

© Л.А. БОКЕРИЯ, С.В. ГАРМАНОВ, 2013

УДК 616.132.13-007.64-089:612.824

## **ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ АНЕВРИЗМ ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА И ДУГИ АОРТЫ В УСЛОВИЯХ СЕЛЕКТИВНОЙ АНТЕГРАДНОЙ ПЕРФУЗИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

*Л.А. Бокерия\**, *С.В. Гарманов*

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) РАМН, 121552, Москва, Российская Федерация

В статье описаны исторические аспекты хирургии дуги аорты, этапы развития основных методов защиты головного мозга, более подробно выделена антеградная перфузия головного мозга. Проводится анализ результатов основных клинических исследований сравнения эффективности применения той или иной стратегии защиты головного мозга при вмешательстве на дуге аорты. Отдельно рассмотрены варианты унилатеральной перфузии, их эффективность и осложнения. Уделено внимание методам оценки эффективности проводимой защиты головного мозга. На основании литературных данных можно заключить, что антеградная церебральная перфузия обладает рядом преимуществ по сравнению с ретроградной перфузией и циркуляторным арестом в условиях глубокой гипотермии.

**Ключевые слова:** протезирование дуги аорты; антеградная церебральная перфузия; гипотермия.

## **SURGICAL TREATMENT OF ANEURYSMS OF THE ASCENDING AORTA AND AORTIC ARCH WITH THE USE OF SELECTIVE ANTEGRADE CEREBRAL PERFUSION**

*L.A. Bockeria*, *S.V. Garmanov*

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Russian Academy of Medical Sciences, 121552, Moscow, Russian Federation

This article describes the historical aspects of the surgery of the aortic arch, the stages of development of the main methods of cerebral protection. Antegrade perfusion of the brain is highlighted in more detail. Analysis of the results of major clinical studies comparing the effectiveness of the application of a strategy to protect the brain during intervention on the aortic arch is per-

---

\* Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН.  
121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135. E-mail: leoan@heart-house.ru

---

formed. The variants of unilateral perfusion, their activity and complications are discussed separately. Attention is paid to how to assess the effectiveness of the protection of the brain. Based on the literature data it can be concluded that the antegrade cerebral perfusion has a number of advantages compared with retrograde perfusion and circulatory arrest under deep hypothermia.

**Key words:** prosthetic aortic arch; antegrade cerebral perfusion; hypothermia.

Среди оперативных вмешательств на аорте протезирование восходящего отдела и дуги занимает особое место. До настоящего времени подобные операции связаны с высоким риском неврологических осложнений и летального исхода.

Операции одномоментного протезирования восходящего отдела и всей или части дуги аорты составляют от 14 до 50 % от общего числа вмешательств, выполняемых на проксимальной аорте [1–8]. По данным R. Sinatra et al., замена всей дуги или ее части при остром расслоении необходима в 49,4 % случаях [9]. Примерно о такой же частоте вмешательств на дуге сообщили M. Eusano et al.: из 588 пациентов, оперированных на проксимальной аорте, замена дуги выполнена у 352 (59,8 %) [10].

Первые попытки лечения аневризм грудной аорты относятся к концу XIX в., когда описывались методы лечения электричеством; в экспериментальных работах была отмечена возможность протезирования грудной аорты с применением метода бокового обхода. Началом хирургического лечения аневризм аорты считается 1944 г., когда J. Alexander и F. Вугон первыми произвели резекцию мешковидной аневризмы грудной части аорты. В России, так же как и за рубежом, оперативное лечение аневризм аорты до середины 50-х годов прошлого столетия было паллиативным и заключалось в окутывании аневризматического мешка разнообразными тканями. Первая радикальная операция по поводу мешковидной аневризмы дуги аорты была произведена А.Н. Бакулевым в 1952 г., а в 1958 г. Е.Н. Мешалкин впервые применил лавсановый протез для замещения дефекта после резекции части дуги аорты. В 1957 г. M. DeVakey выполнил операцию с использованием временных обходных аорто-аортального и артериальных шунтов.

Полноценное хирургическое лечение аневризм восходящего отдела и дуги аорты стало возможным только после внедрения в клиническую практику метода искусственного кровообращения. В 1957 г. M. DeVakey и D. Cooley впервые заменили дугу аорты трупным аллографтом в условиях искусственного кровообращения и изолированной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол и левую общую сонную артерию [11]. Первоначальный опыт основоположников был неудовлетворительным, 5 из 10 пациентов погибли в первые дни после операции, а в течение года остались в живых только 2. Среди причин высокой летальности сами авторы на первое место ставили не хирургическую технику, а отрицательное воздействие несовершенного аппарата ИК и оксигенатора [12].

В настоящее время техника «открытого» дистального анастомоза с дугой, полное протезирование дуги аорты с дистальным анастомозом по типу конец в конец и операция по методике «хобот слона», предложенная H. Vorst в 1988 г. для лечения больных с обширным поражением торакоабдоминальной аорты, являются основными вариантами реконструкции дуги аорты. Кроме того, в последнее время активно развиваются методы гибридного оперативного лечения.

Одним из важных моментов при протезировании полной дуги является возможность имплантации брахиоцефальных сосудов на единой площадке, что в значительной степени укорачивает длительность операции. В противном случае устья ветвей дуги аорты имплантируют отдельно. Для данного вмешательства идеально подходит многобраншевый протез дуги аорты [13, 14].

При реконструкции восходящего отдела и дуги аорты помимо различных технических вариантов и особенностей необходимо определиться с методикой защиты головного мозга и висцеральных органов. С появлением эры ИК появилась возможность применения гипотермического циркуляторного ареста, ретроградной и антеградной защиты головного мозга.

Интересной в историческом аспекте представляется оригинальная методика при протезировании дуги аорты, предложенная С. W. Pearce в 1969 г. От артериальной магистрали аппарата ИК отходило шесть разнокалиберных канюль: две вводили в плечевые артерии в центральном направлении слева и справа, отдельно проводили канюляцию левой сонной артерии, после вскрытия восходящего отдела аорты двумя канюлями обеспечивали коронарную перфузию, и одной из канюль через общую бедренную артерию осуществляли перфузию брюшной и нисходящей части грудной аорты. Однако столь сложный артериальный контур с большим количеством канюль и магистралей вносил путаницу и приводил к техническим ошибкам, что требовало внедрения новых методов защиты головного мозга [15].

С начала 1970-х гг. гипотермическая остановка кровообращения стала наиболее распространенным методом защиты головного мозга при операциях на дуге аорты, значительно упростив операцию и снизив летальность, в то время как операции с использованием временного наружного шунта сопровождалась летальностью до 80 %, операции в условиях гипотермической остановки сердца — до 40 %, а в условиях искусственного кровообращения с антеградной перфузией мозга ле-

тальность составляла 50 %. L. Svensson et al. обобщили опыт 656 операций с остановкой кровообращения при гипотермии ниже 20 °С и сделали вывод, что частота повреждения мозга зависит от ее продолжительности [16].

И в настоящие дни остановка кровообращения в условиях глубокой гипотермии остается актуальным методом защиты головного мозга. Свидетельством тому является анализ литературных данных, который провел J.A. Eleftheriades. Применяя эту методику на протяжении 10 лет, хирурги выполнили более 400 операций на дуге аорты (среднее время остановки ИК составило 31 мин, а госпитальная летальность – 2,2 %) [7].

Однако значительная летальность при операциях на дуге аорты потребовала изыскания новых путей решения проблемы защиты внутренних органов. В 1975 г. R. Griep et al. после серии экспериментальных исследований существенно улучшили результаты, применяя антеградную перфузию головного мозга (АПГМ) в комбинации с глубокой гипотермией [17]. По данным R. Sinatra et al., такая комбинация методов позволила добиться снижения госпитальной летальности до 14,6 % по сравнению с 36,4 % при использовании только глубокой гипотермии [9].

Стремительное развитие кардиохирургии с применением ИК в 1970–80-х гг. с успехами и одновременно возникающими проблемами и осложнениями способствовало развитию нового метода защиты головного мозга – ретроградной перфузии (РПГМ). Эта методика, первоначально предложенная для профилактики и лечения воздушной эмболии во время ИК, получила распространение при операциях на дуге аорты [8].

Физиологический характер защитных свойств ретроградной перфузии до конца не ясен. Какие части мозга достижимы при ретроградной перфузии? Какая величина потока допустима во избежание отека головного мозга? Сторонники ретроградной перфузии считают, что метод прост, не угрожает операционное поле и предотвращает эмболические осложнения воздухом и атероматозными массами [8]. Однако признаются и некоторые недостатки методики по сравнению с АПГМ, такие как необходимость более длительного ИК для охлаждения и согревания пациента, больший риск возникновения отека головного мозга и послеоперационного делирия.

С 1999 г. с целью уменьшения времени циркуляторного ареста и РПГМ некоторыми кардиохирургами применяется техника «arch-first», когда реконструкция дуги аорты и брахиоцефальных сосудов проводится в первую, а формирование дистального анастомоза с использованием АПГМ – во вторую очередь. Выполняя реконструкцию брахиоцефальных сосудов в первую очередь, японские хирурги добились значительного улучшения ре-

зультатов по сравнению с применением классической методики. Так, полное протезирование дуги аорты с использованием этой методики выполнено у 91 пациента. Циркуляторный арест длился  $31 \pm 9$  мин, время РПГМ составило  $15 \pm 9$  мин, послеоперационное острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) наблюдали у 7 (7,7 %) пациентов, госпитальная летальность составила 4,4 %, пятилетняя выживаемость – 89,1 % [8].

Поскольку данные о применении для защиты головного мозга остановки ИК в условиях глубокой гипотермии и РПГМ были разноречивы, в хирургическом сообществе параллельно развивалась методика селективной антеградной перфузии головного мозга. За последние два десятилетия было описано несколько моделей антеградной перфузии, и все они выполняются по одному принципу, однако имеют три основных различия: уровень гипотермии, температура перфузата во время АПГМ, варианты канюляции церебральных сосудов [6].

Об успешном применении антеградной перфузии с умеренной гипотермией (24–26 °С) впервые сообщили в 1981 г. D.A. Cooley et al. В своей работе они отметили значительное превосходство метода по сравнению с применением глубокой гипотермии: 4 из 5 пациентов хорошо перенесли операцию, когда как в группе с циркуляторным арестом и глубокой гипотермией летальность составила около 50 % [12]. В настоящее время все больше исследователей указывают на безопасное применение умеренной гипотермии в комбинации с антеградной перфузией головного мозга.

Многие хирурги, освоившие технику АПГМ, все еще продолжают использовать глубокую гипотермию. Свой выбор они объясняют лучшей протекцией спинного мозга и висцеральных органов во время циркуляторного ареста. По мнению J. Vachet, подобная методика не оправдана и может приводить к осложнениям, связанным с глубокой гипотермией. По данным A. Saritas et al., циркуляторный арест длительностью до 60 мин при умеренной гипотермии (23–25 °С) не приводит к ишемическим осложнениям в висцеральных органах и спинном мозге [18]. По данным R.C. Cook et al., при сравнении двух групп пациентов, которым выполнено вмешательство на дуге аорты, отличающееся по уровню гипотермии (меньше и больше 22 °С), выявлено, что в системной гипотермии ниже 22 °С нет необходимости. Более того, применение глубокой гипотермии вместе с АПГМ сопровождается более частым развитием транзиторных неврологических осложнений [19]. Так, хирурги из США на основании 412 оперативных вмешательств на дуге аорты пришли к выводу, что умеренная гипотермия не является фактором риска увеличения летальности, развития постоянного или транзиторного неврологического дефицита, почечной недостаточности [20].

В 1986 г. Guilmet et al. предложили технику АПГМ с холодной (10–12 °С) кровяной перфузией головного мозга, в то время как общая температура пациента сохранялась на уровне умеренной гипотермии [6]. Через несколько лет Т. Kazui предложил похожую технику, однако перфузия головного мозга выполнялась с температурой, соответствующей умеренной гипотермии. С тех пор обе техники успешно применяются и имеют хорошие результаты [21].

Многим селективная АПГМ через брахиоцефальные артерии может показаться сложной методикой, требующей соблюдения нескольких условий: наличие интактных БЦА, малотравматичная канюляция артерий. Кроме того, наличие дополнительных магистралей в операционном поле затрудняет работу хирурга. Некоторыми исследователями выявлено, что каротидная канюляция может привести к воздушной или материальной эмболии атероматозными массами [16]. J. Vachet et al. выявили подобные осложнения у 3 пациентов из 249 (1,2 %) и считают, что их достаточно легко избежать, проводя адекватную профилактику воздушной эмболии и удаляя канюли из БЦС, не прекращая перфузии [6]. К тому же в последнее десятилетие получила признание техника канюляции правой подключичной артерии, что позволяет проводить полное ИК, а во время АПГМ необходимо канюлировать только левую общую сонную артерию.

В пользу АПГМ по сравнению с другими методами защиты головного мозга говорят множество исследований. Так, J. Ye et al. провели экспериментальное исследование, в котором сравнили степень повреждения головного мозга во время циркуляторного ареста в условиях глубокой гипотермии, РПГМ и АПГМ. Ими были сделаны выводы, что РПГМ является хорошим методом защиты, однако она не способна предотвратить значимые повреждения нервной ткани, а АПГМ предотвращает ишемические повреждения головного мозга [22]. Т. Sakurada et al. провели сравнительное исследование трех методик и заключили, что РПГМ имеет ряд преимуществ по сравнению с остановкой ИК в условиях глубокой гипотермии, но не обеспечивает достаточный объем кровотока для поддержания функции головного мозга по сравнению с АПГМ [23]. В 1995 г. группа исследователей во главе с С. Filgueras, используя МРТ, сравнили три основные методики защиты головного мозга и пришли к выводу, что только АПГМ сохраняет церебральный метаболизм на достаточном уровне [24]. Не так давно С. Nagl et al. доложили об экспериментальном исследовании, проведенном на свиньях, в котором сравнили холодную АПГМ и циркуляторный арест в условиях глубокой гипотермии. Ими был сделан вывод, что АПГМ сопровождается незначительным нарастанием отека головного мозга, о котором судили по нарастанию интракраниаль-

ного давления, а после перфузии быстрее происходит нейрофизиологическое восстановление. Остановка ИК в условиях глубокой гипотермии вызывает длительный тканевой ацидоз [25]. До настоящего времени не существует рандомизированного контролируемого исследования, сравнивающего эффективность РПГМ, АПГМ и циркуляторного ареста в условиях глубокой гипотермии, однако в последнее десятилетие все больше ретроспективных исследований говорят о преимуществах АПГМ [6, 10, 21, 26–28].

Для того чтобы технически облегчить проведение АПГМ, рядом кардиохирургов было предложено перфузировать только одну из основных брахиоцефальных артерий, что было основано на том, что контралатеральная гемисфера будет перфузироваться через Виллизиев круг. Первые сообщения об унилатеральной перфузии головного мозга при реконструкции дуги аорты появились в 1980-х гг. Так, Frist et al. в 1986 г. доложили о 10 случаях протезирования дуги аорты, используя в качестве защиты головного мозга перфузию через брахиоцефальный ствол или левую общую сонную артерию. Транзиторные неврологические осложнения были незначительными, и ни у кого из пациентов не развился инсульт [28].

При использовании унилатеральной перфузии многими кардиохирургами поднимается вопрос об адекватности перфузии контралатеральной гемисферы. Установлено, что Виллизиев круг анатомически не полностью замкнут у 22–46 % пациентов, по некоторым данным – у 10–15 %, однако отсутствие одной из соединяющих артерий не приводит к гипоперфузии контралатеральной гемисферы. Только в случае, когда отсутствуют обе передние и левая задняя соединительные артерии, возникает потенциальная угроза гипоперфузии лобной доли [6]. По данным А. Hoksbergen et al., при проведении транскраниальной доплерографии данная комбинация была выявлена в 1 случае из 46 [29]. Несмотря на теоретические предпосылки возможной ишемии контралатеральной стороны, в последнее десятилетие появляется все больше исследований успешного применения унилатеральной перфузии, в том числе в экстренных ситуациях и у пожилых пациентов [6, 28, 30, 31].

В 1998 г. Вугне предложил «неселективную» церебральную перфузию через правую подмышечную артерию. На основании его опыта установлено, что унилатеральная перфузия является безопасной, занимает меньше времени и позволяет избежать осложнений, связанных с прямой канюляцией брахиоцефальных артерий. По данным S. Numata et al., при применении унилатеральной антеградной перфузии через правую подмышечную артерию получено небольшое количество неврологических осложнений: транзиторный неврологический дефицит – 5,8 %, постоянный – 0,8 %

случаев) [28]. О. Tasdemir et al. сообщили об очень хороших результатах применения унилатеральной антеградной перфузии через правую подмышечную артерию при температуре 26 °С с объемной скоростью 8–10 мл/кг/мин. В их серии из 104 операций на дуге аорты частота неврологических нарушений составила 1,9 % [31].

Большая группа хирургов отдали предпочтение артериальной перфузии через подключичную артерию [1, 2, 4–6, 18, 29, 31]. Выбор данного метода обоснован относительно большим диаметром артерии и легким доступом. Дискутабельным на сегодняшний день остается вопрос способа канюляции. L. Yilik утверждает, что подшивание к подключичной артерии синтетического протеза с его последующей канюляцией является наиболее безопасным за счет того, что происходит перфузия всей верхней конечности и уменьшается риск травмы артерии [32]. В то же время другие кардиохирурги считают, что прямая канюляция артерии уменьшает время оперативного вмешательства и интраоперационную кровопотерю [1, 2, 4, 5].

Одним из вариантов унилатеральной перфузии при реконструкции дуги аорты является мозговая перфузия через правую плечевую артерию. S.A. Kucuker и M.A. Ozatik сообщают о 181 оперативном вмешательстве с применением данной методики. Госпитальная летальность в исследовании составила 6,6 %, а постоянный и временный неврологический дефицит возникал в 2,2 и 1,6 % случаях соответственно. Несмотря на отличные результаты, авторы указывают на возникновение осложнений, связанных с канюляцией плечевой артерии, у 6 пациентов, и наличие умеренного гемолиза, обусловленного относительно небольшим диаметром канюли (16–18 F) [6].

Ряд авторов сообщают о возможности проведения унилатеральной перфузии через одну из общих сонных артерий. После разреза на шее и выделения артерии протез небольшого диаметра, через который в дальнейшем проводится перфузия головного мозга, подшивается по типу конец в бок. На основании их опыта показана низкая летальность и частота неврологических осложнений при использовании этой методики [6].

По мнению J. Vachet, применение транскраниальной доплерографии для оценки перфузии контралатеральной гемисферы является также необходимым, а в случаях неадекватной перфузии требуется непродолжительная по времени канюляция и левой общей сонной артерии [2, 5, 6].

Не все кардиохирурги отдают предпочтение унилатеральной перфузии. Так, С. Olsson и S. Thelin при сравнении двух групп пациентов с бигемисферальной и унилатеральной перфузиями получили большее число неврологических осложнений во второй группе: 4,7 и 9,3 %. Однако и те, и другие считают, что унилатеральная антеградная перфу-

зия головного мозга с умеренной гипотермией является надежным методом защиты головного мозга как при плановом, так и экстренном вмешательстве на дуге аорты [31].

Актуальной тенденцией в настоящее время является метод, предложенный французскими исследователями. В 2003 г. они выполнили 6 операций по протезированию дуги аорты в условиях нормотермии без циркуляторного ареста. Теоретическими предпосылками послужила цель – избежание осложнений, связанных с гипотермией и остановкой ИК. В исследовании авторы использовали подключение ИК через бедренные артерию и вену. Для перфузии головного мозга канюлировали брахиоцефальный ствол и левую общую сонную артерию, третьим моментом явилось применение ретроградной кардиopleгии. Температура тела поддерживалась на уровне 36–37 °С. В исследовании отсутствовали неврологические осложнения и госпитальная летальность была нулевой. В 2007 г. те же авторы сообщили о 19 подобных операциях, в 2 случаях пациенты погибли. В 2006 г. хирурги из Японии сообщили об успешном протезировании дуги аорты пациентке с синдромом Марфана и беременностью сроком 19 нед в условиях нормотермии без циркуляторного ареста. По мнению авторов, нормотермическая методика является физиологичной, сохраняет ауторегуляцию церебрального кровотока и обеспечивает адекватную перфузию висцеральных органов без увеличения общего периферического сопротивления [33].

Для проведения адекватной защиты головного мозга необходимо поддерживать определенные параметры перфузии. Много исследований было проведено с целью определения оптимальной объемной скорости антеградной перфузии мозга. В норме мозговой кровотока у человека находится в пределах 45–60 мл на 100 г. Экспериментальные исследования показали, что снижение мозгового кровотока до 20 мл на 100 г при нормотермии приводит к обратимым функциональным изменениям, а кровотока менее 8–12 мл на 100 г приводит к развитию инфаркта мозга [27]. Исследования, проведенные Н. Tanaka et al., показали, что безопасной объемной скоростью антеградной перфузии мозга при умеренной гипотермии (25 °С) является скорость, составляющая более 50 % от физиологического мозгового кровотока (10 мл/кг/мин) при поддержании перфузионного давления 30 мм рт. ст. и более [21].

Показатели кислородного метаболизма во время церебральной перфузии имеют большое значение. Степень обеднения кислородом венозной крови является показателем адекватной перфузии. Для мониторинга парциального давления и насыщения венозной крови кислородом возможно использовать как инвазивную, так и неинвазивную методику. Для прямого определения перед опера-

цией катетеризируется луковица венозного синуса и во время перфузии производится забор крови. В последнее время большинством кардиохирургов применяется неинвазивный мониторинг при помощи редокс-оксиметрии.

С клинических позиций в связи с системной гипотермией, церебральной перфузией и циркуляторным арестом значимыми становятся метаболические признаки, поэтому невозможно произвести оценку адекватности перфузии лишь по показателям кислородного баланса. Исходя из этого, анализ уровня кислорода в чаще всего дополняется показателями лактата и глюкозы венозной крови. Уровень метаболитов позволяет адекватно в ранние сроки оценить кислородный метаболизм и выявить возникновение гипоперфузии и гипоксии [4–6, 25, 34].

Так, Van den Berghe придает большое значение повышению уровня глюкозы во время ИК, так как это отражает степень ишемического повреждения внутренних органов во время ИК. В то же время Hill считает, что показатели глюкозы не имеют большого значения, так как нет четкой связи между повышением уровня глюкозы и увеличением количества послеоперационных осложнений [25].

С прогностической целью некоторые кардиохирурги, применяющие тот или иной метод защиты головного мозга, оценивают динамику маркеров нейронального повреждения (протеин S-100 и нейронспецифическая енолаза). Возникновение неврологических и нейропсихологических нарушений сопровождается более выраженным и стойким повышением. Уровень S-100 $\beta$  более 0,5 мкг/л через 2 дня после вмешательства указывает на наличие неврологических осложнений [34].

Нейрофизиологический мониторинг во время ИК получил широкое признание у большинства кардиохирургов. В 1982 г. после создания принципиально нового прибора, открывшего возможность инсонации магистральных внутричерепных ветвей основных брахиоцефальных артерий, резко расширились диагностические возможности доплерографии. С помощью транскраниальной доплерографии (ТКДГ) стала возможной диагностика интракраниальных артерий, до этого времени считавшаяся недоступной для ультразвукового исследования. В качестве предоперационной подготовки при помощи ТКДГ и пробы с пережатием сонной артерии, возможно оценить замкнутость Виллизиева круга, что может быть определяющим в тактике выбора метода перфузии [29].

Есть несколько работ, посвященных изучению адекватности мозговой перфузии во время ИК на основании оценки скорости и характера кровотока по мозговым артериям посредством транскраниальной доплерографии, и имеются лишь единичные работы, в которых изучалась мозговая перфузия при хирургической коррекции расслоений

аорты. Так, Karadeniz и Ozatik успешно применяли ТКДГ средней мозговой артерии для контроля унилатеральной перфузии головного мозга через плечевую артерию. В своих исследованиях авторы не получили достоверной разницы между скоростями по правой и левой среднимозговым артериям [18, 30].

В качестве косвенного параметра ишемии головного мозга во время перфузии рядом исследователей проводится измерение величины ликворного давления, а в экспериментальных работах — прямое измерение внутричерепного давления при помощи инвазивных систем. Увеличение внутричерепного давления и снижение церебральной перфузионного давления свидетельствуют о нарастающей ишемии головного мозга [25].

По заключению большинства современных кардиохирургов, метод АПГМ при хирургии дуги аорты является высокоэффективным в силу своей физиологичности. В качестве альтернативы возможно применение РПГМ и остановки ИК в условиях глубокой гипотермии. Методы нейромониторинга не являются специфичными, направлены на определение различных параметров, и только их совокупность может объективно оценить качество проводимой защиты головного мозга [1, 2, 4–6, 9, 18, 20, 30, 35].

#### Литература

1. Белов Ю.В., Чарчян Э. Р. Технология «полной» защиты головного мозга и внутренних органов в условиях «сухой» аорты при реконструкции дуги аорты. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2008; 3: 83–92.
2. Бокерия Л.А., Русанов Н.И., Малашенков А.И. и др. Хирургическое лечение аневризмы восходящей аорты и дуги. *Анналы хирургии*. 2001; 3: 36–43.
3. Бокерия Л.А., Макаренко В.Н., Юрпольская Л.А. и др. Спиральная компьютерная томография в диагностике аневризм аорты. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2005; 4: 25–31.
4. Бокерия Л.А., Малашенков А.И., Рыгин С.В. и др. Протезирование восходящего отдела аорты и дуги аорты в условиях бигемисферальной перфузии головного мозга при различном уровне гипотермии. *Анналы хирургии*. 2012; 2: 38–45.
5. Малашенков А.И., Русанов Н.И., Быкова В.А. и др. Проблемы защиты головного мозга при операциях на дуге аорты. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2005; 4: 21–5.
6. Bachet J. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Selective antegrade cerebral perfusion. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 389–401.
7. Elefteriades J.A. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Straight DHCA. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 381–7.
8. Ueda Y. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Retrograde cerebral perfusion. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 371–9.
9. Sinatra R., Melina G., Pulitani I. et al. Emergency operation for acute type A aortic dissection: neurologic complications and early mortality. *Ann. Thorac. Surg.* 2001; 71: 33–8.
10. Di Eusanio M., Schepens M. A., Morshuis W. J. et al. Brain protection using antegrade selective cerebral perfusion: a multicenter study. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76: 1181–8.
11. DeBakey M.E., Cooley D.A., Crawford E.S. et al. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch replacement by homograft. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1957; 105: 656–64.
12. Cooley D.A., Ott D. A., Frazier O. H. et al. Surgical treatment of aneurysms of the transverse aortic arch: experience with 25 patients using hypothermic techniques. *Ann. Thorac. Surg.* 1981; 32: 260–72.
13. Белов Ю. В., Чарчян Э. Р., Степаненко А.Б. и др. Протезирование аорты многобраншевым протезом без остановки кровообращения внутренних органов у больной с гигантской расслаив-

- вающей аневризмой восходящего отдела и дуги аорты. Хирургия. 2007;10: 57–9.
14. Чернявский А.М., Альсов С.А., Марченко А.В. и др. Применение многобраншевых протезов в реконструкции дуги аорты при расщелинии аорты I типа по de Bakey. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2006; 3: 116–9.
  15. Pearce C.W., Weichert R.F., del Real R. E. Aneurysms of aortic arch. Simplified technique for excision and prosthetic replacement. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1969; 58: 886–90.
  16. Crawford E.S., Svensson L.G., Coselli J.S. et al. Surgical treatment of aneurysm and/or dissection of the ascending aorta, transverse aortic arch, and ascending aorta and transverse aortic arch. Factors influencing survival in 717 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1989; 98: 659–74.
  17. Griep R. B., Stinson E. B., Hollingsworth J. F. et al. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1975; 70: 1051–63.
  18. Saritas A., Kervan U., Vural K. et al. Visceral protection during moderately hypothermic selective antegrade cerebral perfusion through right brachial artery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 37: 669–76.
  19. Cook R.C., Gao M., Macnab A. J. et al. Aortic arch reconstruction: safety of moderate hypothermia and antegrade cerebral perfusion during systemic circulatory arrest. *J. Card. Surg.* 2006; 21: 158–64.
  20. Leshnow B.G., Myung R.J., Kilgo P.D. et al. Moderate hypothermia and unilateral selective antegrade cerebral perfusion: a contemporary cerebral protection strategy for aortic arch surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90: 547–54.
  21. Kazui T., Yamashita K., Washiyama N. et al. Usefulness of antegrade selective cerebral perfusion during aortic arch operations. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74: 1806–9.
  22. Ye J., Yang J., Del Bigio M. R. et al. Neuronal damage after hypothermic circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion in the pig. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1316–22.
  23. Sakurada T., Kazui T., Tanaka H. et al. Comparative experimental study of cerebral protection during aortic arch reconstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1348–54.
  24. Filgueras C. L., Winsborrow B., Ye J. et al. A 31p-magnetic resonance study of antegrade and retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery in pigs. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110: 55–62.
  25. Hagl C., Khaladj N., Peters S. et al. Hypothermic circulatory arrest with and without cold selective antegrade cerebral perfusion: impact on neurological recovery and tissue metabolism in an acute porcine model. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 26: 73–80.
  26. Bakhtiari F., Dogan S., Zierer A. et al. Antegrade cerebral perfusion for acute type A aortic dissection in 120 consecutive patients. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 85: 465–9.
  27. Harrington D.K., Fragomeni F., Bonser R.S. Cerebral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 83: 799–804.
  28. Numata S., Ogino H., Sasaki H. et al. Total arch replacement using antegrade selective cerebral perfusion with right axillary artery perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2003; 23: 771–5.
  29. Hoksbergen A.W., Majoie C.B., Hulsmans F.J. et al. Assessment of the collateral function of the circle of Willis: three-dimensional time-of-flight MR angiography compared with transcranial color-coded duplex sonography. *Am. J. Neuroradiol.* 2003; 24: 456–62.
  30. Halkos M.E., Kerendi F., Myung R. et al. Selective antegrade cerebral perfusion via right axillary artery cannulation reduces morbidity and mortality after proximal aortic surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138: 1081–9.
  31. Olsson C., Thelin S. Antegrade cerebral perfusion with a simplified technique: unilateral versus bilateral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 81: 868–74.
  32. Yilic L., Emrecan B., Kestelli M. et al. Direct versus side-graft cannulation of the right axillary artery for antegrade cerebral perfusion. *Tex. Heart Inst. J.* 2006; 33: 310–5.
  33. Touati G.D., Marticho P., Farag M. et al. Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2007; 32: 263–8.
  34. Бокерия Л.А., Аракелян В.С., Шаницын И.Н. и др. Клиническое исследование биохимических маркеров ишемии спинного и головного мозга при операциях на грудном и торакоабдоминальном отделах аорты. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2012; 4: 13–8.
  35. Minatoya K., Ogino H., Matsuda H. et al. Evolving selective cerebral perfusion for aortic arch replacement: high flow rate with moderate hypothermic circulatory arrest. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 86: 1827–31.
  36. Bockeria L.A., Makarenko V.N., Yurpol'skaya L.A. et al. Spiral computed tomography in diagnostics of the aortic aneurysm. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk.* 2005; 4: 25–31 (in Russian).
  37. Bockeria L.A., Malashenkov A.I., Rychin S.V. et al. Replacement of the ascending aorta and aortic arch under the condition of bihemispheric cerebral perfusion with the different level of hypothermia. *Annaly Khirurgii.* 2012; 2: 38–45 (in Russian).
  38. Malashenkov A.I., Rusanov N.I., Bykova V.A. et al. Problems of brain protection while operating on the aortic arch. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk.* 2005; 4: 21–5 (in Russian).
  39. Bachet J. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Selective antegrade cerebral perfusion. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 389–401.
  40. Elefteriades J.A. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Straight DHCA. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 381–7.
  41. Ueda Y. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Retrograde cerebral perfusion. *Cardiol. Clin.* 2010; 28: 371–9.
  42. Sinatra R., Melina G., Pulitani I. et al. Emergency operation for acute type A aortic dissection: neurologic complications and early mortality. *Ann. Thorac. Surg.* 2001; 71: 33–8.
  43. Di Eusanio M., Schepens M. A., Morshuis W. J. et al. Brain protection using antegrade selective cerebral perfusion: a multicenter study. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76: 1181–8.
  44. DeBakey M.E., Cooley D.A., Crawford E.S. et al. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch replacement by homograft. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1957; 105: 656–64.
  45. Cooley D.A., Ott D. A., Frazier O. H. et al. Surgical treatment of aneurysms of the transverse aortic arch: experience with 25 patients using hypothermic techniques. *Ann. Thorac. Surg.* 1981; 32: 260–72.
  46. Belov Yu.V., Charchyan E.R., Stepanenko A.B. et al. Replacement of the aorta with the multibranching prosthesis without circulatory arrest of internal organs in a female patient with a giant dissecting aneurysm of the ascending aorta and aortic arch. *Khirurgiya.* 2007; 10: 57–9 (in Russian).
  47. Chernyavskiy A.M., Al'sov S.A., Marchenko A.V. et al. Application of multibranching prostheses in the aortic arch repair in the presence of type I aortic dissection according to DeBakey. *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya.* 2006; 3: 116–9 (in Russian).
  48. Pearce C.W., Weichert R.F., del Real R. E. Aneurysms of aortic arch. Simplified technique for excision and prosthetic replacement. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1969; 58: 886–90.
  49. Crawford E.S., Svensson L.G., Coselli J.S. et al. Surgical treatment of aneurysm and/or dissection of the ascending aorta, transverse aortic arch, and ascending aorta and transverse aortic arch. Factors influencing survival in 717 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1989; 98: 659–74.
  50. Griep R. B., Stinson E. B., Hollingsworth J. F. et al. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1975; 70: 1051–63.
  51. Saritas A., Kervan U., Vural K. et al. Visceral protection during moderately hypothermic selective antegrade cerebral perfusion through right brachial artery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 37: 669–76.
  52. Cook R.C., Gao M., Macnab A. J. et al. Aortic arch reconstruction: safety of moderate hypothermia and antegrade cerebral perfusion during systemic circulatory arrest. *J. Card. Surg.* 2006; 21: 158–64.
  53. Leshnow B.G., Myung R.J., Kilgo P.D. et al. Moderate hypothermia and unilateral selective antegrade cerebral perfusion: a contemporary cerebral protection strategy for aortic arch surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90: 547–54.
  54. Kazui T., Yamashita K., Washiyama N. et al. Usefulness of antegrade selective cerebral perfusion during aortic arch operations. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74: 1806–9.
  55. Ye J., Yang J., Del Bigio M. R. et al. Neuronal damage after hypothermic circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion in the pig. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1316–22.
  56. Sakurada T., Kazui T., Tanaka H. et al. Comparative experimental study of cerebral protection during aortic arch reconstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1348–54.
  57. Filgueras C. L., Winsborrow B., Ye J. et al. A 31p-magnetic resonance study of antegrade and retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery in pigs. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110: 55–62.
  58. Hagl C., Khaladj N., Peters S. et al. Hypothermic circulatory arrest with and without cold selective antegrade cerebral perfusion: impact on neurological recovery and tissue metabolism in an acute porcine model. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 26: 73–80.
  59. Bakhtiari F., Dogan S., Zierer A. et al. Antegrade cerebral perfusion for acute type A aortic dissection in 120 consecutive patients. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 85: 465–9.
  60. Harrington D.K., Fragomeni F., Bonser R.S. Cerebral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 83: 799–804.
  61. Numata S., Ogino H., Sasaki H. et al. Total arch replacement using antegrade selective cerebral perfusion with right axillary artery perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2003; 23: 771–5.

## References

1. Belov Yu.V., Charchyan E.R. Technology of “complete” protection of cerebrum and internal organs in the presence of “dry” aorta when repairing the aortic arch. *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya.* 2008; 3: 83–92 (in Russian).
2. Bockeria L.A., Rusanov N.I., Malashenkov A.I. et al. Surgical treatment of aneurysm of the ascending aorta and the arch. *Annaly Khirurgii.* 2001; 3: 36–43 (in Russian).

29. Hoksbergen A.W., Majoie C.B., Hulsmans F.J. et al. Assessment of the collateral function of the circle of Willis: three-dimensional time-of-flight MR angiography compared with transcranial color-coded duplex sonography. *Am. J. Neuroradiol.* 2003; 24: 456–62.
30. Halkos M.E., Kerendi F., Myung R. et al. Selective antegrade cerebral perfusion via right axillary artery cannulation reduces morbidity and mortality after proximal aortic surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138: 1081–9.
31. Olsson C., Thelin S. Antegrade cerebral perfusion with a simplified technique: unilateral versus bilateral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 81: 868–74.
32. Yilik L., Emreçan B., Kestelli M. et al. Direct versus side-graft cannulation of the right axillary artery for antegrade cerebral perfusion. *Tex. Heart Inst. J.* 2006; 33: 310–5.
33. Touati G.D., Marticho P., Farag M. et al. Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2007; 32: 263–8.
34. Bockeria L.A., Arakelyan V.S., Shchanitsyn I.N. et al. Clinical study of biochemical markers of ischemia of the spinal cord and brain in operations on the thoracic and thoracoabdominal aorta. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika.* 2012; 4: 13–8 (in Russian).
35. Minatoya K., Ogino H., Matsuda H. et al. Evolving selective cerebral perfusion for aortic arch replacement: high flow rate with moderate hypothermic circulatory arrest. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 86: 1827–31.

Поступила 28.05.2013