

## ПЕРФУЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ДУГЕ АОРТЫ

**Моисеев Алексей Александрович**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва  
alexii.moiseev@gmail.com

### PERFUSION METHODS OF CEREBRAL PROTECTION IN AORTIC ARCH SURGERY

**A. Moiseev**

*Summary.* The article is devoted to the methods review for intraoperative cerebral protection during surgical correction of aortic arch pathology. Cerebral protection is a problem of significant clinical importance, because neurological complications are one of the most devastating and lead to prolonged ventilation time and prolonged stay in the intensive care unit. Therefore modern extended surgical corrections of complex aortic pathology demand reliable neuroprotection.

*Keywords:* cerebral protection; cerebral perfusion; circulatory arrest; hypothermia.

*Аннотация.* Статья посвящена обзору современных методов и тенденций развития перфузионной защиты головного мозга при вмешательствах на дуге аорты. Рассмотрение этих методов имеет важное клиническое значение, поскольку неврологические осложнения при кардиохирургических вмешательствах вносят значительный вклад в послеоперационную летальность, ведут к увеличению времени искусственной вентиляции легких и длительности пребывания в отделениях интенсивной терапии. Кроме того, прогресс хирургической техники и техническая возможность выполнять расширенные вмешательства на восходящем отделе и дуге аорты требуют надежных методов защиты головного мозга с целью повышения выживаемости пациентов.

*Ключевые слова:* защита головного мозга; перфузия головного мозга; циркуляторный арест; гипотермия.

### Введение

**Н**а необходимость защиты головного мозга во время кардиохирургических вмешательств обратили внимание в середине прошлого века. В 1953 году De Bakey и Cooley впервые осуществили успешную серию операций протезирования дуги аорты при аневризмах. Последние осуществлялись в условиях искусственного кровообращения с перфузией головного мозга через брахиоцефальный ствол и левую подключичную артерию (1). Первые операции протезирования восходящей аорты при хроническом и остром ее расслоении пришлось на 1962 и 1963 годы соответственно. Летальность при данных вмешательствах в этот период была крайне высокой и достигала 80% (2).

Краеугольным моментом развития защиты головного мозга в хирургии аорты и стало применение Griep в 1970 г. техники выполнения протезирования дуги аорты, базирующейся на использовании глубокой гипотермии (ректальная температура 18С) и циркуляторного

ареста со средней длительностью 43 мин (3). Использование этого метода позволило значительно повысить выживаемость пациентов и снизить частоту неврологических осложнений. Рост количества операций, накопление опыта, совершенствование хирургической техники и анестезиологических протоколов способствовало снижению летальности, однако до настоящего времени летальность при вмешательствах на дуге аорты, в особенности при остром аортальном синдроме остается высокой (4), а неврологические осложнения остаются наиболее опасными в периоперационном периоде и вносят максимальный вклад в летальность (5).

### Гипотермический циркуляторный арест

Системная гипотермия снижает интенсивность метаболизма, что способствует повышению толерантности нейронов к ишемии. Поэтому она стала эффективным элементом висцеральной и церебральной защиты в хирургии грудной аорты. Основу протективного действия

Таблица 1. Классификация гипотермии по Yan с соавт. 2013

Степень гипотермии	Температура ядра тела
Глубочайшая	<14 °С
Глубокая	14,1–20 °С
Умеренная	20,1–28 °С
Легкая	28,1–34 °С

Таблица 2. Длительность безопасного циркуляторного ареста по McCullough с соавт. 1999

Температура	Метаболическая активность головного мозга, % от нормы	Безопасная длительность гипотермического циркуляторного ареста, мин
37 °С	100	5
30 °С	56 (52–60)	9 (8–10)
25 °С	37(33–42)	14 (12–15)
20 °С	24 (21–29)	21 (17–24)
15 °С	16 (13–20)	31 (25–38)
10 °С	11 (8–14)	45 (36–62)

гипотермии составляет уменьшение интенсивности мозгового метаболизма на 6–7% при снижении температуры ядра тела на 1 °С (6).

Степень гипотермии определяется объемом операции и предпочтениями хирурга. В соответствии со степенью снижения метаболизма, Duke E. Cameron с соавт. предложили современную классификацию гипотермии в зависимости от температуры ядра тела, которая приняла свой окончательный внешний вид в консенсусе Yan. (7), (8), отраженном в таблице 1.

Исследуя артериовенозную разницу по кислороду в левой сонной артерии и в луковиче яремной вены, McCullough с соавт. рассчитали метаболическую активность головного мозга по потреблению кислорода (CMRO<sub>2</sub>) и обозначили временные ограничения безопасного времени проведения циркуляторного ареста в зависимости от температурного режима (9). Результаты этих расчетов отражены в таблице 2.

В соответствии с классификацией Yan, выделяют следующие разновидности гипотермии:

#### 1. Глубочайшая гипотермия $\leq 14$ °С

Обеспечивает проведение безопасного гипотермического циркуляторного ареста в течение 30–40 минут (9,10). Вероятность достижения электрофизиологиче-

ского молчания составляет 78–84% (11,12). Снижение потребления кислорода ЦНС составляет 92% (7).

#### 2. Глубокая гипотермия 14,1–20 °С

Данный температурный диапазон обеспечивает безопасность циркуляторного ареста на 20–30 мин, что позволяет выполнять реконструкции объема hemi-arch и open-distal. Электрофизиологическое молчание при 20С достигается у 25% пациентов, а снижение потребления кислорода ЦНС составляет 80% (7,11,12). По данным литературы, данный температурный режим является наиболее часто используемым, поскольку не увеличивает риск почечной и дыхательной недостаточности, а также послеоперационного кровотечения (9).

#### 3. Умеренная 20,1–28 °С и легкая 28,1–34 °С гипотермия.

Данные температурные режимы циркуляторного ареста обеспечивают краткосрочную защиту примерно на 10 минут (8). Электрофизиологического молчания при таком циркуляторном аресте не достигается, несмотря на то, что снижение потребления кислорода головным мозгом составляет 50% (7)

В дальнейших клинических исследованиях было показано, что циркуляторный арест длительностью в 40

минут и более в сочетании с выраженной гипотермией является предиктором развития различных вариантов неврологического дефицита в послеоперационном периоде — как преходящих в виде энцефалопатии, судорог, делирия, так и в виде параличей и парезов (13), а увеличение длительности циркуляторного ареста до 65 мин и более приводит к росту послеоперационной летальности (9).

В современной кардиохирургии гипотермический циркуляторный арест используется для нейропротекции во время вынужденных бесперфузионных этапов вмешательства. Он требует использования выраженной гипотермии (<20С), что ведет к увеличению времени искусственного кровообращения за счет длительных периодов охлаждения и согревания больного. Учитывая запросы современной хирургии аорты, а также то, что безопасная длительность циркуляторного ареста при выраженной гипотермии составляет не более 30 минут, одновременно с циркуляторным арестом требуется применять специальные перфузионные методы нейропротекции.

### Селективная перфузия головного мозга

Первое описание протезирования восходящего отдела и дуги в условиях нормотермической перфузии головного мозга принадлежит М. Дебейки (14). Перфузия обеспечивалась прямой канюляцией сонных артерий, с чем связывают повышенную частоту развития эмболических осложнений.

Рутинно перфузия мозга стала применяться после публикации работы Guilmet, 1975г, в которой была описана концепция холодной селективной перфузии головного мозга. Суть последней заключалась в перфузии головного мозга кровью с температурой 6–12С в сочетании с охлаждением больного до 26С и метода Kazui 1986 гг, предложившего применять перфузию головного мозга в условиях умеренной гипотермии (15,16). Одновременное применение антеградной селективной перфузии головного мозга и гипотермического циркуляторного ареста привело к значительному снижению частоты неврологических осложнений (15,16) и стало общепринятой техникой защиты головного мозга при вмешательствах на дуге аорты.

Большое количество крупных современных исследований говорят в пользу применения селективной антеградной перфузии при протезировании дуги аорты. Так, Urbanski с соавт. проводя унилатеральную селективную перфузию головного мозга с температурой перфузата 28С и температурой циркуляторного ареста нижней части туловища в диапазоне 28–32С, получили госпи-

тальную летальность 5%, а доля пациентов, перенесших периоперационный инсульт, составила 3% (17).

Методика проведения антеградной селективной перфузии головного мозга в настоящее время стандартизирована и заключается в дополнении обычного контура аппарата искусственного кровообращения дополнительной артериальной магистралью с отдельным насосом для перфузии мозга. Используют один и тот же теплообменник, так как перфузия головного мозга проводится при той же температуре, что и перфузия нижней половины тела.

В случае унилатеральной селективной антеградной перфузии, выполняют канюляцию подмышечной или подключичной артерии, либо брахиоцефального ствола. При проведении билатеральной перфузии дополнительно канюлируют левую общую сонную артерию (18). Левую подключичную артерию чаще всего не перфузируют, поэтому для профилактики стил-синдрома и развития ишемии вертебробазиллярного бассейна, артерию пережимают в области устья (19).

В современной литературе активно обсуждается вопрос техники канюляции правой подключичной артерии. Сравниваются техники прямой канюляции артерии и канюляции подшитого к артерии конец-в-бок 8-мм сосудистого протеза.

В исследовании Yilik с соавт. (20) в группе прямой канюляции отмечено значительно большее количество транзиторных неврологических дефицитов, и местных осложнений канюляции. Авторами отмечено, что при проведении антеградной перфузии головного мозга значительными преимуществами обладает именно канюляция в протез, поскольку:

Предотвращает нарушение перфузии мозга через позвоночную артерию и общую сонную артерии, которые могут возникнуть при прямой канюляции, обеспечивает кровообращение в верхней конечности (20,21).

Предотвращает травму и расслоение подключичной или подмышечной артерии, особенно при их малом диаметре, а также стенозы этих артерий после ушивания артериотомий.

Обеспечивает возможность прямого измерения давления в правой лучевой артерии для мониторинга селективной перфузии мозга, тем самым предотвращая возможную гиперперфузию и нежелательное превышение давления перфузии.

Пережатие и прошивание сосудистого протеза является простой в техническом отношении манипуляцией.

Поэтому введение протамина может быть произведено до закрытия артериотомии и, тем самым, может быть снижен объем кровопотери.

Величина оптимального потока при проведении селективной перфузии до конца точно не определена. Большинство авторов использует потоки в 8–12 мл/кг/мин, что примерно соответствует давлению в 30–50 мм рт.ст. в правой сонной артерии (22–24).

Помимо величины оптимального потока церебральной перфузии, разногласия существуют в использовании унилатеральной и билатеральной перфузии головного мозга. Потенциальными ограничениями для проведения унилатеральной перфузии головного мозга являются стенозы сонных артерий, острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, разомкнутый Виллизиев круг. Однако у пациентов без существенной патологии супраортальных и церебральных сосудов она в крупных исследованиях доказала свою безопасность в сравнении с билатеральной перфузией. Например, в исследовании Leshpower с соавт., используя унилатеральную селективную перфузию головного мозга, с температурой перфузата 16С и температурой циркуляторного ареста 26С при длительности последнего 30±15 мин, получена 7-ми процентная летальность. Частота транзиторных и постоянных неврологических дефицитов составила 5,1% и 3,6% соответственно (25). В еще одном, ранее выше упомянутом исследовании Urbanski с соавт. при унилатеральной селективной перфузии головного мозга с температурой перфузата 28С и температурой циркуляторного ареста нижней части туловища в диапазоне 28–32С, получили госпитальную летальность 5%, а доля пациентов, перенесших периоперационный инсульт составила 3% (17). Время циркуляторного ареста в его исследовании составило 36±19 минут.

Крупные мета-анализы показывают, что результаты унилатеральной и билатеральной перфузии сравнимы в плане послеоперационной летальности, транзиторных и постоянных неврологических дефицитов, однако только в том случае, если время антеградной перфузии составляет не более 30–40 минут. При длительных циркуляторных арестах доказана более высокая эффективность билатеральной перфузии (26,27).

### Дистальная перфузия

Перфузия нижней половины тела была предложена Дебейки в 1957г (14) и в крупном исследовании Estrera с соавт. показала свою эффективность при лечении торако-абдоминальных аневризм (28). В дальнейшем как антеградная, так и ретроградная дистальная перфузия нисходящей аорты были успешно применены при протезировании дуги аорты. В исследовании Della Corte и соавт.

(202 пациента) эти варианты перфузии, примененные совместно с селективной антеградной перфузией головного мозга, сравнивались с протезированием дуги аорты в условиях гипотермического циркуляторного ареста и антеградной селективной перфузии мозга. В обоих случаях применялась умеренная гипотермия 22–26С. Несмотря на отсутствие различий летальности и периоперационных нарушений мозгового кровообращения в контрольных группах, в группе с перфузией было отмечено значительное снижение частоты дыхательной (18,2% против 30,5%) и почечной недостаточности (6,5% против 18,6%), а также меньшее времени искусственной вентиляции легких в послеоперационном периоде (18ч против 58ч в группе без дистальной перфузии), пребывания в отделении реанимации и продолжительности госпитализации (29). Схожие результаты были получены Touati с соавт. в исследовании сочетанного применения селективной антеградной нормотермической перфузии головного мозга и дистальной нормотермической перфузии нисходящей артерии через бедренную артерию при протезировании дуги аорты. При анализе меньшей выборки летальность составила 6,8%, а время ИВЛ 4–16ч. Регистрировалось также отсутствие транзиторных и постоянных неврологических нарушений, почечной и печеночной недостаточности, коагулопатии (30). Таким образом, дистальная перфузия показала свою эффективность в профилактике ишемического повреждения висцеральных органов при выполнении длительных и объемных реконструкций (31). Риск материальной и воздушной эмболии оценивался как низкий, поскольку ретроградная перфузия велась при окклюзированном баллоном или пережатом перешейке аорты и только во время выполнения дистального анастомоза (30).

### Выводы

При использовании селективной перфузии головного мозга и глубокого гипотермического циркуляторного ареста достигнуты удовлетворительные результаты протезирования дуги аорты.

Анализ проведенных крупными центрами исследований показывает постепенное смещение выбираемой температуры циркуляторного ареста в сторону диапазона умеренной и легкой гипотермии, хотя временные ограничения умеренной гипотермии также убедительно показаны в крупных исследованиях и обусловлены ростом летальности при длительных циркуляторных арестах. Учитывая разнящиеся результаты исследований, рекомендации экспертных сообществ по вопросу выбора температуры циркуляторного ареста окончательно пока не выработаны.

Таким образом, селективную антеградную перфузию головного мозга в условиях выбранного в зависимости от сложности реконструкции температурного режима

с возможным дополнением ее ретроградной перфузией через бедренную артерию можно в настоящее время считать золотым стандартом защиты головного мозга и висцеральных органов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование исследования за счет средств автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Bakey ME, Cooley DA. Successful resection of aneurysm of thoracic aorta and replacement by graft. *J Am Med Assoc. United States*; 1953 Jun;152(8):673–6.
2. Константинов Б. А., Белов Ю. А., Кузнецhevский Ф. В. Аневризмы восходящего отдела и дуги аорты. -М.: АСТ: Астрель; 2006. [Konstantinov BA, Belov UV, Kuznechevskii FV. Aneurizmy voshodyashogo otdela i dugi aorty. Moscow: AST: Astrel; 2006. (In Russ.)]
3. Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975;70(6):1051–1063.
4. Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, Bruckman D, Karavite DJ, Russman PL, et al. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD) New Insights Into an Old Disease. *JAMA.* 2000;283(7):897–903.
5. Misfeld M, Leontyev S, Borger MA, Gindensperger O, Lehmann S, Legare J-F, et al. What is the best strategy for brain protection in patients undergoing aortic arch surgery? A single center experience of 636 patients. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2012 May;93(5):1502–8.
6. Luehr M, Bachet J, Mohr F-W, Etz CD. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2014 Jan;45(1):27–39.
7. Baumgartner WA, Owens SG, Cameron DE, Reitz BA. *The Johns Hopkins Manual of Cardiac Surgical Care.* St. Louis: Mosby; 1994.
8. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg. China*; 2013 Mar;2(2):163–8.
9. McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 1999 Jun;67(6):1821–95.
10. Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Raskin S, Shenaq SA, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest. Determinants of stroke and early mortality in 656 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 1993 Jul;106(1):19–31.
11. Stecker MM, Cheung AT, Pochettino A, Kent GP, Patterson T, Weiss SJ, et al. Deep hypothermic circulatory arrest: I. Effects of cooling on electroencephalogram and evoked potentials. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2001 Jan;71(1):14–21.
12. James ML, Andersen ND, Swaminathan M, Phillips-Bute B, Hanna JM, Smigla GR, et al. Predictors of electrocerebral inactivity with deep hypothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Mar;147(3):1002–7.
13. Reich DL, Uysal S, Sliwinski M, Ergin MA, Kahn RA, Konstadt SN, et al. Neuropsychologic outcome after deep hypothermic circulatory arrest in adults. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 1999 Jan;117(1):156–63.
14. De Bakey ME, Crawford ES, Cooley DA, Morris GCJ. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft. *Surg Gynecol Obstet. United States*; 1957 Dec;105(6):657–64.
15. Guilmet D, Roux PM, Bachet J, Goudot B, Tawil N, Diaz F. [A new technic of cerebral protection. Surgery of the aortic arch]. *Presse Med. France*; 1986 Jun;15(23):1096–8.
16. Kazui T. [Update in surgical management of aneurysms of the thoracic aorta]. *Rinsho Kyobu Geka. Japan*; 1986 Feb;6(1):7–15.
17. Zierer A, El-Sayed Ahmad A, Papadopoulos N, Moritz A, Diegeler A, Urbanski PP. Selective antegrade cerebral perfusion and mild (28 degrees C–30 degrees C) systemic hypothermic circulatory arrest for aortic arch replacement: results from 1002 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 2012 Nov;144(5):1042–9.
18. Cohn L. *Cardiac Surgery in the Adult.* McGraw-Hill. New York; 2008.
19. Бокерия ЛА, Аракелян ВС. Хирургия аневризм дуги аорты. — М.: НЦССХ им. Бакулева, 2013. [Bokeriya LA, Arakelyan VS. Chirurgiya anevrism dugi aorty. Moscow: NCSH im. Bakuleva; 2013 (in Russ.)]
20. Yilik L, Emrecan B, Kestelli M, Ozsoyler I, Lafci B, Yakut N, et al. Direct versus side-graft cannulation of the right axillary artery for antegrade cerebral perfusion. *Texas Hear Inst J.* 2006;33(3):310–5.
21. Yavuz S, Goncu MT, Turk T. Axillary artery cannulation for arterial inflow in patients with acute dissection of the ascending aorta. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2002 Aug;22(2):313–5.
22. Harrington DK, Fragomeni F, Bonser RS. Cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2007 Feb;83(2): S799–804; discussion S824–31.
23. Bachet J. Re: Selective cerebral perfusion using moderate flow in complex cardiac surgery provides sufficient neuroprotection. Are children young adults? *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2012 Oct;42(4):710–1.
24. Misfeld M, Mohr FW, Etz CD. Best strategy for cerebral protection in arch surgery — antegrade selective cerebral perfusion and adequate hypothermia. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(3):331–8.
25. Leshnower BG, Myung RJ, Kilgo PD, Vassiliades TA, Vega JD, Thourani VH, et al. Moderate hypothermia and unilateral selective antegrade cerebral perfusion: a contemporary cerebral protection strategy for aortic arch surgery. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2010 Aug;90(2):547–54.
26. Malvindi PG, Scarscia G, Vitale N. Is unilateral antegrade cerebral perfusion equivalent to bilateral cerebral perfusion for patients undergoing aortic arch surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg. England*; 2008 Oct;7(5):891–7.
27. Angeloni E, Benedetto U, Takkenberg JJM, Stigliano I, Roscitano A, Melina G, et al. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral protection during circulatory arrest in aortic surgery: a meta-analysis of 5100 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 2014 Jan;147(1):60–7.

28. Estreza AL, Miller CC3rd, Chen EP, Meada R, Torres RH, Porat EE, et al. Descending thoracic aortic aneurysm repair: 12-year experience using distal aortic perfusion and cerebrospinal fluid drainage. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2005 Oct;80(4):1290–6; discussion 1296.
29. Della Corte A, Scardone M, Romano G, Amarelli C, Biondi A, De Santo LS, et al. Aortic arch surgery: thoracoabdominal perfusion during antegrade cerebral perfusion may reduce postoperative morbidity. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2006 Apr;81(4):1358–64.
30. Touati GD, Marticho P, Farag M, Carmi D, Szymanski C, Barry M, et al. Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2007 Aug;32(2):263–8; discussion 268.
31. Nappi G, Maresca L, Torella M, Cotrufo M. Body perfusion in surgery of the aortic arch. *Texas Hear Inst J. United States*; 2007;34(1):23–9.

© Моисеев Алексей Александрович ( alexi.moiseev@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

