

А.И. Ким, С.Н. Метлин, Н.А. Ермилова

Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, Москва, Российская Федерация

## Результаты одномоментной коррекции коарктации аорты и интракардиальной патологии у детей первого года жизни

**Цель исследования:** сравнить результаты одномоментной коррекции, выполненной в условиях гипотермического циркуляторного ареста (ГЦА) или селективной церебральной перфузии (СЦП). **Пациенты и методы:** 9 пациентов первого года жизни были прооперированы в НЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева. Всем больным были одномоментно устранены все врожденные пороки сердца (ВПС). В группу 1 (n=4) вошли дети, оперированные с применением ГЦА, в группу 2 (n=5) — больные, коррекция ВПС которым выполнялась в условиях СЦП. **Результаты:** в тридцатидневный срок после операции погиб 1 (25%) пациент в группе 1. Среди осложнений раннего послеоперационного периода зарегистрированы умеренная сердечная и дыхательная недостаточность. Не выявлено значимых различий в частоте возникновения данных осложнений в обеих группах. Отмечена высокая частота рекоарктации аорты (75%) у пациентов, которым реконструкция аорты была выполнена путем анастомоза «конец в конец». 1 пациент (25%) с рекоарктацией был реоперирован на 3-и сут после первичной коррекции, еще 2 (50%) больным рекоарктация аорты была устранена посредством транслюминальной баллонной ангиопластики. В группе 1 отмечена сравнительно высокая (75%) необходимость применения метода пролонгированной открытой стернотомии. **Выводы:** результаты применения методов ГЦА и СЦП схожи по большинству показателей. Обнаружена тенденция к повышенной частоте использования метода пролонгированной открытой стернотомии после операций с применением ГЦА, а также склонность к высокой частоте возникновения рекоарктации аорты после реконструкции аорты путем анастомоза «конец в конец».

**Ключевые слова:** циркуляторный арест, селективная церебральная перфузия, коарктация аорты, одномоментная коррекция, врожденный порок сердца.

(Вестник РАМН. 2014; 5–6: 47–51)

47

### Введение

Тактика хирургического лечения коарктации аорты в сочетании с интракардиальной патологией включает в себя как двухэтапную (2 операции, 2 доступа), так и одномоментную коррекцию. Концепция одномоментного хирургического лечения также неоднородна. Существует возможность использования как двух последовательных хирургических доступов (1 операция, 2 доступа), так и единственного доступа для всех этапов операции (1 операция, 1 доступ).

Одномоментная коррекция коарктации аорты и сопутствующей интракардиальной патологии доступом из срединной стернотомии требует применения специальных

методов проведения искусственного кровообращения, таких как гипотермический циркуляторный арест (ГЦА) или селективная церебральная перфузия (СЦП) на этапе устранения коарктации аорты.

**Цель исследования:** сравнить результаты одномоментной коррекции, выполненной в условиях ГЦА или СЦП.

### Пациенты и методы

#### Участники исследования

9 пациентов первого года жизни с коарктацией аорты и сопутствующей интракардиальной патологией были прооперированы в НЦ сердечно-сосудистой хирургии

A.I. Kim, S.N. Metlin, N.A. Ermilova

Bakoulev Centre for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation

## Outcomes after One-Stage Repair of Coarctation of the Aorta and Combined Intracardiac Lesions in Infants

**Background:** The aim of the study was to compare the outcomes of hypothermic circulatory arrest (GCA) and selective cerebral perfusion (SCP). **Patients and methods:** Nine patients were treated at the Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery. All congenital heart diseases were repaired simultaneously. Group 1 (n=4) included infants who were treated using an HCA, and the patients who underwent repair with the use of SCP were in group 2 (n=5). **Results:** One patient (25%) in group 1 died in the period of thirty days after the repair. Moderate heart failure and respiratory failure occurred postoperatively with no significant difference between two groups. Recoarctation was a frequent (75%) complication after the «end to end» anastomosis creating. One patient (25%) was reoperated on day 3 after the primary repair. Two other patients (50%) were treated by balloon angioplasty. There was relatively high (75%) incidence of a prolonged open sternotomy in group 1. **Conclusion:** There were similar results in HCA and SCP groups. A tendency for frequent prolonged open sternotomy application after HCA surgery as well as occurrence of the recoarctation after «end to end» anastomosis creating was found.

**Key words:** circulatory arrest, selective cerebral perfusion, aortic coarctation, simultaneous repair, congenital heart disease.

(Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk — Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2014; 5–6: 47–51)

им. А.Н. Бакулева (Москва). Всем больным были одномоментно устранены все врожденные пороки сердца (ВПС). В зависимости от использованного метода ограничения кровотока по аорте на этапе ее реконструкции пациентов разделили на 2 группы. В группу 1 ( $n = 4$ ) вошли дети, прооперированные с применением ГЦА, в группу 2 ( $n = 5$ ) — больные, коррекция ВПС которым была выполнена в условиях СЦП. Антропометрические показатели прооперированных представлены в табл. 1.

Все пациенты при поступлении в стационар имели недостаточность кровообращения 2А и 2Б-стадии по классификации Стражеско–Василенко. В качестве базового метода диагностики использовали эхокардиографию. С целью уточнения анатомии ВПС в 44,4% случаев была применена компьютерная томография с контрастированием сосудистого русла, а у 22,2% больных — метод зондирования полостей сердца и ангиокардиография. Данные предоперационного обследования больных представлены в табл. 2.

### Методы исследования

#### Хирургическая техника

Все операции выполнены посредством полной срединной стернотомии. Для подключения аппарата искусственного кровообращения использованы различные способы канюляции магистральных сосудов (табл. 3). У пациентов, которым планировалось проведение СЦП на этапе реконструкции аорты, восходящую аорту канюлировали сразу гибкой канюлей, проксимальнее устья

брахиоцефального ствола (БЦС). Для проведения ГЦА восходящую аорту канюлировали стандартно. В случае использования двух артериальных канюль вторую гибкую канюлю проводили через открытый артериальный проток в нисходящую аорту. Бикавальную канюляцию осуществляли по стандартной методике. Левые отделы сердца дренировали во всех случаях.

Внутрисердечный этап операции в разных случаях выполняли как во время охлаждения пациента (по достижении умеренной гипотермии в 28 °С), так и после реконструкции аорты (см. табл. 3). Перед началом внутрисердечного этапа пережимали полые вены и аорту, выполняли кардиopleгию раствором Custodiol (Германия) из расчета 40 мл/кг массы тела. Пластику дефекта межжелудочковой перегородки выполняли доступом из правого предсердия при помощи ксеноперикардиальной заплаты непрерывным швом.

Для реконструкции аорты применяли один из нижеперечисленных методов ограничения кровотока по аорте.

#### Гипотермический циркуляторный арест

По достижении глубокой гипотермии прекращали искусственное кровообращение, пережимали брахиоцефальные сосуды и нисходящую аорту, извлекали артериальные канюли. Отсекали аортальный конец открытого артериального протока, легочный его конец ушивали. Из нисходящей аорты полностью иссекали дуктальную ткань. Тип анастомоза для восстановления целостности аорты зависел от протяженности коарктации и наличия гипоплазии дистального отдела дуги аорты (см. табл. 3).

Таблица 1. Антропометрические показатели пациентов

Показатель	Группа 1	Группа 2
Возраст, дней (M, min-max)	27 (1–84)	84 (27–128)
Вес, кг (M ± SD)	3,5±0,58	4,3±0,6
BSA (M ± SD)	0,225±0,02	0,266±0,03

Примечание. BSA — площадь поверхности тела. M ± SD (здесь и в табл. 2, 3) — данные представлены в виде средней величины и ее стандартного отклонения.

Таблица 2. Данные предоперационного обследования больных

Показатель	Группа 1	Группа 2
НК 2Б (%)	25	60
КТИ, % (M ± SD)	63±9	66,5±5
ФВ ЛЖ, % (M ± SD)	64±6,2	64±3,4
КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> (M ± SD)	64±19,8	75,8±17,3
ГСД на перешейке Ао, мм рт.ст. (M ± SD)	34,75±23	49,6±15,6
Тубулярная КоАо, %	25	20
Гипоплазия ДДАо, %	50	40
Диаметр ОАП, мм (M ± SD)	4,5±1,8	3,3±1

Примечание. НК 2Б — недостаточность кровообращения 2Б-стадии, КТИ — кардиоторакальный индекс, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, КДО ЛЖ — конечный диастолический объем левого желудочка, ГСД — градиент систолического давления, Ао — аорта, КоАо — коарктация аорты, ДДАо — дистальный отдел дуги аорты, ОАП — открытый артериальный проток.

Таблица 3. Особенности хирургической техники

Характеристика	Группа 1	Группа 2
Биартериальная канюляция, %	50	20
Внутрисердечный этап выполнен в процессе охлаждения, %	100	60
Минимальная температура тела (in rectum), °C (M ± SD)	22,8±0,9	24,2±1,5
<i>Тип аорто-аортального анастомоза</i>		
«Конец в бок», в/Ао - н/Ао, %	75	20
«Конец в бок», ДАо — н/Ао, %	25	0
«Конец в конец», %	0	80

Примечание. в/Ао — восходящая аорта, н/Ао — нисходящая аорта, ДАо — дуга аорты.

По завершении реконструкции аорты снимали зажимы с брахиоцефальных сосудов и нисходящей аорты, аортальную канюлю устанавливали в исходное положение, возобновляли искусственное кровообращение.

#### Селективная церебральная перфузия

По достижении глубокой гипотермии гибкую канюлю из восходящей аорты продвигали в БЦС. При применении биартериальной канюляции канюлю в нисходящей аорте пережимали и извлекали. Объемная скорость перфузии снижалась до 20% исходной, после чего БЦС с канюлей обжимали в турникете. При отсутствии необходимости наложения анастомоза с восходящей аортой реконструкция аорты в ряде случаев (40%) предшествовала внутрисердечному этапу операции. В такой ситуации аортальная канюля оставалась в восходящей аорте, а кровоток по дуге аорты ограничивался сосудистым зажимом, наложенным дистальнее устья БЦС. Реконструкцию аорты осуществляли в описанной выше последовательности. По завершении данного этапа снимали турникеты с брахиоцефальных сосудов и нисходящей аорты, аортальную канюлю перемещали в восходящую аорту, объемная скорость перфузии возвращалась к исходному значению.

#### Статистическая обработка данных

Статистический анализ результатов исследования выполняли с помощью расчета критерия точной вероятности Фишера.

### Результаты

Интраоперационные показатели представлены в табл. 4.

#### Летальность

Летальность в группе пациентов, оперированных с применением метода ГЦА, составила 25%. Причиной смерти на 4-е сут после операции больного с двуточечным левым желудочком и коарктацией аорты послужила острая сердечная недостаточность.

Общая летальность в группе пациентов, оперированных с применением метода СЦП, составила 20%. Однако у пациента, погибшего на 44-е сут после операции, был

диагностирован лептоменингоэнцефалит в послеоперационном периоде. Диссеминация инфекционного агента привела к развитию полиорганной недостаточности и смерти по причине сердечно-легочной недостаточности. Таким образом, единственный смертельный исход во второй группе пациентов следует отнести к нехирургической летальности.

#### Ранний послеоперационный период

Среди выживших пациентов отмечены следующие осложнения раннего послеоперационного периода: умеренная сердечная недостаточность, компенсированная в условиях кардиотонической поддержки, дыхательная недостаточность на фоне пневмонии, ассоциированной с искусственной вентиляцией легких (табл. 5).

#### Хирургические осложнения

1 пациент, прооперированный с применением метода СЦП, был повторно прооперирован по поводу рекоарктации аорты на 3-и сут после первичной коррекции. Среди пациентов первой группы реопераций в период первичной госпитализации не было. Средний градиент систолического давления в области аортального анастомоза составил  $14 \pm 8,7$  и  $17 \pm 5$  мм рт.ст. для группы 1 и 2, соответственно.

#### Отдаленный послеоперационный период

Все пациенты находились под наблюдением после выписки из стационара. Максимальный срок наблюдения составил 12 мес. В группе больных, оперированных с применением метода ГЦА, не отмечено случаев рекоарктации аорты. Однако у 2 (50%) пациентов, коррекция ВПС которым выполнялась с применением метода СЦП, возникла потребность в транслюминальной баллонной ангиопластике рекоарктации аорты. Одному ребенку с градиентом систолического давления 42 мм рт.ст. в области рекоарктации транслюминальная баллонная ангиопластика выполнена через 6 мес после первичной коррекции. Второму пациенту (градиент систолического давления 60 мм рт.ст.) потребовались 2 последовательные процедуры транслюминальной баллонной ангиопластики через 6 и 12 мес после первичной операции. Положительный результат (градиент систолического давления менее 10 мм рт.ст.) был достигнут в обоих случаях.

Таблица 4. Интраоперационные показатели

Показатель	Группа 1	Группа 2
Длительность операции, ч	$4 \pm 0,4$	$4,5 \pm 1,4$
Длительность ИК, мин	$133 \pm 18$	$146 \pm 80$
Длительность п/Ао, мин	$43 \pm 22$	$42 \pm 19$
Длительность ГЦА, мин	$30 \pm 15$	—
Длительность СЦП, мин	—	$28 \pm 9$
Пролонгированная открытая стернотомия, %	75	20

Примечание. ИК — искусственное кровообращение, п/Ао — пережатие аорты, ГЦА — гипотермический циркуляторный арест, СЦП — селективная церебральная перфузия.

Таблица 5. Показатели раннего послеоперационного периода

Показатель	Группа 1	Группа 2
Длительность ИВЛ, ч	$72 \pm 68$	$30 \pm 13$
Койко-дней в ОРИТ, сут	$5,5 \pm 3,5$	$5 \pm 2,8$
Койко-дней п/о, сут	$19 \pm 5$	$16,8 \pm 3,3$
СН, %	33	50
ДН, %	33	0

Примечание. ИВЛ — искусственная вентиляция легких, ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии, п/о — после операции, СН — сердечная недостаточность, ДН — дыхательная недостаточность.

### Обсуждение

Применение метода ГЦА в хирургии ВПС, одним из компонентов которых является обструктивное поражение аорты, обусловило улучшение качества кардиохирургической помощи новорожденным и детям первого года жизни. По мере снижения летальности в этой группе пациентов обнажилась потенциальная угроза развития неврологических осложнений, связанных с применением метода ГЦА. С внедрением в практику метода СЦП было описано снижение частоты возникновения неврологических осложнений в сравнении с методом ГЦА как в клинической практике [1–3], так и в эксперименте [4, 5]. Интерес к методу СЦП возрос с появлением ряда публикаций, посвященных совершенствованию техники СЦП при реконструкции аорты, что позволило снизить длительность ГЦА или же полностью исключить его [6–11].

Asou и соавт. [8] впервые описали 2 варианта хирургической техники проведения СЦП на этапе реконструкции аорты у новорожденных с синдромом гипоплазии левых отделов сердца при операции Норвуда. Авторами была представлена техника перфузии БЦС через артериальную канюлю, установленную в свободный конец сосудистого протеза, используемого для создания модифицированного шунта Блэлока–Тауссиг, после формирования проксимального анастомоза. Вторым вариантом хирургической техники являлась прямая канюляция БЦС тонкостенной металлической канюлей. Ishino и соавт. [10] предложили технику одномоментной коррекции коарктации аорты и дефекта межжелудочковой перегородки с применением метода изолированной перфузии головного мозга и миокарда. Один из вариантов описанного метода подразумевал перфузию БЦС через свободный конец политетрафторэтиленового сосудистого протеза, временно анастомозированного с БЦС. Другой подход, примененный авторами, схож с описанной в настоящем исследовании техникой проведения СЦП, когда кровоток по дуге аорты ограничивали сосудистым зажимом, наложенным дистальнее устья БЦС [10, 12]. Mc Elhinney и соавт. [11] поддержали концепцию непрерывной перфузии верхней части туловища при выполнении модифицированной операции Дамуса–Кея–Стенсела, предпочитая канюляцию устья БЦС использованию модифицированного шунта Блэлока–Тауссиг для перфузии. Некоторые авторы вместе с установкой канюли в свободный конец модифицированного шунта Блэлока–Тауссиг канюлировали и нисходящую грудную аорту на уровне диафрагмы с целью непрерывной перфузии верхней и нижней частей туловища на этапе реконструкции аорты [9, 13, 14]. Pigula и соавт. [7] также применяли технику СЦП через артериальную канюлю, установленную в свободный конец модифицированного шунта Блэлока–Тауссиг на этапе реконструкции аорты. Несмотря на то, что использованная хирургическая техника схожа с описанными выше,

интерес представляет применение в исследовании метода инфракрасной спектроскопии для оценки церебральной перфузии и потребления кислорода нервной тканью в период проведения СЦП [7, 15]. Авторами показано, что величина объемной скорости перфузии 20 мл/кг в мин обеспечивает адекватный церебральный кровоток и потребление кислорода при охлаждении тела пациента до 18 °С.

В настоящем исследовании минимальная температура тела больного на этапе реконструкции аорты составила  $22,8 \pm 0,9$  и  $24,2 \pm 1,5$  °С для групп пациентов, оперированных с применением методов ГЦА и СЦП, соответственно, что существенно превышает аналогичный показатель в литературных источниках [1, 6]. Следует также отметить, что СЦП проводилась при объемной скорости перфузии 0,28 л/мин на 1 м<sup>2</sup>, что в перерасчете на использованные Pigula и соавт. [7] единицы измерения составило 16,8 мл/кг в мин. Отсутствие неврологических осложнений после операции, а также нулевая хирургическая летальность в группе пациентов, оперированных с применением метода СЦП, подтверждают адекватность церебральной циркуляторной поддержки, обеспечиваемой выбранной стратегией канюляции и режимом перфузии.

Сравнительно высокую частоту рекоарктации аорты после операций с использованием метода СЦП с малой долей вероятности можно отнести к недостатку самого метода. Однако такая ситуация может являться следствием неадекватности интраоперационной оценки анатомии дуги аорты, что подтверждается преобладанием в этой группе наименее «агрессивного» варианта реконструкции аорты β анастомоза «конец в конец» (см. табл. 3). И все же небольшое число наблюдений не позволяет говорить о достоверности различий между двумя группами пациентов в частоте возникновения данного осложнения. По этой же причине сравнительно высокая необходимость применения метода пролонгированной открытой стернотомии в группе пациентов, оперированных с использованием ГЦА (см. табл. 4), не является показательной, хотя может трактоваться как недостаток метода ГЦА, который обуславливает развитие выраженного отечного синдрома вследствие повреждения клеточных мембран в период отсутствия кровообращения [5].

### Заключение

Результаты применения методов ГЦА и СЦП у пациентов, которым одномоментно корригированы коарктация аорты и интракардиальная патология, схожи по большинству показателей. Обнаружена тенденция к повышенной частоте использования метода пролонгированной открытой стернотомии после операций с применением ГЦА, а также к высокой частоте возникновения рекоарктации аорты после ее реконструкции путем анастомоза «конец в конец».

### REFERENCES

1. Newburger J.W., Jonas R.A., Wernovsky G. A comparison of the perioperative neurologic effects of hypothermic circulatory arrest versus low-flow cardiopulmonary bypass in infant heart surgery. *N. Engl. J. Med.* 1993; 329: 1057–64.
2. Andropoulos D.B., Easley R.B., Brady K., McKenzie E.D., Heinle J.S., Dickerson H.A. et al. Neurodevelopmental outcomes after regional cerebral perfusion with neuromonitoring for neonatal aortic arch reconstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 2013; 95 (2): 648–655.
3. Kwak J.G., Kim W.H., Kim J.T., Kim I.O., Chae J.H. Changes of brain magnetic resonance imaging findings after congenital aortic arch anomaly repair using regional cerebral perfusion in neonates and young infants. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90 (6): 1996–2000.
4. Wang J., Ginther R.M., Riegel M., Huang R., Sharma M.S., Gulerian K.J. et al. The impact of temperature and pump flow rate during selective cerebral perfusion on regional blood flow in piglets. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 145 (1): 188–195.

5. Sakurada T., Kazui T., Tanaka H., Komatsu S. Comparative experimental study of cerebral protection during aortic arch reconstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1348–1354.
6. Tchervenkov C.I., Chu V.F., Shum-Tim D., Laliberte E., Reyes T.U. Norwood operation without circulatory arrest (a new surgical technique). *Ann. Thorac. Surg.* 2000; 70: 1730–1733.
7. Pigula F.A., Nemoto E.M., Griffith B.P., Siewers R.D. Regional low-flow perfusion provides cerebral circulatory support during neonatal aortic arch reconstruction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 119: 331–339.
8. Asou T., Kado H., Imoto Y. Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1546–1548.
9. Imoto Y., Kado H., Shiokawa Y., Fukae K., Yasui H. Norwood procedure without circulatory arrest. *Ann. Thorac. Surg.* 1999; 68: 559–561.
10. Ishino K., Kawada M., Irie H., Kino K., Sano S. Single-stage repair of aortic coarctation with ventricular septal defect using isolated cerebral and myocardial perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2000; 17: 538–542.
11. McElhinney D.B., Reddy V.M., Silverman N.H., Hanley F.L. Modified Damus–Kaye–Stansel procedure for single ventricle, subaortic stenosis, and arch obstruction in neonates, and infants (midterm results and techniques for avoiding circulatory arrest). *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1997; 114: 718–726.
12. Lim H.G., Kim W.H., Park C.S., Chung E.S., Lee C.H., Lee J.R. et al. Usefulness of regional cerebral perfusion combined with coronary perfusion during one-stage total repair of aortic arch anomaly. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90 (1): 50–57.
13. Бокерия Л.А., Ким А.И., Метлин С.Н. Результаты коррекции дефекта аортолегочной перегородки в сочетании с перерывом дуги аорты у детей первого года жизни. *Детские болезни сердца и сосудов.* 2011; 1: 44–48.
14. Метлин С.Н. Хирургическое лечение дефекта аортолегочной перегородки у новорожденных и детей первого года жизни. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М. 2012: 10–11.
15. Sood E.D., Benzaquen J.S., Davies R.R., Woodford E., Pizarro C. Predictive value of perioperative near-infrared spectroscopy for neurodevelopmental outcomes after cardiac surgery in infancy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 145 (2): 438–445.

FOR CORRESPONDENCE

**Kim Aleksei Ivanovich**, PhD, professor, cardiac surgeon of the Department of Reconstructive Surgery of Newborns and Infants of Clinic for Congenital Heart Diseases of the Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery (Bakoulev CCVS).

**Address:** 135, Rublevskoe Highway, Moscow, RF; **tel.:** +7 (495) 414-76-13, **e-mail:** aikim@bakulev.ru

**Metlin Sergei Nikolaevich**, MD, junior research scientist of the Department of Reconstructive Surgery of Newborns and Infants of Clinic for Congenital Heart Diseases of the Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery (Bakoulev CCVS).

**Address:** 135, Rublevskoe Highway, Moscow, RF; **tel.:** +7 (495) 414-76-15, **e-mail:** snmetlin@bakulev.ru

**Ermilova Nadezhda Anatol'evna**, anesthesiologist the Department of Reconstructive Surgery of Newborns and Infants of Clinic for Congenital Heart Diseases of the Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery (Bakoulev CCVS).

**Address:** 135, Rublevskoe Highway, Moscow, RF; **tel.:** +7 (495) 414-75-08, **e-mail:** naermilova@bakulev.ru