and variant anatomy of the brachiocephalic trunk does not worsen cognitive status, reduces the frequency of neurological complications, thus this type of perfusion is appropriate, safe and effective.

Keywords:	ascending aorta; aortic aneurysm; brachiocephalic trunk; antegrade perfusion of the brain.
Funding:	the work was carried out without the use of grants or financial support from public, non-profit and commercial organizations.
Compliance with ethical standards:	this study was performed in accordance with the standards of good Clinical Practice, conducted in accordance with the ethical standards set out in the Helsinki Declaration of 2013 and approved by the local Ethics Committee (Protocol No. 260 dated 7.02.2024).
For citation:	anfilov D.S., Petrakova E.A., Afanasieva N.L., Kozlov B.N. Antegrade cerebral perfusion in patients with different anatomical variants of the brachiocephalic trunk. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2025;40(3):140–147. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-140-147

Введение

Согласно современным рекомендациям по ведению пациентов с патологией грудной аорты, антеградная перфузия головного мозга признается оптимальным вариантом церебральной защиты при операциях с циркуляторным арестом [1, 2]. Однако до сих пор остается дискуссионным вопрос о приоритетном варианте проведения перфузионной защиты головного мозга – унилатеральном или билатеральном [3, 4]. Необходимо отметить, что в публикациях авторы зачастую не фокусируются на анатомических особенностях супрааортальных сосудов, способных оказать критическое влияние на эффективность перфузионной церебропротекции.

На сегодняшний день недостаточно информации об особенностях перфузионной защиты головного мозга в условиях вариантной анатомии сосудов дуги аорты.

Цель данного исследования: проведение анализа результатов антеградной перфузии головного мозга при протезировании восходящего отдела аорты у пациентов с различной анатомией брахиоцефального ствола.

Материал и методы

Дефиниции

CILCA (common origin of the innominate and left carotid artery) – общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии: 1-й тип – общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии, 2-й тип – отхождение устья левой общей сонной артерии от брахиоцефального ствола, 3-й тип – отхождение сосудов дуги аорты одним стволом согласно классификации K.F. Layton и соавт. [5].

Преходящий неврологический дефицит (транзиторная ишемическая атака) – эпизод неврологической дисфункции вследствие фокальной ишемии головного мозга без формирования очага инфаркта, сохраняющийся менее 24 ч.

Делирий – острое психическое расстройство, характеризующееся нарушением сознания, ориентации и внимания, часто сопровождается бредом, галлюцинациями и паранойей.

Стойкий неврологический дефицит (инсульт) – новый фокальный неврологический дефицит, сохраняющийся более 72 ч, или новое фокальное повреждение головного мозга, выявленное с помощью компьютерной томографии.

Hemiarach – резекция тубулярной части восходящей аорты с захватом малой кривизны дуги аорты с протезированием, при которой формируется открытый дистальный кривой анастомоз от проекции устья левой подключичной артерии до уровня брахиоцефального ствола.

Шкала MoCA (MoCA-тест, Montreal Cognitive Assessment) – инструмент для скрининга когнитивной дисфункции, который включает в себя оценку внимания, речи, памяти, исполнительных функций, визуально-пространственных навыков, знания предметов, ориентации и отсроченного воспроизведения символов. Тест используется для раннего выявления когнитивных нарушений, а также для определения необходимости дальнейшего обследования. При максимально возможном количестве 30 баллов нижней границей нормальных значений является ≥ 23 балла.

Исследуемая популяция

В ретроспективное исследование были включены пациенты с аневризмой восходящей аорты с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола ($n = 259$). Критериями исключения в исследование были: расслоение любого отдела грудной аорты, аневризмы дуги и / или нисходящего отдела аорты, а также аномалии сосудов дуги аорты, кроме аномалии развития брахиоцефального ствола (аберрантная правая подключичная артерия, самостоятельное отхождение позвоночной артерии от дуги аорты, aberrантная левая подключичная артерия в сочетании с правосторонней дугой и другие).

Оперированные пациенты были разделены на две группы в зависимости от анатомии брахиоцефального ствола. Пациенты с нормальной анатомией брахиоцефального ствола составили группу No CILCA ($n = 202$), пациенты с вариантной анатомией брахиоцефального ствола сформировали группу CILCA ($n = 57$). В свою очередь группа CILCA была разделена на подгруппы в зависимости от типа отхождения левой общей сонной артерии от брахиоцефального ствола: 1-й тип CILCA ($n = 29$) и 2-й тип CILCA ($n = 28$).

Для вычисления показателей деформации, размеров грудной аорты и анатомии брахиоцефального ствола всем пациентам выполняли мультиспиральную компьютерную томографию органов грудной клетки с контрастированием. Запись исследования проводили на кардиологической гибридной системе Discovery NM/CT 570C (GE Healthcare), оснащенной рентгеновским компьютерным томографом с 64 рядами детекторов. Для контрастирования грудной аорты использовали йодсодержащее рентгеноконтрастное средство с концентрацией йода 370–400 мг йода/мл в дозе 1 мл/кг со скоростью 4–5,5 мл/с. Сканирование проводили в ретроспективном режиме ЭКГ-синхронизации для последующего реформатирования изображений в 10 фазах сердечного цикла. Параметры записи исследования: напряжение на трубке – 120 кВ, сила тока – 300–600 мА с ЭКГ-модуляцией, скорость вращения трубки – 0,4 с, питч – 0,20–0,22 (в зависимости от частоты сердечных сокращений). Изображения реконструировали по стандартным протоколам с толщиной срезов 0,625 мм. Обработку полученных изображений

проводили на рабочей станции Advantage Workstations 4.3 (GE Healthcare) с последующим измерением размеров всех отделов грудной аорты и построением объемных реконструкций. До и после введения рентгеноконтрастного средства пациентам измеряли артериальное давление по методу Короткова. Для расширенной постпроцессинговой обработки использовали данные систолической (40% фаза сердечного цикла) и диастолической (90% фаза сердечного цикла) фаз.

Всем пациентам, включенным в исследование, было проведено протезирование восходящей аорты («hemiarach»). Во всех случаях операция выполнялась через срединную стернотомию в условиях легкой гипотермии (28–30 °C) и антеградной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол [6]. Антеградную перфузию головного мозга осуществляли с использованием отдельного сосудистого протеза 10 мм, вшитого в брахиоцефальный ствол по типу «конец в бок», с последующим соединением с артериальной магистралью аппарата искусственного кровообращения.

Хирургическая техника проведения антеградной перфузии головного мозга имела особенности в анализируемых группах. Перед началом циркуляторного ареста у пациентов с 1-м типом CILCA отдельно блокировали кровоток в каждой из ветвей дуги аорты, обеспечивая унilaterальную антеградную перфузию головного мозга. У пациентов со 2-м типом CILCA блокировали кровоток отдельно в левой подключичной артерии и накладывали зажим на общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии, осуществляя билатеральную антеградную перфузию головного мозга (рис. 1). По достижении целевой температуры инициировали циркуляторный арест нижней части тела с антеградной перфузией головного мозга. В этих условиях формировали дистальный анастомоз между аортальным протезом и дугой аорты формировали. По завершению анастомоза возобновляли искусственное кровообращение с последующим постепенным согреванием пациента. Проксимальный аортальный анастомоз, а также сочетанные (протезирование аортального клапана, аортокоронарное шунтирование) вмешательства выполняли на этом же этапе операции.

В ходе хирургического вмешательства у всех пациентов регистрировали показатели церебральной оксиметрии правого и левого полушарий (rSO₂, %) на основании значений инфракрасной спектроскопии (NIRS) с использованием аппарата INVOS 5100 (Somanetics, США) на следующих этапах операции: исходное значение, инициация искусственного кровообращения, циркуляторный арест, завершение искусственного кровообращения, окончание операции.

На госпитальном этапе послеоперационного периода регистрировали частоту развития преходящего и постоянного неврологического дефицита у пациентов обеих групп. Кроме этого, у всех пациентов до и после операции оценивали когнитивный статус, используя Монреальскую шкалу оценки когнитивных функций (MoCA-тест) [7]. Тест проводили на следующих этапах: при поступлении в стационар (исходные данные), а также в течение первых двух недель после проведенного хирургического вмешательства.

Статистический анализ проводили с использованием пакета программ STATISTICA 13.3 (США). Нормальность закона распределения количественных показателей про-

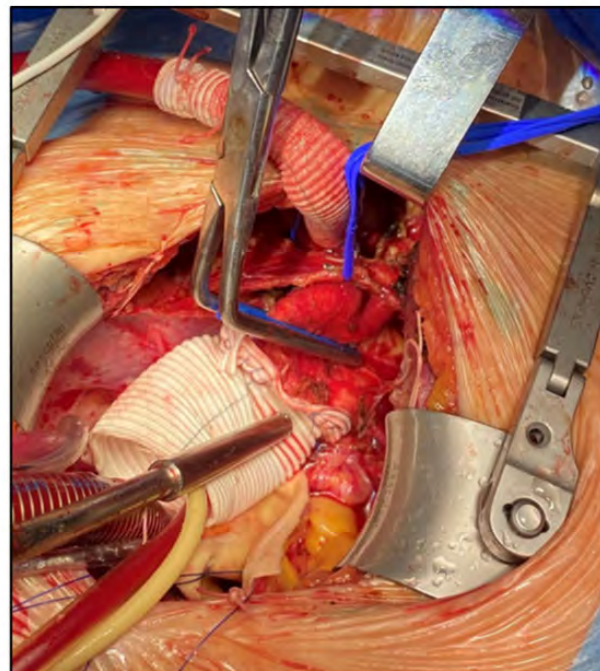
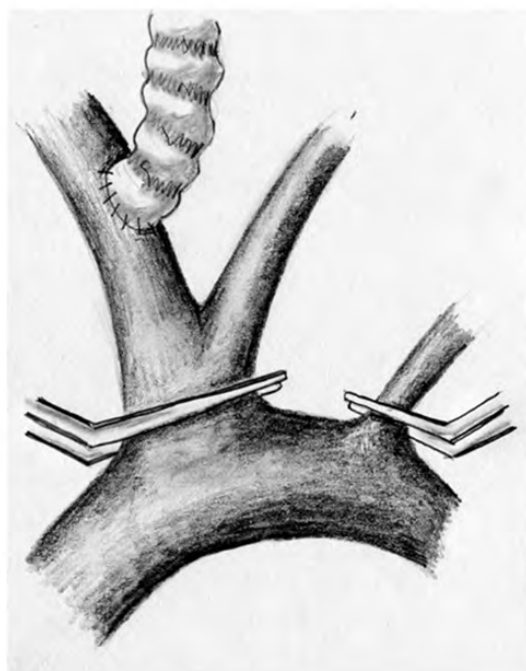


Рис. 1. Антеградная перфузия головного мозга у пациентов со 2-м типом CILCA. Слева – схема проведения церебральной перфузии, справа – интраоперационная фотография

Fig. 1. Antegrade perfusion of the brain in patients with type 2 CILCA. On the left is a diagram of cerebral perfusion, on the right is an intraoperative photograph

веряли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Непрерывные переменные представлены медианой (*Me*) и интерквартильным интервалом (*Q1*; *Q3*). Категориальные переменные представлены абсолютными и относительными (в %) частотами, *n* (%). Межгрупповое сравнение категориальных величин проводили с использованием χ^2 -критерия Пирсона или точного критерия Фишера с поправкой Йейтса. Сравнительный анализ когнитивного статуса пациентов до и после операции выполняли с помощью критерия Уилкоксона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез составлял 0,05.

Исследование выполнено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Медицинская геномика».

Результаты

Анализ церебральной оксигенации

Согласно данным инфракрасной спектроскопии, в группах CILCA и No CILCA средний уровень оксигенации головного мозга на всех этапах операции находился в пределах нормальных значений: в диапазоне от 63 до 72% (рис. 2).

Необходимо отметить, что в группе No CILCA в период циркуляторного ареста уровень церебральной оксигенации левого и правого полушарий составил 67 и 63% соответственно с уровнем межполушарной асимметрии не более 4%. В группе CILCA на аналогичном этапе вмешательства значения оксигенации левого и правого полушарий головного мозга достигли 66 и 62% соответственно. Межполушарная асимметрия в этой группе пациентов также не превышала 4%.

При этом в подгруппах CILCA наблюдалась следующая динамика: при стабильных показателях оксигенации

головного мозга на всех этапах операции в подгруппе 1-го типа CILCA в период циркуляторного ареста межполушарная асимметрия составила 6%, тогда как в подгруппе 2-го типа CILCA достигла лишь 4% порога (рис. 3).

Анализ неврологического статуса

Анализ частоты неврологических осложнений в раннем послеоперационном периоде не выявил статистически значимых различий у пациентов в группах No CILCA и CILCA (табл. 1). Однако стоит отметить, что в группе No CILCA частота развития делириозного состояния была выше относительно пациентов группы CILCA – 8 (3,9%) против 1 (1,7%) случая ($p = 0,414$).

Детальный анализ послеоперационных результатов в подгруппах CILCA выявил некоторые различия в отношении неврологического статуса оперированных пациентов (табл. 2). Так, в подгруппе 2-го типа CILCA отсутствовали эпизоды неврологической дисфункции со стороны головного мозга, в то время как в подгруппе 1-го типа CILCA были диагностированы случаи транзиторной ишемической атаки и делириозного состояния.

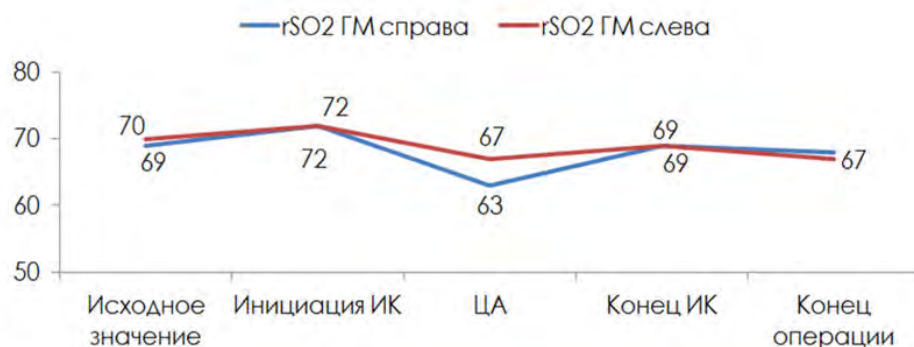
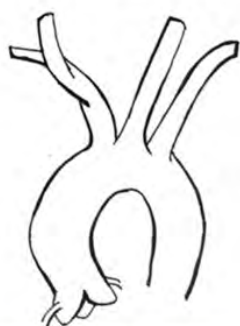
Анализ когнитивного статуса

При дооперационной оценке когнитивной функции сумма баллов у анализируемых пациентов в группе No CILCA составила 24 балла. При этом в группе CILCA этот показатель достиг уровня 26 баллов ($p = 0,49$). В послеоперационном периоде не было отмечено статистически значимых различий по сумме баллов: 25 баллов в группе No CILCA и 23 балла в группе CILCA ($p = 0,11$), рис. 4.

Обсуждение

Перфузионная защита головного мозга до сих пор является краеугольным камнем в вопросах органопroteкции при операциях на грудной аорте [8–10]. Так, уни-

No CILCA



CILCA

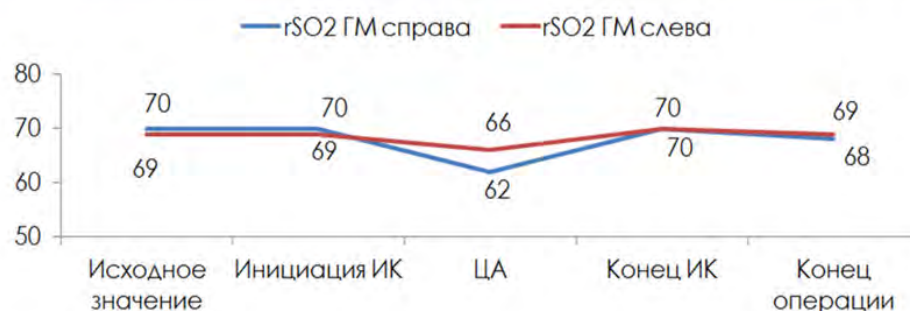
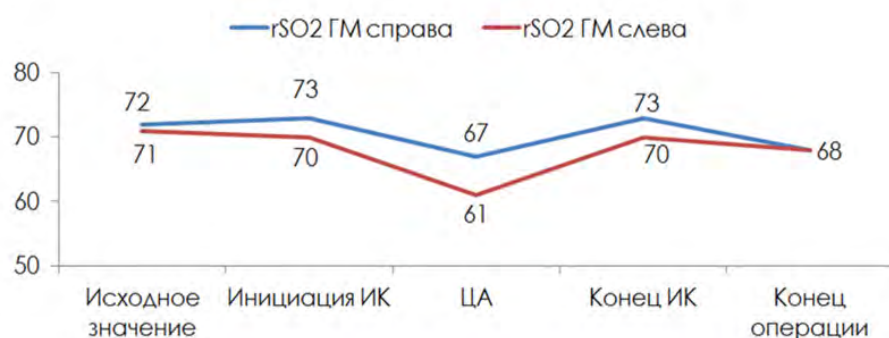


Рис. 2. Показатели церебральной оксиметрии (rSO₂, %) полушарий головного мозга у пациентов в группах No CILCA и CILCA
Примечание: ИК – искусственное кровообращение, ГМ – головной мозг, ЦА – циркуляторный арест (динамика средних значений).
Fig. 2. Indicators of cerebral oximetry (rSO₂, %) of the cerebral hemispheres in patients in the No CILCA and CILCA groups
Note: IR – artificial blood circulation, GM – brain, CA – circulatory arrest (dynamics of averages).

CILCA 1 тип



CILCA 2 тип



Рис. 3. Показатели инфракрасной спектроскопии полушарий головного мозга у пациентов в подгруппах CILCA 1-го типа и CILCA 2-го типа
Примечание: ИК – искусственное кровообращение, ЦА – циркуляторный арест (динамика средних значений).
Fig. 3. Indicators of infrared spectroscopy of the cerebral hemispheres in patients in the CILCA type 1 and CILCA type 2 subgroups
Note: IC – artificial blood circulation, CA – circulatory arrest (dynamics of averages).

Таблица 1. Неврологический статус в раннем послеоперационном периоде у пациентов в группах No CILCA и CILCA**Table 1.** Neurological status in the early postoperative period in patients in the No CILCA and CILCA groups

Показатели	No CILCA, n = 202	CILCA, n = 57	p-value
Инсульт, n (%)	1 (0,49)	0	0,449
Транзиторная ишемическая атака, n (%)	1 (0,49)	1 (1,7)	0,345
Делирий, n (%)	8 (3,9)	1 (1,7)	0,414

Примечание: BF (blood flow) – скорость кровотока, BV (blood volume) – объем кровотока, PS (permeability solution) – проницаемость сосудов, MTT (mean transit time) – среднее время прохождения контрастного вещества, TTP (time to peak) – время до пикового накопления контрастного вещества.

Таблица 2. Неврологический статус в раннем послеоперационном периоде у пациентов в подгруппах 1-го типа CILCA и 2-го типа CILCA**Table 2.** Neurological status in the early postoperative period in patients in subgroups type 1 CILCA and type 2 CILCA

Показатели	1-й тип CILCA, n = 29	2-й тип CILCA, n = 28	p-value
Инсульт, n (%)	0	0	–
Транзиторная ишемическая атака, n (%)	1 (3,4)	0	0,321
Делирий, n (%)	1 (3,4)	0	0,321

Примечание: BF (blood flow) – скорость кровотока, BV (blood volume) – объем кровотока, PS (permeability solution) – проницаемость сосудов, MTT (mean transit time) – среднее время прохождения контрастного вещества, TTP (time to peak) – время до пикового накопления контрастного вещества.

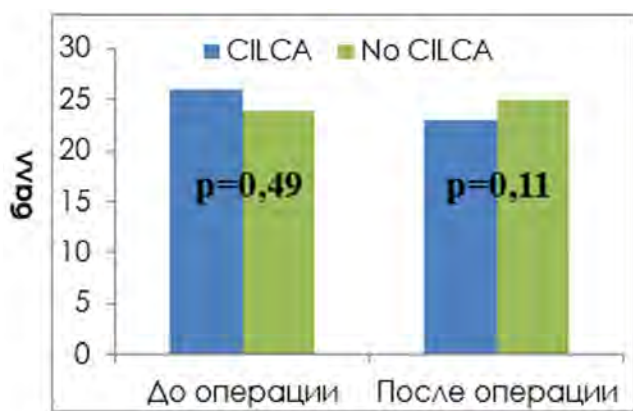


Рис. 4. Когнитивный статус анализируемых пациентов до и после операции (динамика средних величин)

Fig. 4. Cognitive status of the analyzed patients before and after surgery (dynamics of averages)

латеральная антеградная перфузия головного мозга характеризуется сниженным профилем безопасности при длительности редуцированного кровоснабжения головного мозга, превышающей 50 мин. При этом билатеральная антеградная перфузия головного мозга имеет большой запас «прочности», но вместе с тем ассоциируется с высокими рисками левосторонних инсультов, связанных с дополнительными хирургическими манипуляциями на левой общей артерии. Несмотря на приближенность к физиологичному потоку крови при билатеральном варианте перфузии головного мозга, относительно частое левостороннее повреждение головного мозга не позволяет считать данный вариант перфузии высокоэффективным и безопасным [11, 12]. Таким образом, продолжающиеся дебаты относительно вариантов антеградной церебральной перфузии не позволяют вывести этот вопрос из актуальной научной повестки.

Стоит подчеркнуть, что существующий на сегодняшний день взгляд на статус перфузионной церебральной защиты в основном базируется на результатах хирургического лечения пациентов с нормальной анатомией сосудов дуги аорты. Пациенты с вариантной анатомией супрааортальных артерий представляют иную категорию. Наиболее важной особенностью у этой когорты является необходимость изменения стандартных технических приемов при проведении перфузионной защиты головного мозга [13].

Согласно литературным данным, приблизительно в 3% случаев диагностируются аномалии строения и количества супрааортальных сосудов, обусловленных эмбриональными отклонениями, среди которых выделяют следующие: самостоятельное отхождение позвоночной артерии от дуги аорты (5%), arteria lusoria (25%), aberrантная левая подключичная артерия (16%), aberrантная левая подключичная артерия в сочетании с правосторонней дугой (12%). При этом установлено, что наиболее частой аномалией развития супрааортальных сосудов является общее отхождение брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии или, так называемая «бычья дуга» (до 58%) [14–16].

С учетом относительно высокой частоты встречаемости данного анатомического варианта сосудов дуги аорты предприняты попытки классификации этого состояния. Согласно отечественной классификации, выделяют следующие типы CILCA: 1-я группа – общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии с длинным стволом (длина общего ствола более 10 мм); 2-я группа – единое устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии с коротким стволом (длина общего ствола 5–10 мм); 3-я группа – общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии [17]. Применяя классификацию K.F. Layton и соавт., выделяют несколько типов CILCA: брахиоцефальный ствол и левая общая сонная артерия имеют общий ствол (I тип); устье левой общей сонной артерии отходит от брахиоцефального ствола (II тип); брахиоцефальный ствол, левая общая сонная артерия и левая подключичная артерия имеют общий ствол (III тип, истинная «бычья дуга»). Стоит отметить, что согласно наблюдениям, значительных различий по частоте встречаемости между I и II типами не наблюдается.

Проведение билатеральной церебральной перфузии в условиях вариантной анатомии брахиоцефального ствола может стать трудоемкой и небезопасной манипуляцией. С учетом этого важен поиск приемлемого сайта артериальной канюляции для проведения антеградной перфузии головного мозга. В этих условиях канюляция только брахиоцефального ствола может стать оптимальным вариантом для проведения антеградной перфузии головного мозга, имея целый ряд преимуществ перед рекомендованным сайтом артериальной канюляции – правой подключичной / подмышечной артерии: контроль за канюлей в ходе всей операции, адекватное обеспечение

искусственного кровообращения без изменения места канюляции, достоверность показателей перфузионного давления в правой лучевой артерии и адекватная оценка перфузии головного мозга. Основываясь на опубликованных данных о периперационной динамике нейрон-специфической енолазы и когнитивного статуса оперированных пациентов, проведение антеградной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол является эффективной и безопасной процедурой [18]. Другие исследователи также отмечают высокую эффективность и безопасность антеградной перфузии головного мозга, проводимую через брахиоцефальный ствол [19, 20].

В настоящем исследовании также была подтверждена эффективность антеградной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол, в том числе у пациентов с вариантной анатомией этого сосуда. Так, анализируя показатели инфракрасной спектроскопии, полученные в ходе данного исследования, не было отмечено различий в этой группе больных относительно пациентов с нормальной анатомией сосуда в ходе всей операции, что косвенно свидетельствовало об адекватности перфузии головного мозга. Стоит подчеркнуть, что у пациентов подгруппы 2-го типа CILCA показатели межполушарной асимметрии были ниже относительно пациентов подгруппы 1-го типа CILCA, что может указывать на более эффективную церебральную перфузию.

Послеоперационные результаты, включившие оценку неврологического и когнитивного статуса у пациентов обеих групп, также не выявили статистически значимых межгрупповых различий. Однако стоит отметить факт того, что в подгруппе 2-го типа CILCA не было диагностировано ни одного эпизода преходящего или стойкого неврологического дефицита. Это обстоятельство в сочетании с показателями инфракрасной спектроскопии у этой подгруппы пациентов может свидетельствовать о лучшей эффективности перфузии головного мозга. Проводимая билатеральная церебральная перфузия с канюляцией брахиоцефального ствола представляется оптимальным вариантом антеградной перфузии головного мозга у пациентов со 2-м типом CILCA. Такая перфузия имеет все преимущества унилатеральной антеградной перфузии головного мозга без главных недостатков билатерального варианта (т. е. дополнительных манипуляций с левой общей сонной артерией). Важно отметить, что при канюляции брахиоцефального ствола у этой подгруппы пациентов артериальный поток направлен не только антеградно в головной мозг, но и ретроградно – в дугу аорты. Создаваемый гемодинамический барьер в дуге аорты теоретически является препятствием аэро- и материальной эмболии в зону каротидного бассейна при восстановлении сердечной деятельности после снятия аортального зажима. Это является еще одним из возможных объяснений отсутствия неврологических осложнений у этой когорты пациентов.

Таким образом, учитывая полученные данные, канюляция брахиоцефального ствола для проведения антеградной перфузии головного мозга является эффективной техникой даже у пациентов с вариантной анатомией брахиоцефального ствола. Более того, при наличии технической возможности у пациентов с «бычьей дугой» (особенно при 2-м типе CILCA) целесообразно накладывать зажим на общий ствол брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерией с целью проведения билатеральной антеградной перфузии головного мозга.

Ограничения

Одним из главных ограничений исследования является относительно малый объем выборки пациентов и одноцентровый характер исследования.

Выводы

Антеградная перфузия головного мозга через брахиоцефальный ствол при операциях «hemiarch» у пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола не ухудшает когнитивный статус, снижает частоту неврологических осложнений, тем самым данный вид перфузии является безопасным и эффективным.

Литература / References

1. Mazzolai L., Teixido-Tura G., Lanzi S., Boc V., Bossone E., Brodmann M et al. ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases. *Eur. Heart J.* 2024;45(36):3538–3700. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae179>.
2. Isselbacher E.M., Preventza O., Hamilton Black III J., Augoustides J.G., Beck A.W., Bolen M.A. et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022;80(24):e223–e393. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.08.004>.
3. Angeloni E., Melina G., Refice SK, Roscitano A., Capuano F, Comito C, Sinatra R. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral protection during aortic surgery: an updated meta-analysis. *Ann. Thorac. Surg.* 2015;99:2024–2031. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.070>.
4. Piperata A., Watanabe M., Pernot M., Metras A., Kalscheuer G., Avesani M. et al. Unilateral versus bilateral cerebral perfusion during aortic surgery for acute type A aortic dissection: a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2022;61:828–835. doi: 10.1093/ejcts/ezab341.
5. Layton K.F., Kallmes D.F., Cloft H.J., Lindell E.P., Cox V.S. Bovine aortic arch variant in humans: clarification of a common misnomer. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2006;27(7):1541–1542. <https://pubs.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7977516/> (10.07.2025)
6. Panfilov D., Saushkin V., Sazonova S., Kozlov B. Ascending aortic surgery for small aneurysms in men and women. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2023;39(1):e20220179. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2022-0179>.
7. Carson N., Leach L., Murphy K.J. A re-examination of Montreal Cognitive Assessment (MoCA) cutoff scores. *Int. J. Geriatr. Psychiatry.* 2018;33(2):379–388. <https://doi.org/10.1002/gps.4756>.
8. Козлов Б.Н., Пономаренко И.В., Панфилов Д.С. Современный статус проблемы нейротекции в хирургии дуги аорты. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2024;39(2):14–20. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-14-20>.
Kozlov B.N., Ponomarenko I.V., Panfilov D.S. The current status of the neuroprotection problem in aortic arch surgery. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2024;39(2):14–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-14-20>.
9. Чарчян Э.Р., Брешенков Д.Г., Дзеранова А.Н., Панов А.В., Белов Ю.В. Выбор тактики перфузии и канюляции в малоинвазивной хирургии грудной аорты. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2021;14(1):71–79. <http://dx.doi.org/10.17116/kardio2021140171>.
Charchyan E.R., Breshenkov D.G., Dzeranova A.N., Panov A.V., Belov Yu.V. Choice of perfusion and cannulation tactics in minimally invasive thoracic aortic surgery. *Cardiology and cardiovascular surgery.* 2021;14(1):71–79. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17116/kardio2021140171>.
10. 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. <http://dx.doi.org/10.1510/icvts.2008.184184>.
11. Angeloni E., Melina G., Refice S.K., Roscitano A., Capuano F, Comito C. et al. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral protection during aortic surgery: an updated meta-analysis. *Ann. Thorac. Surg.* 2015;99:2024–2031. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.070>.
12. Piperata A., Watanabe M., Pernot M., Metras A., Kalscheuer G., Avesani M. et al. Unilateral versus bilateral cerebral perfusion during aortic surgery for acute type A aortic dissection: a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2022;61:828–835.
13. Kaul P., Javangula K., Ganti S., Balaji S., Sivananthan M., Gough M. et

- al. Continuous selective bilateral antegrade cerebral perfusion through anomalous innominate artery for repair of root, ascending aortic and arch aneurysm –challenges, vagaries and opportunities of bovine arch variant anatomy and review of literature. *Perfusion*. 2009;24(2):121–133. <https://doi.org/10.1177/0267659109106774>.
14. Yousef S., Singh S., Alkukhun A., Alturkmani B., Mori M., Chen J. et al. Variants of the aortic arch in adult general population and their association with thoracic aortic aneurysm disease. *J. Card. Surg.* 2021;36(7):2348–2354. <https://doi.org/10.1111/jocs.15563>.
 15. Marrocco-Trischitta M.M., Alaidroos M., Romarowski R.M., Milani V., Ambrogi F., Secchi F. et al. Aortic arch variant with a common origin of the innominate and left carotid artery as a determinant of thoracic aortic disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2020;57(3):422–427. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz277>.
 16. Açar G., Çiçekcibaş A.E., Uysal E., Koplay M. Anatomical variations of the aortic arch branching pattern using CT angiography: a proposal for a different morphological classification with clinical relevance *Anat. Sci. Int.* 2022;97(1):65–78. <https://doi.org/10.1007/s12565-021-00627-6>.
 17. Шаданов А.А., Сирота Д.А., Берген Т.А., Ляшенко М.М., Чернявский А.М. Анатомическая вариабельность строения дуги и грудного отдела аорты и ее влияние на патологические состояния аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020;24(4):72–82. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-4-72-82>.
 18. Козлов Б.Н., Панфилов Д.С., Березовская М.О., Пономаренко И.В., Афанасьева Н.Л., Максимов А.И. и др. Анализ степени нейронального повреждения и когнитивного статуса после операций на дуге аорты. *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(8):53–58. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-52-58>.
 19. Kozlov B.N., Panfilov D.S., Berezovskaya M.O., Ponomarenko I.V., Afanasyeva N.L., Maksimov A.I. et al. Analysis of the degree of neuronal damage and cognitive status after aortic arch surgery. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(8):53–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-52-58>.
 20. Uchino G., Yunoki K., Sakoda N., Saiki M., Hisamochi K., Yoshida H. Innominate artery cannulation for arterial perfusion during aortic arch surgery. *J. Card. Surg.* 2017;32(2):110–113. <https://doi.org/10.1111/jocs.13091>.
 21. Harky A., Wong C.H.M., Chan J.S.K., Zaki S., Froghi S., Bashir M. Innominate artery cannulation in aortic surgery: A systematic review. *J. Card. Surg.* 2018;33(12):818–825. <https://doi.org/10.1111/jocs.13962>.

Информация о вкладе авторов

Панфилов Д.С., Петракова Е.А. – концепция и дизайн исследования; Петракова Е.А., Афанасьева Н.Л. – сбор и обработка материала, статистическая обработка данных; Петракова Е.А., Панфилов Д.С. – написание текста; Панфилов Д.С., Козлов Б.Н. – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Петракова Е.А. – ответственность за целостность всех частей статьи. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию статьи перед подачей к публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Панфилов Дмитрий Сергеевич, д-р мед. наук, старший научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: pand2006@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2201-350X>.

Петракова Елизавета Анатольевна, аспирант, отделение сердечно-сосудистой хирургии, врач-сердечно-сосудистый хирург, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: lizaveta_petrakova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5912-8752>.

Афанасьева Наталья Леонидовна, канд. мед. наук, младший научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, врач-кардиолог, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: afnatalko@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5471-7566>.

Козлов Борис Николаевич, д-р мед. наук, заведующий отделением сердечно-сосудистой хирургии, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: bnkozlov@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0217-7737>.

Поступила 25.06.2025;
рецензия получена 07.07.2025;
принята к публикации 30.07.2025.

Information on author contributions

Panfilov D.S., Petrakova E.A. – research concept and design; Petrakova E.A., Afanasyeva N.L. – collection and processing of material, statistical data processing; Petrakova E.A., Panfilov D.S. – writing; Panfilov D.S., Kozlov B.N. – editing, approval of the final version of the article; Petrakova E.A. – responsibility for the integrity of all parts of the article. All authors made significant contribution to the research and preparation of the article, read and approved the final version of the article before publication.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Dmitri S. Panfilov, Dr. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: pand2006@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2201-350X>.

Elizaveta A. Petrakova, Graduate Student, Cardiovascular Surgeon, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: lizaveta_petrakova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5912-8752>.

Natalya L. Afanasieva, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Cardiologist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: afnatalko@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5471-7566>.

Boris N. Kozlov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: bnkozlov@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0217-7737>.

Received 25.06.2025;
review received 07.07.2025;
accepted for publication 30.07.2025.