



## Оценка безопасности селективной церебральной перфузии у детей при реконструкции дуги аорты

Ильинов В.Н., Кривошеков Е.В., Гинько В.Е., Киселев В.О., Николишин А.Н., Горохов А.С., Якимова Е.В., Шипулин В.М.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии», 634012, Россия, Томск, ул. Киевская, 111 а  
УДК 616.132.14-089.844:612.824-036.8]-053.2

Поступила в редакцию 8 июня 2015 г. Принята к печати 17 августа 2015 г.

<b>Цель</b>	Оценить безопасность методики антеградной селективной церебральной перфузии (АСЦП) и умеренной гипотермии при реконструкции дуги аорты у детей разных возрастных групп.
<b>Материал и методы</b>	В отделении кардиохирургии № 2 НИИ кардиологии (Томск) прооперировали 25 больных с обструкцией дуги аорты. Пациенты разделены на две группы: в первую группу вошли 13 пациентов до 1 года, во вторую – 12 детей старше 1 года. Всем выполнена реконструкция дуги аорты в условиях АСЦП и умеренной гипотермии. На разных этапах вмешательства пациентам осуществляли заборы венозной крови из верхней и нижней полых вен в целях оценки адекватности перфузии.
<b>Результаты</b>	Летальных исходов, неврологических и ренальных осложнений не наблюдалось. По данным датчиков спектроскопии параинфракрасного диапазона в области головного мозга, снижения сатурации ниже 40% за период реконструкции дуги аорты в обеих группах не зафиксировано. При последующем анализе показателей сатурации венозной крови из полых вен выявлено достоверное отличие между группами среди образцов из нижней полой вены во втором и третьем заборе крови, при этом снижение сатурации менее 40% отмечено только у 6 пациентов второй группы.
<b>Выводы</b>	Используемый температурный режим, а также объемная скорость перфузии позволяет эффективно обеспечить органопротекцию во время вмешательства на дуге аорты у детей разных возрастных групп.
<b>Ключевые слова</b>	Коарктация • Антеградная селективная церебральная перфузия

До недавнего времени одним из основных методов защиты головного мозга при пережатии ветвей дуги аорты считали циркуляторный арест (ЦА) в сочетании с глубокой гипотермией. Основной недостаток ЦА, помимо полной остановки кровообращения на ограниченное время, – глубокая гипотермия, в результате которой развивается гиперкатехоламинемия с последующим риском развития полиорганной недостаточности, а также расстройство коагуляционного гемостаза, особенно у новорожденных детей [1–3]. В 1996 г. Asou и соавт. предложили метод антеградной селективной церебральной перфузии (АСЦП), обеспечивающий непрерывный кровоток в головном мозге, наличие кровообращения в поддиафрагмальных органах, а также возможность выбора температурного режима [4, 5]. В

последующем разные авторы предлагали множество вариантов АСЦП, однако до сих пор нет однозначного мнения относительно выбора оптимального температурного режима и объемной скорости перфузии (ОСП) на этапе АСЦП [4].

Цель исследования: оценить безопасность методики АСЦП и умеренной гипотермии при реконструкции дуги аорты у детей разных возрастных групп.

### Материал и методы

В отделении кардиохирургии № 2 НИИ кардиологии (Томск) с 2014 по 2015 г. прооперировано 25 последовательных пациентов с коарктацией (КоАо) и рекоарктацией аорты в сочетании с гипоплазией дуги. Всем пациентам выполнена реконструкция дуги аорты

в условиях АСЦП и умеренной гипотермии. При наличии сопутствующего врожденного порока сердечно-сосудистой системы (ВПС) также выполняли коррекцию порока. В исследование не включались пациенты с «синими пороками» и гемодинамикой единственного желудочка сердца.

Врожденный порок сердца диагностировали на основании жалоб, анамнеза, объективного осмотра, лабораторных и инструментальных данных. При объективном осмотре градиент давления между верхними и нижними конечностями составил  $45 \pm 14$  мм рт. ст. в обеих группах. Визуализацию дуги аорты осуществляли с помощью ЭхоКГ в сочетании с цветной доплерографией и мультиспиральной компьютерной томографии грудной аортографией.

Пациентов разделили на 2 группы: в первую группу вошли 13 пациентов в возрасте до 1 года, во вторую – 12 детей старше 1 года. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

В рамках предоперационной подготовки всем пациентам с целью контроля адекватности перфузии на этапе реконструкции дуги аорты выполняли катетеризацию правой лучевой артерии и одной из бедренных артерий для проведения прямой манометрии. Для контроля оксиметрии в головном мозге и почках устанавливали датчики спектроскопии параинфракрасного диапазона INVOS 5100C (Somanetics, США) в соответствующем регионе.

Реконструкцию дуги аорты выполняли через срединную стернотомию. Подключение аппарата искусственного кровообращения осуществляли по схеме «аорта – полые вены» или «брахиоцефальный ствол (БЦС) – полые вены» путем канюляции сосудистого протеза, предварительно реплантированного к БЦС. Больного охлаждали до  $28-30$  °С в прямой кишке. На каждой венозной канюле устанавливали переходник с «люером», с которым соединялась инфузионная линия с трехходовым краном. При достижении целевой температуры выполняли первый забор крови для анализа кислотно-щелочного состояния из верхней полой вены (ВПВ) и нижней полой вены (НПВ). Все заборы крови осуществляли строго при пережатых турникетами полых венах. На этапе АСЦП объемную скорость перфузии снижали до 30% от нормативной ( $50-60$  мл/кг · мин). Перед пуском кровотока в нисходящую аорту выполняли второй забор крови. Третий забор крови осуществляли после пуска кровотока в нисходящую аорту и ветви дуги, четвертый – после согревания больного перед этапом деканюляции. Техника операции представлена на рисунке.

После этапа реконструкции дуги аорты при наличии сопутствующего ВПС выполняли коррекцию этого порока. В первой группе 6 пациентам проводили пластику дефекта межпредсердной перегородки (ДМПП), двум из которых выполнены перемещение аберрантной правой подключичной артерии в правую общую сонную и двум пациентам – пластика дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП), одному – пластика митрального клапана и еще одному пациенту открытая комиссуротомия аортального клапана. Во второй группе двум пациентам выполнена пластика ДМПП и одному – перемещение аберрантной правой подключичной артерии в правую общую сонную. Перед отключением АИК всем пациентам проводили модифицированную ультрафильтрацию.

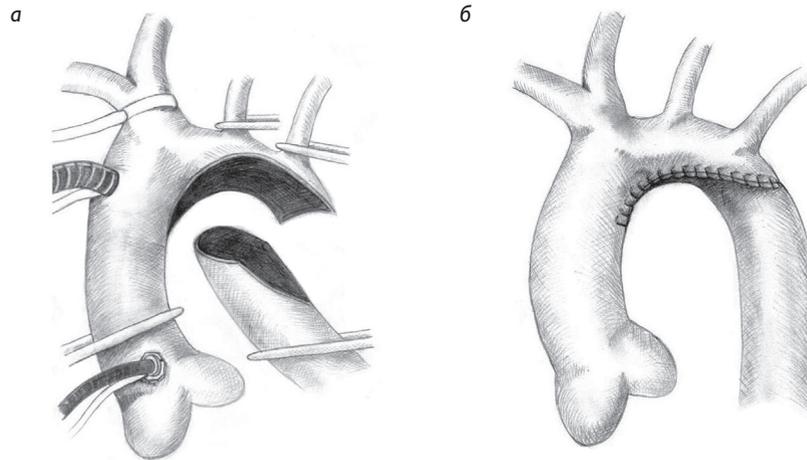
Результаты исследования обрабатывали с помощью программного обеспечения SPSS 17.0. Для статистического анализа показателей использовали непараметрические критерии (для сравнения данных разных групп – критерий Манна – Уитни, для повторных измерений – критерий Вилкоксона). Различия между значениями считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Летальных исходов, неврологических и ренальных осложнений не наблюдалось. Параметры перфузии, а также раннего послеоперационного периода представлены в табл. 2.

По данным датчиков спектроскопии параинфракрасного диапазона, в области головного мозга снижение сатурации ниже 40% за период АСЦП в обеих группах не зафиксировано. Однако отмечено уменьшение почечной сатурации ниже 40% у 3 пациентов первой группы на 2, 11, и 8 мин. На момент второго забора крови значение почечной сатурации по данным датчиков спектроскопии параинфракрасного диапазона восстановилось до нормальных показателей.

При последующем анализе показателей сатурации венозной крови из полых вен выявлено достоверное отличие между группами среди образцов из НПВ во втором и третьем заборе крови, при этом снижение сатурации менее 40% отмечено только у 6 пациентов второй группы. Данные показателей сатурации приведены в табл. 3. В первом заборе крови показатель венозной сатурации в ВПВ выше, чем в НПВ на 3 (2; 13) и 9 (2; 16)% для первой и второй групп соответственно, с учетом того что забор выполняли в условиях гипотермии. В показателях четвертого забора венозная сатурация была выше в НПВ, чем в ВПВ на 9 (1; 21) в первой и 5 (0; 10)% во второй группе.



Реконструкция гипоплазированной дуги аорты нативными тканями: а – на этапе селективной перфузии; б – конечный результат

При достижении целевой температуры  $PO_2$  в артериальной крови составило 303 (286; 365) и 421 (370; 429) мм рт. ст. для первой и второй групп соответственно. Артериовенозная разница  $PO_2$  во втором заборе из ВПВ составила в первой группе 238 (188; 262) и 332 (292; 354) мм рт. ст. во второй,  $p = 0,011$ . Артериовенозная разница  $PO_2$  во втором заборе из НПВ составила 260 (216; 314) и 390 (360; 394) мм рт. ст. для первой и второй групп соответственно,  $p = 0,006$ . Эти данные также свидетельствуют о большем потреблении кислорода тканями у пациентов второй группы.

Наибольшие значения лактата сыворотки выявлены во втором и третьем заборе крови. Показатель лактата в ВПВ во втором заборе 2 (1,5; 2,4) и 1,6 (1,5; 1,8) ммоль/л для 1-й и 2-й групп соответственно. Показатель лактата во втором заборе из НПВ составил в 1-й группе 2,3 (1,9; 3,4) и 2,2 (1,7; 3,8) ммоль/л во 2-й группе. В третьем заборе лактат в ВПВ – 2,6 (1,9; 3,0) и 2,1 (1,8; 2,3) ммоль/л в 1-й и 2-й группах соответственно. Показатели из НПВ в 1-й группе составили 3,1 (2,5; 4,3), во 2-й группе – 3,2 (2,0; 3,3) ммоль/л.

Все пациенты выписаны в удовлетворительном состоянии. Длительность госпитализации составила 11 (8; 12) и 9 (8; 10) дней для первой и второй групп соответственно. При контрольном измерении артериального давления на руках и ногах градиента давления не выявлено.

Используемый температурный режим, а также ОСП обеспечивают эффективную органопroteкцию во время вмешательства на дуге аорты у детей разных возрастных групп. Отсутствие осложнений со стороны внут-

ренних органов у детей 1-й группы на фоне снижения сатурации, по данным датчиков спектроскопии параинфракрасного диапазона, на этапе АСЦП с нормализацией показателей до момента пуска кровотока в нисходящую аорту, подтвержденное данными анализов из полых вен, указывает на достаточный температурный режим. В работе Лу и соавт. при сравнении пациентов, которым выполняли реконструкцию дуги аорты в условиях гипотермии менее  $28^\circ C$  и нормотермии в послеоперационном периоде, достоверных отличий не было, при этом смертность в группе с нормотермией выше на 1,5% [6]. Известно, что при уменьшении центральной венозной сатурации, то есть в верхней полой вене, ниже 40% при сердечно-легочной реанимации ассоциируется со 100% летальностью [7]. В нашем исследовании у пациентов 1-й группы такое снижение венозной сатурации в крови не зафиксировано. Влияние гипотермии на снижение обменных процессов более выражено у маленьких детей, поэтому мы считаем, что  $28-30^\circ C$  – оптимальный температурный режим для этой категории больных [2].

У детей старше 1 года снижение показателей сатурации при спектроскопии параинфракрасного диапазона на этапе АСЦП в головном мозге и почках не зафиксировано, при этом уменьшение венозной сатурации ниже 40% в анализах из НПВ во втором и третьем заборе крови отмечено у 6 пациентов. Это указывает на то, что спектроскопия параинфракрасного диапазона имеет погрешность: прибор измеряет сатурацию на ограниченном участке тканей и не может заменить показатели крови [8, 9].

**Таблица 1** Клиническая характеристика больных по группам

Показатель		1-я группа, %	2-я группа, %
Недостаточность кровообращения	0	23	84
	1	31	8
	2А	46	8
ФК по НУНА	I	23	84
	II	31	8
	III	46	8
Легочная гипертензия	0	23	100
	I	8	—
	II	15	—
	III	54	—
Возраст		1 [0; 5] мес.	8 [4; 12] лет
Вес, кг		4,5 [4,1; 6,4]	25,5 [16,2; 44,3]

**Таблица 2** Параметры перфузии и раннего послеоперационного периода, Ме [Q 25; Q 75]

Показатель	1-я группа	2-я группа	p
Время ИК, мин	83 [75; 90]	75 [65; 8]	0,23
Время окклюзии аорты, мин	34 [30; 36]	25 [25; 36]	0,562
Время АСЦП, мин	25 [20; 27]	23 [23; 34]	0,026
Длительность ИВЛ, мин	180 [140; 510]	100 [75; 137]	0,001
Длительность пребывания в ОАР, сут	5 [1; 5]	≤1	0,002
Диурез в первые сутки после вмешательства, мл/кг · ч	2,5 [2; 3,1]	1,8 [1,2; 2,3]	0,011
Лактат после первых суток, моль/л	1,2 [1,1; 1,6]	1,4 [1,25; 2,6]	0,902
Мочевина после первых суток, ммоль/л	6,6 [6,3; 6,7]	5,9 [4,75; 6,2]	0,021
Объем кровопотери по дренажам, мл/кг · сут	12 [11,9; 12,8]	5,9 [3,7; 8,4]	<0,001

**Таблица 3** Показатели сатурации венозной крови из полых вен, Ме [Q 25; Q 75]

Этап забора крови		1-я группа, %	2-я группа, %	p
1	ВПВ	92 [88; 94]	92 [86; 95]	0,724
	НПВ	87 [80; 91]	81 [79; 85]	0,087
2	ВПВ	92 [87; 96]	90 [88; 95]	0,786
	НПВ	78 [67; 81]	43 [37; 55]	<0,001
3	ВПВ	88 [82; 92]	85 [77; 89]	0,186
	НПВ	75 [68; 87]	58 [52; 66]	0,003
4	ВПВ	75 [67; 86]	80 [76; 82]	0,463
	НПВ	84 [81; 88]	84 [81; 92]	1,00

В литературе появляется все больше публикаций, посвященных реконструктивным вмешательствам на дуге аорты у детей, выполняемым через срединную стернотомию с использованием АСЦП, как более эффективным методам лечения этой категории пациентов [4, 6, 10]. При этом надо отметить, что, по данным Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database, использование искусственного кровообра-

щения у пациентов с КоАо не повышает риск развития летального исхода [10].

Коррекция обструкции дуги аорты доступом через срединную стернотомию в условиях АСЦП и умеренной гипотермии – эффективный, безопасный и легко воспроизводимый способ устранения этой патологии.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов, связанных со статьей.

## Список литературы

1. Kouchoukos N., Blackstone E., Hanley F., Kirklin J. Kirklin/Barratt-Boyes cardiac surgery: morphology, diagnostic criteria, natural history, techniques, results, and indications. 2013. 4th ed. P. 67–132; 1718–1779.
2. Mavrodis C., Backer C. Pediatric Cardiac Surgery. 2013. P. 256–282.
3. Mossad E., Machado S., Apostolakis J. Bleeding Following Deep Hypothermia and Circulatory Arrest in Children // Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2007. Vol. 11. P. 34–46.
4. Fraser C., Andropoulos D. Principles of Antegrade Cerebral Perfusion During Arch Reconstruction in Newborns/Infants // Pediatric Cardiac Surgery Annual. 2008. Vol. 11. № 1. P. 61–68.
5. Asou T., Kado H., Imoto Y., Shiokawa Y., Tominaga R., Kawachi Y., Yasui H. Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates // The Ann. of Thorac. Surg. 1996. Vol. 61. № 5. P. 1546–1548.
6. Ly M., Roubertie F., Belli E., Grollmuss O., Bui M.T., Roussin R., Lebrete E., Capderou A., Serraf A. Continuous Perfusion for Aortic Arch Repair: Hypothermia Versus Normothermia // Ann. Thorac. Surg. 2011. Vol. 92. № 3. P. 942–948.
7. Сметкин А.А., Киров М.Ю. Мониторинг венозной сатурации в арнестезиологии и интенсивной терапии // Общая реаниматология. 2008. Т. 4. № 4. С. 86–90.
8. Li J., Arsdell G., Zhang G. et al. Assessment of the relationship between cerebral and splanchnic oxygen saturations measured by near-infrared spectroscopy and direct measurements of systemic haemodynamic variables and oxygen transport after the Norwood procedure // Heart. 2006. Vol. 92. № 11. P. 1678–1685.
9. McQuillen P., Nishimoto M., Bottrell C., Fineman L., Hamrick S., Glidden D., Azakie A., Adata I., Miller S. Regional and central venous oxygen saturation monitoring following pediatric cardiac surgery: concordance and association with clinical variables // Pediatr. Crit. Care Med. 2007. Vol. 8. № 2. P. 154–160.
10. Ungerleider R., Pasquali S. et al. Contemporary patterns of surgery and outcomes for aortic coarctation: an analysis of the society of thoracic surgeons congenital heart surgery database // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2013. Vol. 145. № 1. P. 1–20.

## Сведения об авторах

**Ильинов Владимир Николаевич** – аспирант отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Кривошеков Евгений Владимирович** – д-р мед. наук, зав. кардиохирургическим отделением, ведущий научный сотрудник отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Гинько Владимир Евгеньевич** – канд. мед. наук, врач-анестезиолог-реаниматолог кардиохирургического отделения ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Киселев Валерий Олегович** – д-р мед. наук, проф., врач-анестезиолог-реаниматолог кардиохирургического отделения ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Николишин Александр Николаевич** – врач-анестезиолог-реаниматолог кардиохирургического отделения ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Горохов Антон Сергеевич** – канд. мед. наук, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Якимова Евгения Валентиновна** – клинический ординатор отделения детской кардиологии ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

**Шипулин Владимир Митрофанович** – д-р мед. наук, проф., руководитель отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» (Томск, Россия)

## Evaluation of safety of selective cerebral perfusion when reconstructing aortic arch in infants

Ilyin V.N.\*, Krivoshekov Ye.V., Ginko V.Ye., Kiselev V.O., Nikolishin A.N., Gorokhov A.S., Yakimova Ye.V., Shipulin V.M.

Research Institute of Cardiology, 111a Kievskaya St., 634012 Tomsk, Russian Federation

\* Corresponding author. Email: ilinov\_86@mail.ru

**Objective.** The purpose of our research was to assess the safety of antegrade selective cerebral perfusion and moderate hypothermy during aortic arch reconstruction in children of different age groups.

**Methods.** 25 patients with aortic arch obstruction were operated at the institute. The patients were divided in 2 groups; group I consisted of 13 patients under 1 year, group II included 12 patients over 1 year. Aortic arch reconstruction under antegrade selective cerebral perfusion and moderate hypothermy was performed in all patients. To assess the adequacy of perfusion, all patients underwent venous blood sampling from the upper and lower vena cava at different stages of intervention.

**Results.** No fatal outcomes, neurological or renal complications were observed in this series of operations. According to the data obtained by near-infrared spectroscopy sensors from the brain, no drop in saturation below 40% was recorded during the entire aortic arch reconstruction. Subsequent analysis of venous blood saturation from the vena cava revealed a significant difference between the two groups among the samples of the inferior vena cava in the second and third blood sampling, while 40% reduction of saturation was noted in only 6 patients of Group II.

**Conclusion.** The temperature conditions used and antegrade selective perfusion flow rate enable us to effectively protect the organs during intervention on the aortic arch in children of different age groups.

**Key words:** coarctation; antegrade selective cerebral perfusion

Received 8 June May 2015. Accepted 17 August 2015.