

## Реконструктивные вмешательства на дуге аорты при хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты

© Гордеев М.Л., Успенский В.Е., Баканов А.Ю., Волков В.В., Ибрагимов А.Н., Щербинин Т.С., Иртюга О.Б., Наймушин А.В.

Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России, 197341, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 6 октября 2016 г. Принята 24 ноября 2016 г.

Для корреспонденции: Успенский Владимир Евгеньевич, vladimiruspenskiy@gmail.com

### Цель

Анализ непосредственных результатов реконструкции дуги аорты при «открытом» хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты, сравнение методов защиты головного мозга при данных вмешательствах и поиск предикторов осложнений.

### Методы

В исследование включили 84 пациента (средний возраст  $55,5 \pm 11,5$  года, 61 (72,6%) мужчина) с аневризмами и расслоениями аорты типа А (по Stanford) с вовлечением ее дуги, последовательно оперированных с января 2013 г. по март 2015 г. Пациентов разделили на 3 группы: 1 — аневризма восходящего отдела аорты с расширением грудной аорты на уровне устья брахиоцефального ствола и/или дуги аорты  $\geq 4$  см ( $n = 41$ ); 2 — острое расслоение типа А (по Stanford) с распространением на дугу аорты ( $n = 25$ ); 3 — хроническое расслоение аорты типа А с вовлечением дуги аорты ( $n = 18$ ). Значительных различий между группами не наблюдали. Средние показатели максимальных диаметров восходящей аорты между группами 1, 2 и 3 значимо не различались и составили соответственно 59,6, 58,4 и 62,4 мм. В группе 2 на фоне острого расслоения аорты наблюдали в 3 случаях острую сердечную недостаточность, в 6 — острый инфаркт миокарда, в 3 — острое нарушение мозгового кровообращения. В первой группе отмечали более высокие значения градиента давления на аортальном клапане по сравнению с группами 2 и 3 (среднее значение максимального градиента 43,5, 8,1 и 12,4 мм рт. ст. соответственно). Риск вмешательства по шкале EuroSCORE в группах 1, 2 и 3 составил в среднем 9,4, 17,7 и 5,8% соответственно.

### Результаты

Госпитальная летальность составила 1,2%: вследствие мультиорганной недостаточности погиб 1 пациент, оперированный на фоне острого расслоения восходящей аорты с переходом на брахиоцефальный ствол, осложнившегося острым нарушением мозгового кровообращения. Операции у пациентов с острыми расслоениями аорты отличались большей длительностью искусственного кровообращения, аноксии миокарда, однако статистически значимо различались общая продолжительность операций и длительность циркуляторного ареста между группами 1 и 2. В группах больных с диссекциями аорты наблюдали увеличение длительности инотропной поддержки, искусственной вентиляции легких, общей продолжительности пребывания в реанимационном отделении, а также повышенную частоту неврологических нарушений, по сравнению с пациентами, не имевшими расслоения аорты. Выявлены корреляционные связи экстренного характера вмешательства и расслоения восходящего отдела аорты, дуги, нисходящего отдела аорты и брахиоцефальных артерий, с более тяжелым течением госпитального периода, повышенной потребностью в инотропной поддержке и продленным пребыванием пациентов в реанимационном отделении.

### Выводы

Коррекция расширения дуги аорты по типу hemiarch при вмешательстве на восходящем отделе аорты является эффективным и безопасным методом лечения аневризм и расслоений восходящего отдела аорты, распространяющихся на дугу аорты. Унилатеральная антеградная церебральная перфузия с одномоментным пережатием контралатеральной общей сонной артерии эффективно защищает головной мозг в условиях умеренной гипотермии и длительности циркуляторного ареста не менее 30–40 мин. Прогностически неблагоприятными факторами являются экстренный характер операции, расслоение восходящего отдела аорты, дуги и нисходящего отдела грудной аорты, длительное искусственное кровообращение и аноксия миокарда, а также неиспользование аксиллярной артерии в качестве точки артериальной канюляции.

### Ключевые слова

Аорта • Дуга • Аневризма • Расслоение • Нарушение мозгового кровообращения

**Как цитировать:** Гордеев М.Л., Успенский В.Е., Баканов А.Ю., Волков В.В., Ибрагимов А.Н., Щербинин Т.С., Иртюга О.Б., Наймушин А.В. Реконструктивные вмешательства на дуге аорты при хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016;20(4):45-57. <http://dx.doi.org/10.21688-1681-3472-2016-4-45-57>



## Введение

Аневризмы и расслоения грудной аорты относятся к серьезным жизнеугрожающим заболеваниям. Встречаемость аневризм грудной аорты — 6–10 случаев на 100 тыс. человек в год [1]. Естественным исходом этого заболевания является расслоение и разрыв аорты [2]. Средняя встречаемость острого расслоения грудной аорты составляет 2–3 случая на 100 тыс. человек в год, и около двух третей составляют расслоения типа А (по Stanford) [3]. Во многих случаях при исходно сформировавшейся аневризме восходящей аорты в патологический процесс вовлекается дуга последней [4]. Реже встречается изолированная патология дуги аорты: сифилитические аневризмы, пенетрирующие аортальные язвы и локальные расслоения дуги аорты (вследствие атеросклероза посттравматические либо ятрогенные, ретроградное расслоение при диссекциях типа В по Stanford) [5–9]. При расслоении, начавшемся в восходящем отделе аорты, у большинства пациентов наблюдается распространение диссекции на дугу аорты [10]. Единственным радикальным методом лечения аневризм и расслоений восходящей аорты, распространяющихся на дугу аорты, является хирургический. Оперативное лечение аневризм и расслоений восходящего отдела аорты с вовлечением в патологический процесс дуги последней представляют собой непростую задачу вследствие большого объема хирургического вмешательства. Расширение зоны вмешательства на дугу аорты подразумевает выполнение данного этапа операции на «сухом» операционном поле, что требует особых мер для защиты головного мозга. Усложняющими факторами являются трудности при операции в условиях расслоения аорты, в том числе с распространением на брахиоцефальные артерии (особенно при остром расслоении), необходимость контроля перфузии внутренних органов и нисходящей аорты [11, 12].

Цель работы: анализ методов и непосредственных результатов реконструкции дуги аорты при «открытом» хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты, сравнение способов защиты головного мозга при данных вмешательствах, поиск предикторов осложнений.

## Методы

Дизайн исследования: наблюдательное, аналитическое, когортное, тип — проспективное. В исследование вошли 84 пациента (средний возраст  $55,5 \pm 11,5$  (18–77) года, 61 (72,6%) мужчина) с аневризмами и расслоения-

ми восходящего отдела аорты с вовлечением ее дуги, последовательно оперированных с января 2013 г. по март 2015 г. в отделениях сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России (Санкт-Петербург, Россия). Исследование одобрил локальный этический комитет учреждения. До операции все пациенты подписывали форму информированного согласия, позволяющую использовать информацию об их обследовании и лечении в научных целях с последующей публикацией материалов в открытой печати. Работу выполнили в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Диагноз устанавливали на основании трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) и мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным контрастированием. Пациентов с острым расслоением аорты типа А (по Stanford) оперировали в экстренном порядке.

Дооперационное наблюдение больных включало физикальное обследование, стандартные лабораторные исследования, электрокардиографию, обзорную рентгенографию грудной полости в двух проекциях, трансторакальную ЭхоКГ (Vivid 7, GE), МСКТ грудной и брюшной полости с внутривенным контрастированием (Somatom Definition 128, Siemens), по показаниям — коронарографию, манометрию правых отделов сердца. Интраоперационно для оценки функции миокарда, наличия и степени морфофункциональных нарушений клапанного аппарата, эффективности коррекции клапанной патологии сердца выполняли чреспищеводную ЭхоКГ (Vivid I, GE). Повышение уровня тропонина I в дооперационном периоде более 0,3 нг/мл в сочетании с признаками коронарного кровотока расценивали как острое повреждение.

Большинство операций выполняли в условиях умеренной гипотермии (26–28 °С), защита миокарда — ретроградная изотермическая прерывистая кровяная кардиоплегия либо антеградная селективная фармакологическая кардиоплегия (Кустодиол). Для подключения аппарата искусственного кровообращения (АИК) у 77 (91,7%) пациентов использовали правую аксиллярную артерию, у 5 (6,0%) — бедренную. В 2 (2,4%) случаях, в связи с острым расслоением восходящего отдела аорты с распространением на магистральные ветви аорты и невозможностью периферического подключения АИК после стернотомии, выполняли канюляцию «истинного» просвета аорты после ее полного поперечного пересечения на уровне средней трети, а после этапа

реконструкции дуги аорты — переканюляцию в сосудистый протез. Хирургический этап на дуге аорты проводили в условиях циркуляторного ареста с антеградной моногемисферальной церебральной перфузией (10–12 мл/кг/мин) с обязательным пережатием устья контралатеральной сонной артерии под контролем неинвазивной церебральной оксиметрии (Casmед, USA). При невозможности антеградной церебральной перфузии вследствие расслоения ветвей дуги аорты либо стента в проксимальных отделах брахиоцефальных артерий хирургический этап на дуге аорты выполняли в условиях глубокой гипотермии (18–20 °С). При отсутствии морфологических изменений полулунных заслонок аортального клапана (АК) и выраженного (более 45 мм) расширения корня аорты проводили клапаносберегающее вмешательство. Фиксировали отслоенные комиссуры отдельными П-образными швами Ethibond 2/0 в синотубулярной зоне (ресуспензия комиссур). Удаляли тромботические массы из «ложного» просвета аорты в зоне ее корня, осушали корень и целостность стенок аорты в расслоенной зоне восстанавливали при помощи биоклея, уделяя внимание зонам устьев коронарных артерий. Затем формировали проксимальный анастомоз сосудистого протеза с восходящей аортой на уровне синотубулярного соединения. При выраженных морфологических изменениях створок АК, а также двустворчатом АК замещали его протезом. При аневризматическом расширении аорты от уровня фиброзного кольца АК выполняли операцию Бенталла – Де Боно в модификации Kouchoukos. У большинства пациентов объем вмешательства на дуге аорты был ограничен ее реконструкцией по типу hemiarch. В случаях аневризмы дуги аорты (диаметр дуги 4,5–5,0 см и более) ее полностью замещали протезом. При аневризматическом расширении нисходящей аорты, требующем коррекции, осуществляли низведение дистального конца протеза в нисходящий отдел грудной аорты (операция «хобот слона»). В госпитальном периоде на 5–8-е сут. после операции выполняли трансторакальную ЭхоКГ, до выписки пациента из стационара — тотальную МСКТ-ангиографию аорты. Контроль в отдаленном периоде заключался в контакте с больным по телефону/электронной почте или его визите в клинику с выполнением трансторакальной ЭхоКГ и/или МСКТ-ангиографии аорты. В отдаленном периоде обследовали 53 (63%) пациента.

### Статистический анализ

Статистический анализ результатов проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Excel for

Mac 2011 и IBM SPSS Statistics 21.0. Данные представлены в виде среднего ± стандартного отклонения. Статистическую значимость различий категориальных данных для несвязанных выборок определяли с помощью критерия  $\chi^2$ ; при ожидаемых значениях частот менее 5 применяли двусторонний точный критерий Фишера. Для оценки достоверности различий между группами количественных данных для несвязанных выборок применяли U-критерий Манна – Уитни, для связанных — критерий Уилкоксона. Для исследования корреляционных связей использовали непараметрический критерий Спирмена. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты

Пациентов разделили на три группы: 1 — аневризма восходящего отдела аорты без признаков ее расслоения и с расширением грудной аорты на уровне устья брахиоцефального ствола и/или дуги аорты не менее 4 см ( $n = 41$ ), 2 — острое расслоение типа А (по Stanford) с вовлечением в патологический процесс дуги аорты ( $n = 25$ ), 3 — хроническое расслоение типа А (по Stanford) с вовлечением дуги аорты ( $n = 18$ ). Различия пациентов групп 2 и 3 по дооперационному острому повреждению миокарда на фоне расслоения аорты, острой сердечной недостаточности, расслоения и превентивных вмешательств в бассейне брахиоцефальных артерий обусловлены тем, что производили деление на группы по расслоению аорты. Пациенты группы 2 были моложе остальных. В группах с расслоениями аорты наблюдали больше больных с артериальной гипертензией по сравнению с группой 1. Доля повторных операций была значимо выше в группе 1. В группе 1 отмечали более высокие показатели градиента давления на АК по сравнению с группами 2 и 3. Риск операции по шкале EuroSCORE выше при остром расслоении восходящей аорты. Демографические характеристики групп представлены в табл. 1.

Среди больных с аневризмами аорты преобладали пациенты с двустворчатым АК. Размеры восходящего отдела и дуги аорты между группами существенно не различались. Особенности поражения восходящего отдела и дуги аорты представлены в табл. 2.

Защиту миокарда у большинства больных осуществляли ретроградной прерывистой кровяной изотермической кардиopleгией; в нескольких случаях вследствие невозможности канюляции коронарного синуса, большой ожидаемой длительности аноксии миокарда

**Таблица 1** Общая характеристика пациентов

Показатель	Группа			P <sub>1-2</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-3</sub>
	1, n = 41	2, n = 25	3, n = 18			
Возраст, лет (M±SD)	57,1±11	51,5±12,9	57,2±8,8	0,399	0,646	0,980
Мужской пол, n (%)	27 (65,9)	21 (84,0)	13 (72,2)	0,730	0,490	0,605
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup> (M±SD)	1,9±0,2	2,0±0,2	2,0±0,2	0,716	0,752	0,394
Индекс массы тела (M±SD)	27,8±5,4	26,1±2,7	27,3±4,0	0,345	0,358	0,972
Артериальная гипертензия, n (%)	32 (78,0)	21 (84,0)	17 (94,4)	0,300	0,833	0,889
ФК ХСН по NYHA (M±SD)	2,1±0,6	2,4±0,6	2,2±0,6	0,044*	0,148	0,555
Острое/подострое РА, n (%)	0	25 (100,0)	0	–	–	–
Острая сердечная недостаточность, n (%)	0	3 (12,0)	0	–	–	–
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	4 (9,8)	2 (8,0)	2 (11,1)	0,770	0,889	0,784
Острый инфаркт миокарда при РА, n (%)	0	6 (24,0)	0	–	–	–
Гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий, n (%)	10 (24,4)	3 (12,0)	3 (16,7)	0,403	0,686	0,350
Дисциркуляторная энцефалопатия, n (%)	7 (17,1)	3 (12,0)	0	0,578	–	–
ОНМК в анамнезе, n (%)	4 (9,8)	3 (12,0)	1 (5,6)	0,578	0,167	0,889
ОНМК при расслоении аорты, n (%)	0	3 (12,0)	0	–	–	–
Расслоение БЦА, n (%)	0	5 (20,0)	1 (5,6)	–	0,873	–
Сочетанное стентирование БЦА при их расслоении, n (%)	0	3 (12,0)	1 (5,6)	–	0,833	–
Пароксизмальная / постоянная форма ФП, n (%)	10 (24,4)	2 (8,0)	2 (11,1)	0,150	0,107	0,294
Заболевания легких, n (%)	5 (12,2)	7 (28,0)	3 (16,7)	0,355	0,350	0,314
Заболевания почек, n (%)	7 (17,1)	3 (12,0)	5 (27,8)	0,015*	0,069	0,088
Язвенная болезнь, n (%)	8 (19,5)	5 (20,0)	4 (22,2)	0,504	0,446	0,327
Желчнокаменная болезнь, n (%)	4 (9,8)	0	3 (16,7)	–	–	0,833
Заболевания щитовидной железы, n (%)	5 (12,2)	1 (4,0)	2 (11,1)	0,200	0,111	0,065
Нарушение толерантности к глюкозе / сахарный диабет, n (%)	4 (9,8)	2 (8,0)	1 (5,6)	0,02*	0,111	0,222
Подагра, n (%)	2 (4,9)	1 (4,0)	1 (5,6)	0,08	0,056	0,111
Офтальмопатии, n (%)	3 (7,3)	0	0	–	–	–
Реооперации, n (%)	2 (4,9)	2 (8,0)	1 (5,6)	0,003*	0,111	0,111
Максимальный диаметр восходящего отдела аорты, мм (M±SD)	59,6±7,9	58,4±11,0	62,4±11,1	0,450	0,227	0,414
Конечный диастолический размер ЛЖ, мм (M±SD)	58,0±9,8	56,9±8,4	57,8±8,5	0,892	0,687	0,685
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл (M±SD)	162,0±71,9	164,4±63,7	162,6±63,5	0,560	0,942	0,847
Фракция выброса ЛЖ по Teichholz, % (M±SD)	62,1±11,3	60,9±11,4	61,4±10,4	0,952	0,768	0,539
Аортальная недостаточность, степень (M±SD)	1,6±1,2	1,9±1,2	1,9±1,2	0,260	0,864	0,264
Максимальный градиент давления на аортальном клапане, мм рт. ст. (M±SD)	43,5±40,7	8,1±5,6	12,4±8,9	0,001*	0,119	0,004*
Митральная недостаточность >2 ст., n	5 (12,2)	2 (8,0)	2 (11,1)	0,033*	0,007*	0,065
Исходный уровень гемоглобина, г/л (M±SD)	138,3±12,2	128,9±17,9	134,7±14,2	0,012*	0,430	0,394
Исходный уровень тромбоцитов, × 10 <sup>9</sup> (M±SD)	208,9±54,0	227,9±70,6	226,2±73,0	0,408	0,653	0,315
Исходный уровень фибриногена, г/л (M±SD)	4,0±1,2	5,3±2,1	3,9±1,0	0,025*	0,046*	0,817
Исходный уровень креатинина плазмы, ммоль/л (M±SD)	87,6±20,0	103,7±42,9	79,3±16,9	0,241	0,071	0,106
EuroSCORE II, % (M)	9,4±6,6	17,7±17,9	5,8±4,6	0,165	0,005*	0,058

*Примечание.* БЦА — брахиоцефальные артерии; ЛЖ — левый желудочек; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; РА — расслоение аорты; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ФК — функциональный класс; \* — p<0,05

и неэффективности ретроградной кардиоплегии проводили антеградную селективную кардиоплегию раствором «Кустодиол». При операциях у пациентов без расслоения аорты для подключения АИК использовали правую аксиллярную артерию, что позволяло проводить антеградную церебральную перфузию. У боль-

шинства больных с расслоениями аорты канюлировали правую аксиллярную артерию. При невозможности ее использования защищали головной мозг с помощью гипотермии; антеградную церебральную перфузию проводили через дополнительную канюлю у 3 пациентов второй группы. Госпитальная летальность состави-

**Таблица 2** Характеристика поражения восходящего отдела и дуги аорты

Группа	Бикуспидальный аортальный клапан, n (%)	Фиброзное кольцо аортального клапана, мм (M±SD)	Синусы Вальсальвы, мм (M±SD)	Синотубулярная зона, мм (M±SD)	Восходящий отдел аорты на уровне бифуркации ствола ЛА, мм (M±SD)	Восходящий отдел аорты на уровне устья БЦС, мм (M±SD)	Средняя треть дуги аорты, мм (M±SD)
1, n = 41	24 (58,5)	26,0±4,4	44,7±6,9	44,5±8,3	58,4±8,1	43,2±5,1	
2, n = 25	3 (12,0)	25,1±2,1	48,3±10,2	49,0±10,6	53,5±12,1	41,2±6,0	
3, n = 18	1 (5,6)	24,0±2,8	43,5±8,0	47,5±10,5	62,1±10,5	46,3±9,0	

Примечание. ЛА — легочная артерия, БЦС — брахиоцефальный ствол

ла 1,2%: вследствие мультиорганной недостаточности погиб 1 пациент, оперированный на фоне острого расслоения восходящего отдела, осложнившегося диссекцией брахиоцефального ствола и острым нарушением мозгового кровообращения. Операции у пациентов с острым расслоением аорты отличались большей длительностью искусственного кровообращения, аноксии миокарда, однако статистически значимо различалась лишь продолжительность операции и циркуляторного ареста между группами 1 и 2. У больных с диссекцией аорты наблюдали увеличение длительности инотропной поддержки, искусственной вентиляции легких, общей продолжительности пребывания в реанимационном отделении, а также повышенную частоту неврологических нарушений по сравнению с пациентами без расслоения аорты. У двух пациенток пожилого возраста обнаружили осложнение канюляции правой аксиллярной артерии — интраоперационное острое расслоение: в одном случае с распространением на нисходящую грудную аорту, в другом — с переходом на правую общую сонную артерию с временной окклюзией), сопровождавшееся выраженным снижением показателей сатурации правого полушария головного мозга. После восстановления сердечной деятельности и прекращения экстракорпорального кровообращения возобновился нормальный кровоток по сонной артерии. Неврологических осложнений у данных больных не наблюдали. Выполненные вмешательства, особенности интра- и ближайшего послеоперационного периодов представлены в табл. 3.

В связи с аневризматическим расширением нисходящего отдела грудной аорты из шести пациентов группы 1, двух группы 2 и одного группы 3 перенесли плановые вмешательства на нисходящей аорте два больных группы 1 — торакотомию, протезирование нисходящего отдела грудной аорты (второй этап операции «хобот слона»), остальные — эндоваскулярную

изоляция аневризм нисходящей аорты при помощи стент-графтов. В отдаленном послеоперационном периоде погибло 2 пациента после надкоронарного протезирования восходящего отдела аорты и протезирования дуги аорты с низведением дистального конца сосудистого протеза в нисходящую аорту (операция «хобот слона»). У одного пациента после второго этапа открытой хирургической реконструкции на аорте развилась мультиорганная недостаточность. В другом случае через 3 года после двухэтапного протезирования восходящего отдела, дуги и нисходящей аорты произошло инфицирование протеза аорты с частичным отрывом площадки с брахиоцефальными артериями и формированием обширной «ложной» аневризмы дуги аорты. Повторная операция на грудной аорте оказалась неэффективной, пациент погиб вследствие неконтролируемого кровотечения на фоне распространенного инфекционного процесса. У остальных прослеженных пациентов отсутствует значимая динамика размеров грудной и брюшной аорты. Уменьшены размеры левого желудочка, отсутствует прогрессирование аортальной регургитации и градиента давления на аортальном клапане. Показатели ЭхоКГ представлены в табл. 4.

При исследовании корреляционных зависимостей не выявлено связей между длительностью пребывания в реанимационном отделении и возрастом, полом пациентов, их росто-весовыми характеристиками, сопутствующей патологией и общей продолжительностью операций. Определена слабая корреляционная связь между продолжительностью пребывания в отделении реанимации и диаметром аорты на уровне синусов Вальсальвы ( $r = 0,303$ ,  $p = 0,006$ , 95% ДИ 1,376–6,063); расслоением восходящего отдела аорты ( $r = 0,390$ ,  $p = 0,001$ , 95% ДИ 1,379–5,957), дуги ( $r = 0,470$ ,  $p < 0,0001$ , 95% ДИ 1,242–6,876) и нисходящего отдела грудной аорты ( $r = 0,477$ ,  $p < 0,0001$ , 95% ДИ 1,242–6,876); длительностью ЭКК ( $r = 0,428$ ,  $p < 0,0001$ , 95% ДИ 1,357–

**Таблица 3** Особенности интраоперационного этапа и госпитального периода

Показатель	Группа			P <sub>1-2</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-3</sub>
	1, n = 41	2, n = 25	3, n = 18			
Надкоронарное протезирование аорты +/- пластика СТЗ / ресуспензия комиссур, n (%)	9 (22)	9 (36)	9 (50)	0,407	0,572	0,681
Надкоронарное протезирование аорты + протезирование аортального клапана, n (%)	17 (41)	7 (28)	5 (28)	0,057	0,052	0,722
Операция Бенталла, n (%)	15 (37)	9 (36)	4 (22)	0,082	0,234	0,041
Реконструкция дуги аорты по типу hemiarch, n (%)	37 (90)	25 (100)	15 (83)	–	–	0,446
Протезирование дуги аорты (full arch), n (%)	4 (10)	0	3 (17)	–	–	0,554
Пластика митрального клапана, n (%)	3 (7)	3 (12)	1 (6)	0,330	0,833	0,833
Коронарное шунтирование, n (%)	10 (24)	3 (12)	3 (17)	0,504	0,686	0,558
Посадочный размер протеза аортального клапана, мм (M±SD)	24,0±2,0	23,8±1,6	24,3±2,7	0,830	0,820	0,894
Диаметр протеза восходящей аорты, мм (M±SD)	28,5±1,8	28,0±1,7	28,0±1,8	0,303	0,822	0,231
Канюляция правой аксиллярной артерии, n (%)	41 (100)	19 (76)	17 (94)	–	0,778	–
Канюляция бедренной артерии, n (%)	0	4 (16)	1 (6)	–	0,778	–
Ретроградная кровяная изотермическая кардиоплегия, n (%)	40 (98)	23 (92)	17 (94)	0,880	0,944	0,944
Антеградная селективная фармако-холодовая кардиоплегия, n (%)	1 (2)	2 (8)	1 (6)	0,080	0,111	0,056
Антеградная церебральная перфузия, n (%)	41 (100)	22 (88)	17 (94)	–	0,863	–
Длительность операции, мин (M±SD)	305,0±87,7	353,0±87,7	316,1±84,1	0,023*	0,157	0,673
Длительность аноксии миокарда, мин (M±SD)	110,3±34,5	123,3±37,6	111,0±35,9	0,162	0,338	0,677
Длительность ЭКК, мин (M±SD)	155,8±45,0	177,0±53,9	152,6±47,4	0,135	0,161	0,900
Продолжительность ЦА, мин (M±SD)	23,4±11,9	29,7±10,2	30,2±19,0	0,003*	0,295	0,348
Максимальная гипотермия, °С	27,3±2,1	25,1±4,1	24,9±3,8	0,048*	0,983	0,070
Летальность, n (%)	0	1 (4)	0	–	–	–
Инотропная поддержка >24 ч, n (%)	6 (15)	10 (40)	7 (39)	0,159	0,500	0,485
Периоперационный инфаркт миокарда, n (%)	2 (5)	1 (4)	2 (11)	0,960	0,889	0,889
Внутриаортальная баллонная контрпульсация, n (%)	1 (2)	0	0	–	–	–
Пароксизмы фибрилляции предсердий, n (%)	3 (7)	4 (16)	1 (6)	0,840	0,784	0,889
Желудочковые НР, n (%)	2 (5)	1 (4)	0	0,920	–	–
ИВЛ >24 ч, n (%)	2 (5)	7 (28)	3 (16)	0,490	0,245	0,686
Средняя продолжительность ИВЛ, ч (M±SD)	27,7±57,6	51,2±69,9	28,5±45,8	0,072	0,088	0,741
Рестернотомии / фенестрации перикарда, n (%)	1 (2)	0	1 (6)	–	–	0,944
ОНМК / энцефалопатия, n (%)	4 (10)	5 (20)	2 (11)	0,496	0,595	0,314
ТЭЛА, n (%)	0	1 (4)	1 (6)	–	0,944	–
Острая почечная недостаточность, n (%)	0	2 (8)	0	–	–	–
Средняя длительность пребывания в реанимации, сут. (M±SD), (минимально – максимально)	1,7±1,6 (1–9)	3,9±3,5 (1–14)	2,7±2,4 (1–9)	0,030*	0,243	0,013*

Примечание. СТЗ — синотубулярная зона; ЭКК — экстракорпоральное кровообращение; ЦА — циркуляторный арест; НР — нарушения ритма; ИВЛ — искусственная вентиляция легких; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии. \* — p<0,05

6,284) и аноксии миокарда ( $r = 0,409$ ,  $p < 0,0001$ , 95% ДИ 1,357–6,284), а также экстренным характером операции на аорте ( $r = 0,381$ ,  $p < 0,0001$ , 95% ДИ 1,378–5,955). Кроме того, выявлена связь между потребностью в инотропной поддержке и экстренным видом хирургического вмешательства ( $r = 0,275$ ,  $p = 0,011$ , 95% ДИ 1,463–1,847), а также расслоением восходящего отдела аорты ( $r = 0,279$ ,  $p = 0,010$ , 95% ДИ 1,463–1,847). Установлена связь между наличием и тяжестью невроло-

гического дефицита в послеоперационном периоде и выбором в качестве точки канюляции аксиллярной ( $r = -0,232$ ,  $p = 0,035$ , 95% ДИ 1,088–1,341), бедренной артерии ( $r = 0,214$ ,  $p = 0,050$ , 95% ДИ 1,060–1,295) и дуги аорты ( $r = 0,298$ ,  $p = 0,006$ , 95% ДИ 1,078–1,331), а также расслоением аорты, исходно распространяющимся на брахиоцефальные артерии ( $r = 0,322$ ,  $p = 0,003$ , 95% ДИ 1,089–1,345).

**Таблица 4** Показатели эхокардиографии в дооперационном, госпитальном и отдаленном периодах

Показатель	Группа			P <sub>1-2</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-3</sub>
	1, n = 41	2, n = 25	3, n = 18			
Диаметр восходящей аорты на уровне синусов Вальсальвы, мм (M±SD)						
до операции	44,7±6,9	48,3±10,2	43,5±8,0	0,230	0,167	0,506
в госпитальном периоде	33,0±5,7	36,8±6,1	35,7±6,4	0,352	0,774	0,412
в отдаленном периоде	36,3±4,6	35,5±6,8	33,0±4,7	0,703	0,655	0,296
Конечный диастолический размер ЛЖ, мм (M±SD)						
до операции	58,0±9,8	56,9±8,4	57,8±8,5	0,892	0,687	0,685
в госпитальном периоде	49,6±3,0	54,7±4,2	46,7±6,4	0,392	0,036*	0,252
в отдаленном периоде	51,1±5,7	49,8±4,6	49,3±5,6	0,703	0,886	0,624
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл (M±SD)						
до операции	162,0±71,9	164,4±63,7	162,6±63,5	0,560	0,942	0,847
в госпитальном периоде	116,1±17,6	163,3±34,3	127,5±28,1	0,117	0,002*	0,143
в отдаленном периоде	119,1±34,9	123,5±35,4	119,8±15,5	0,871	0,886	0,956
Фракция выброса ЛЖ по Teichholz, % (M±SD)						
до операции	62,1±11,3	60,9±11,4	61,4±10,4	0,952	0,768	0,539
в госпитальном периоде	62,4±12,6	56,1±3,6	69,7±6,6	0,117	0,100	0,383
в отдаленном периоде	62,5±8,7	65,5±12,4	60,7±10,5	0,571	0,857	0,885

Примечание. ЛЖ — левый желудочек. \* — p<0,05

## Обсуждение

Во-первых, распространенным и характерным для пациентов с двустворчатым аортальным клапаном и ассоциированной аортопатией является расширение восходящего отдела и проксимальной части дуги аорты [13]. Во-вторых, при операции по поводу расслоения аорты ответственным этапом является формирование «открытого» дистального анастомоза с целью адекватной ревизии дуги аорты, контроля состояния «истинного» и «ложного» просветов [14]. В-третьих, существует когорта больных с аневризмами восходящей и нисходящей аорты, у которых оптимальным является протезирование всей грудной аорты (как одномоментно, так и в несколько этапов). В данном случае протезирование дуги аорты позволяет упростить реконструкцию нисходящего отдела грудной аорты. Однако расширение объема хирургического вмешательства на дугу аорты повышает риск периоперационных осложнений: кровотечений, неврологических нарушений, некоронарогенных повреждений миокарда. По данным 2011 г., когда в РФ выполнили 963 операции на восходящей аорте, общая госпитальная летальность составила 11,4%. Летальность значительно варьировала в зависимости от особенностей патологии и вида вмешательства: минимальный показатель (9,8%) зафиксировали при надкоронарном протезировании восходящего

отдела аорты, максимальный (16,1%) — при операциях на восходящем отделе и дуге аорты [15]. В 2014 г. отмечен рост общего числа операций на восходящей аорте (1 595 операций, 44 вмешательства при изолированной аневризме дуги аорты). Общая летальность составила 8,6% (при плановых операциях 7,0%, при расслоении аорты 13,6%). Одномоментные вмешательства на восходящем отделе и дуге аорты выполняли лишь в 3% случаев (49 операций). По зарубежным данным, госпитальная летальность после планового протезирования корня и восходящего отдела аорты составляет 3–6% [16]. По данным Elefteriades J.A. и соавт., операционная летальность при вмешательствах на восходящем отделе и дуге аорты, выполненных наиболее опытными хирургами, составляет 2,5%, риск интраоперационного острого нарушения мозгового кровообращения — 8% [2]. Fukada J. и соавт. приводят следующие показатели госпитальной летальности при операциях на восходящем отделе и дуге аорты: 27% при остром расслоении, 14% при хроническом, 8% при аневризмах проксимальной части дуги аорты [17].

Таким образом, вмешательства при аневризмах восходящего отдела аорты, распространяющихся на дугу аорты, и расслоении грудного отдела аорты 1-го типа (по Дебейки) менее признаны, технически сложнее и сопряжены с повышенным риском периоперационных

осложнений и летальности в сравнении с плановыми операциями по поводу изолированных аневризм восходящего отдела аорты. При планировании и выполнении вмешательства на восходящем отделе и дуге аорты следует решить две основные задачи. Первая — определение необходимости в расширении вмешательства на дугу аорты и вида коррекции. Согласно рекомендациям Европейского кардиологического общества (ESC), вмешательство на дуге аорты показано при ее изолированной аневризме диаметром не менее 55 мм (класс IIa, уровень доказательности C). Рекомендуют обсуждать целесообразность коррекции расширения дуги аорты при одномоментном вмешательстве на восходящем или нисходящем отделе аорты, без указания на диаметр дуги аорты (класс IIb, уровень доказательности C). При остром расслоении аорты типа А предлагают использовать технику «открытого» дистального анастомоза (hemiarch/full arch) (класс I, уровень доказательности C) [14]. В литературе обсуждают профилактическое протезирование дуги аорты при протезировании восходящего отдела аорты по поводу аневризм и расслоений при синдроме Марфана: риск повторных вмешательств, связанных с патологией нерезецированных участков грудной аорты, не высок [18, 19]. По сравнению с методом реконструкции дуги аорты hemiarch при остром расслоении аорты типа А, метод full arch ассоциирован с ухудшением показателей периоперационных осложнений и летальности, а встречаемость прогрессии расширения грудной аорты и реопераций в отдаленном периоде значимо не отличается [20]. У большинства пациентов, представленных в исследовании, наблюдали умеренное расширение проксимального отдела дуги аорты (диаметр дуги аорты не более 4,0–4,5 см), что позволило ограничить объем операции реконструкцией дуги аорты по типу hemiarch. Лишь при выраженном расширении дуги выполняли ее полное замещение протезом. Наш опыт показывает, что метод hemiarch является эффективным и безопасным при коррекции умеренного расширения дуги аорты одномоментно с протезированием восходящего отдела аорты при ее аневризме и/или расслоении.

Вторая задача — выбор схемы обеспечения экстракорпорального кровообращения и метода защиты головного мозга. В рекомендациях Европейского кардиологического общества указывают на использование аксиллярной артерии в качестве точки выбора для артериальной канюляции при расслоении аорты типа А и операциях на дуге аорты (класс IIa, уровень доказа-

тельности C), а также необходимость антеградной церебральной перфузии при подобных вмешательствах (класс IIa, уровень доказательности C) [14]. Можно обсуждать «вставку» из сосудистого протеза, подшиваемую к аксиллярной артерии, но, на наш взгляд, данный прием целесообразен лишь при длительном искусственном кровообращении, тогда как несколько часов возможны при прямой канюляции аксиллярной артерии без ущерба для соответствующей верхней конечности [21]. Безусловно, при распространении расслоения аорты на брахиоцефальный ствол и правую подключичную артерию канюляция аксиллярной артерии невозможна, и хирург вынужден искать альтернативные способы подключения АИК: канюляция бедренных артерий, или брахиоцефального ствола, или передней стенки восходящего отдела аорты, полное пересечение восходящей аорты с последующей канюляцией «истинного» просвета под контролем зрения [22–25]. В литературе можно встретить данные об отсутствии значимых различий частоты осложнений при сравнении аксиллярной и бедренной канюляции [26]. Важным аспектом для подключения АИК при бедренной артерии является профилактика мальперфузии внутренних органов. Неотъемлемым компонентом интраоперационного мониторинга при вмешательствах на дуге аорты должен быть контроль сатурации головного мозга [27]. Предотвращение повреждения головного мозга является важным компонентом хирургического вмешательства по поводу аневризмы дуги аорты и главной целью применяемых методик защиты головного мозга. Периоперационный инсульт ассоциирован с ростом госпитальной летальности, а стойкий неврологический дефицит ухудшает отдаленную выживаемость и качество жизни пациентов [28]. Yamashiro S. и соавт. демонстрируют на 17 пациентах, перенесших протезирование дуги аорты по методике full arch с 2001 по 2008 г., отсутствие стойкого неврологического дефицита после операций. В описанной группе погиб 1 пациент (общая летальность составила 5,9%); длительность искусственной вентиляции легких  $4,6 \pm 3,1$  сут. [29]. Immer F.F. и соавт. на большой когорте больных ( $n = 567$ ) проанализировали влияние непрерывной антеградной церебральной перфузии через правую подключичную артерию на неврологические осложнения вмешательств в связи с расслоениями аорты типа А и аневризмами восходящего отдела аорты. Пациентов разделили на 3 группы по способу защиты головного мозга: первая ( $n = 387$ , 68,3%) — гипотермический цир-

куляторный арест, вторая ( $n = 91, 16\%$ ) — селективная антеградная церебральная перфузия, третья ( $n = 89, 15,7\%$ ) — непрерывная антеградная церебральная перфузия через правую подключичную артерию. Выявили негативные результаты частоты интраоперационных острых нарушений мозгового кровообращения во второй группе —  $9,8\%$ , тогда как в первой и третьей группах этот показатель составил  $6,5$  и  $1,1\%$  соответственно [30]. Объяснением высокой частоты неврологических осложнений у пациентов второй группы, где применяли аналогичную селективную антеградную церебральную перфузию, может быть воздушная и материальная эмболизация, риск которой ниже при перфузии через правую подключичную артерию. Многие исследователи подтверждают эффективность канюляции правой аксиллярной артерии и антеградной церебральной перфузии при вмешательствах на дуге аорты [31–33]. По данным Hiraoka A. и соавт., возраст больных, которым выполняют реконструктивные вмешательства на дуге аорты, не ассоциирован со значимыми послеоперационными осложнениями [34]. Большую роль играет не возраст пациентов, а характер основного заболевания и сопутствующая патология. У пациентов с острым расслоением аорты типа А факторами риска неблагоприятного ближайшего послеоперационного течения являются почечная и мезентериальная ишемия, а также коронарное шунтирование [10]. Атеросклеротическое поражение, длительность ишемии, общая продолжительность оперативного вмешательства влияют на риск неврологического дефицита в послеоперационном периоде [35]. При операциях с применением циркуляторного ареста возможно ишемическое повреждение внутренних органов. Главным методом защиты висцеральных органов на период остановки кровообращения является гипотермия. При сравнении операций по поводу острого расслоения аорты типа А в условиях глубокой ( $20\text{--}27^\circ\text{C}$ ) и умеренной ( $28\text{--}31^\circ\text{C}$ ) гипотермии показано, что циркуляторный арест при температуре тела больного более  $28^\circ\text{C}$  обеспечивает приемлемую защиту головного мозга и внутренних органов [36]. При исходной патологии почек и/или ветвей дуги аорты рекомендуемая длительность ишемии внутренних органов при целевой гипотермии  $24\text{--}26^\circ\text{C}$  —  $30\text{--}45$  мин [30]. Наш опыт показывает, что использование в качестве точки канюляции правой аксиллярной артерии является безопасным, хирургический доступ к артерии и постановка канюли занимают небольшое время. Метод позволяет эффективно осуществлять как

органную, так и антеградную церебральную перфузию во время циркуляторного ареста, и ассоциирован со снижением риска периоперационных неблагоприятных неврологических событий. Одномоментное пережатие устья контралатеральной сонной артерии при циркуляторном аресте и антеградная церебральная перфузия обеспечивают равную сатурацию обоих полушарий головного мозга. Осложнения (острое расслоение аксиллярной артерии от точки канюляции с переходом на грудную аорту и в одном случае временная окклюзия правой общей сонной артерии), вероятно, связаны как с исходно скомпрометированной артериальной стенкой, так и позицией канюли в артерии. Располагающими к расслоению аксиллярной артерии факторами могут быть исходно скомпрометированная стенка артерии, пожилой и старческий возраст пациентов, относительно малый диаметр артерии, травматизация артерии при ее выделении, заведении и фиксации канюли, резкие колебания потока перфузии, приводящие к повреждению интимы и расслоению артериальной стенки. При использовании в качестве точки артериальной канюляции бедренной артерии либо восходящей аорты риск неврологических осложнений возрастает. Ассоциированными проблемами хирургии восходящего отдела и дуги аорты являются геморрагические осложнения в первую очередь у пациентов с острым расслоением. Рутинное применение биоклея для обработки анастомозов, обеспечение и поддержание нормальных уровней факторов свертываемости крови, гемоглобина, строгий контроль за состоянием свертывающей системы позволили свести геморрагические осложнения к минимуму. При ведении пациентов в госпитальном и отдаленном послеоперационном периодах, планировании второго этапа вмешательства при выборе метода «хобот слона» необходим регулярный контроль нерезецированных отделов аорты, особенно при исходном расслоении аорты, методом МСКТ-ангиографии либо магнитно-резонансной томографии аорты.

## Выводы

1. Коррекция расширения дуги аорты по типу hemiarch при вмешательстве на восходящем отделе аорты — эффективный и безопасный метод лечения аневризм и расслоений восходящего отдела аорты, распространяющихся на дугу аорты.
2. Унилатеральная антеградная церебральная перфузия с одномоментным пережатием контралатеральной общей сонной артерии эффективно защищает головной мозг в условиях умеренной гипотермии и циркуляторного ареста не менее  $30\text{--}40$  мин.

3. Прогностически неблагоприятными факторами являются экстренный характер операции, расслоение восходящего отдела аорты, дуги и нисходящего отдела грудной аорты, длительное искусственное кровообращение и аноксия миокарда, а также неиспользование аксиллярной артерии в качестве точки артериальной канюляции.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания на 2015–2017 гг., платформа «Сердечно-сосудистые заболевания», тема № 4 «Изучение геномных и клеточных механизмов формирования патологии аорты и аортально-го клапана и разработка новых методов ее комплексного лечения, включая гибридные технологии».

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Вклад авторов

Гордеев М.Л.: набор, анализ материала, оформление и редактирование статьи. Успенский В.Е.: набор, анализ, обработка материала, написание текста статьи. Баканов А.Ю.: набор, анализ материала и написание текста статьи. Волков В.В.: набор материала. Ибрагимов А.Н.: набор и анализ материала. Щербинин Т.С.: набор и анализ материала. Иртюга О.Б.: набор материала. Наймушин А.В.: набор, анализ материала и редактирование.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь в диагностике и лечении пациентов с патологией аорты заведующей отделением рентгеновской компьютерной томографии, кандидату медицинских наук И.В. Басек и сотрудникам отделения рентгеновской компьютерной томографии, заведующему НИИ рентген-эндоваскулярной хирургии, кандидату медицинских наук Д.А. Звереву и сотрудникам отделений рентген-эндоваскулярной хирургии, заведующей НИО некоронарогенных заболеваний сердца, доктору медицинских наук О.М. Моисеевой и сотрудникам НИО некоронарогенных заболеваний сердца, а также отделений анестезиологии и реанимации, сердечно-сосудистой хирургии.

### Список литературы

1. Clouse W.D., Hallett J.W., Jr., Schaff H.V., Gayari M.M., Ilstrup D.M., Melton L.J. 3rd. Improved prognosis of thoracic aortic aneurysms: a population-based study // *JAMA*. 1998. Vol. 280. No. 22. P. 1926–1929.
2. Elefteriades J.A. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2002. Vol. 74. No. 5. P. S1877–1880.
3. Melvinsdottir I.H., Lund S.H., Agnarsson B.A., Sigvaldason K., Gudbjartsson T., Geirsson A. The incidence and mortality of acute thoracic aortic dissection: results from a whole nation study // *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2016. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezw235>
4. Okamoto Y., Matsumoto M., Inoue H. Single-stage repair of extended thoracic aortic aneurysm // *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2009. Vol. 8. No. 3. P. 377–378. <http://dx.doi.org/10.1510/icvts.2008.190801>
5. von Segesser L.K., Fischer A., Vogt P., Turina M. Diagnosis and management of blunt great vessel trauma // *Journal of Cardiac Surgery*. 1997. Vol. 12. Suppl. 2. P. 181–186.
6. Roberts W.C., Barbin C.M., Weissenborn M.R., Ko J.M., Henry A.C. Syphilis as a cause of thoracic aortic aneurysm // *The American Journal of Cardiology*. 2015. Vol. 116. No. 8. P. 1298–1303. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2015.07.030>
7. Wada H., Sakata N., Tashiro T. Clinicopathological study on penetrating atherosclerotic ulcers and aortic dissection: distinct pattern of development of initial event // *Heart and Vessels*. 2016. Vol. 31. No. 11. P. 1855–1861. <http://dx.doi.org/10.1007/s00380-016-0813-2>
8. Nakashima M., Usui A., Oshima H., Ueda Y. The treatment of infectious aneurysms in the thoracic aorta; our experience in treating five consecutive patients // *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2010. Vol. 10. No. 2. P. 334–337. <http://dx.doi.org/10.1510/icvts.2009.215046>
9. Higashigawa T., Kato N., Chino S., Hashimoto T., Shimpo H., Tokui T., Mizumoto T., Sato T., Okabe M., Sakuma H. Type A aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2016. Vol. 102. No. 5. P. 1536–1542. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.04.024>
10. Kazui T., Washiyama N., Muhammad B.A., Terada H., Yamashita K., Takinami M., Tamiya Y. Extended total arch replacement for acute type A aortic dissection: experience with seventy patients // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2000. Vol. 119. No. 3. P. 558–565. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223\(00\)70136-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70136-X)
11. Saleh H.M., Inglese L. Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms // *Journal of Vascular Surgery*. 2006. Vol. 44. No. 3. P. 460–466. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2006.04.057>
12. Ляшенко М.М., Чернявский А.М., Альсов С.А., Сирота Д.А., Хван Д.С. Непосредственные результаты хирургической реконструкции дуги аорты у пациентов с проксимальным расслоением аорты // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2014. Т. 20. № 1. С. 123–131.
13. Erbel R., Aboyans V., Boileau C., Bossone E., Bartolomeo R.D., Eggebrecht H., et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) // *European Heart Journal*. 2014. Vol. 35. No. 41. P. 2873–2926. <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>
14. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия – 2011. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2012. 196 с.
15. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия – 2014. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2015. 226 с.
16. Fukada J., Morishita K., Kawaharada N., Muraki S., Satsu T., Kurimoto Y., Abe T. Antegrade selective cerebral perfusion for extended total arch replacement using separated graft technique; reassessment from the type of aneurysms and dissections // *Kyobu Geka*. 2002. Vol. 55. No. 13. P. 1087–1093.
17. Kim J.B., Chung C.H., Moon D.H., Ha G.J., Lee T.Y., Jung S.H.,

- Choo S.J., Lee J.W. Total arch repair versus hemiarch repair in the management of acute DeBakey type I aortic dissection // *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2011. Vol. 40. No. 4. P. 881–889. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.12.035>
18. Strauch J.T., Spielvogel D., Lauten A., Lansman S.L., McMurtry K., Bodian C.A., Griep R.B. Axillary artery cannulation: routine use in ascending aorta and aortic arch replacement // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2004. Vol. 78. No. 1. P. 103–108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.01.035>
19. Tsiouris A., Elkinany S., Ziganshin B.A., Elefteriades J.A. Open seldinger-guided femoral artery cannulation technique for thoracic aortic surgery // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2016. Vol. 101. No. 6. P. 2231–2235. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.12.032>
20. Garg V., Tsirigotis D.N., Dickson J., Dalamagas C., Latter D.A., Verma S., Peterson M.D. Direct innominate artery cannulation for selective antegrade cerebral perfusion during deep hypothermic circulatory arrest in aortic surgery // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014. Vol. 148. No. 6. P. 2920–2924. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.07.021>
21. Болдырев С.Ю., Барбухатти К.О., Якуба И.И., Лепшюков М.К., Распонамарев В.Г., Горнашко О.Ю. Прямая канюляция в истинный аортальный просвет после полного пересечения восходящей аорты у больного с острой диссекцией // *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2011. Т. 12. № 56. С. 269.
22. Козлов Б.Н., Панфилов Д.С., Пономаренко И.В., Мирошниченко А.Г., Горохов А.С., Кузнецов М.С., Насрашвили Г.Г., Шипулин В.М. Антеградная перфузия головного мозга через брахицефальный ствол при операциях на дуге аорты // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015. Т. 8. № 1. С. 30–34. <http://dx.doi.org/10.17116/kardio20158130-34>
23. Lee H.K., Kim G.J., Cho J.Y., Lee J.T., Park I., Lee Y.O. Comparison of the outcomes between axillary and femoral artery cannulation for acute type A aortic dissection // *The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2012. Vol. 45. No. 2. P. 85–90. <http://dx.doi.org/10.5090/kjtcvs.2012.45.2.85>
24. Urbanski P.P., Lenos A., Kolowca M., Bougioukakis P., Keller G., Zacher M., Diegeler A. Near-infrared spectroscopy for neuromonitoring of unilateral cerebral perfusion // *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2013. Vol. 43. No. 6. P. 1140–1144. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezs557>
25. Okada N., Oshima H., Narita Y., Abe T., Araki Y., Mutsuga M., Fujimoto K.L., Tokuda Y., Usui A. Impact of surgical stroke on the early and late outcomes after thoracic aortic operations // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2015. Vol. 99. No. 6. P. 2017–2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.033>
26. Yamashiro S., Kuniyoshi Y., Arakaki K., Inafuku H., Morishima Y., Kise Y. Total arch replacement using bilateral axillary antegrade selective cerebral perfusion // *Ann. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2010. Vol. 16. No. 4. P. 259–263.
27. Immer F.F., Moser B., Krahenbuhl E.S., Englberger L., Stalder M., Eckstein F.S., Carrel T. Arterial access through the right subclavian artery in surgery of the aortic arch improves neurologic outcome and mid-term quality of life // *The Annals of Thoracic Surgery*. 2008. Vol. 85. No. 5. P. 1614–1618. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.11.027>
28. Hiraoka A., Chikazawa G., Totsugawa T., Tamura K., Sakaguchi T., Nakajima K., Yoshitaka H. Efficacy of right axillary artery perfusion for antegrade cerebral perfusion in open total arch repair // *Journal of Vascular Surgery*. 2014. Vol. 60. No. 2. P. 436–442. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2014.02.049>
29. Tan M.E., Dossche K.M., Morshuis W.J., Kelder J.C., Waanders F.G., Schepens M.A. Is extended arch replacement for acute type A aortic dissection an additional risk factor for mortality? // *The Annals of thoracic surgery*. 2003. Vol. 76. No. 4. P. 1209–1214.
30. Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Комаров Р.Н., Винокуров И.А. Прогностические факторы развития осложнений в виде нарушения функции головного мозга и почек в хирургии дуги аорты // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2014. Т. 7. № 2. С. 39–42.
31. Hiraoka A., Chikazawa G., Totsugawa T., Kuinose M., Tamura K., Sakaguchi T., Yoshitaka H. Open total aortic arch reconstruction for patients with advanced age in the era of endovascular repair // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014. Vol. 148. No. 1. P. 77–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.042>
32. Чернявский А.М., Альсов С.А., Ляшенко М.М., Сирота Д.А., Хван Д.С., Виноградова Т.Е., Ломиворотов В.В., Захаров С.Л. Анализ неврологических осложнений после хирургической реконструкции дуги аорты у пациентов с проксимальным расслоением // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2013. Т. 17. № 2. С. 35–40.
33. Numata S., Tsutsumi Y., Monta O., Yamazaki S., Seo H., Yoshida S., Samura T., Ohashi H. Acute type A aortic dissection repair with mild-to-moderate hypothermic circulatory arrest and selective cerebral perfusion // *The Journal of Cardiovascular Surgery*. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 525–530.
34. Hiraoka A., Chikazawa G., Totsugawa T., Kuinose M., Tamura K., Sakaguchi T., Yoshitaka H. Open total aortic arch reconstruction for patients with advanced age in the era of endovascular repair // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2014. Vol. 148. No. 1. P. 77–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.042>
35. Чернявский А.М., Альсов С.А., Ляшенко М.М., Сирота Д.А., Хван Д.С., Виноградова Т.Е., Ломиворотов В.В., Захаров С.Л. Анализ неврологических осложнений после хирургической реконструкции дуги аорты у пациентов с проксимальным расслоением // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2013. Т. 17. № 2. С. 35–40.
36. Numata S1, Tsutsumi Y, Monta O, Yamazaki S, Seo H, Yoshida S, Samura T, Ohashi H. Acute type A aortic dissection repair with mild-to-moderate hypothermic circulatory arrest and selective cerebral perfusion. *The Journal of cardiovascular surgery*. 2015;56(4):525-30.

### Aortic arch reconstruction in surgical treatment of ascending aortic aneurysms and dissections

Gordeev M.L., Uspenskiy V.E., Bakanov A.Y., Volkov V.V., Ibragimov A.N., Scherbinin T.S., Irtyuga O.B., Naimushin A.V.

Almazov Federal Medical Research Centre, Ministry of Health Care of Russian Federation, 197341, Saint Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Vladimir E. Uspenskiy, [vladimiruspenskiy@gmail.com](mailto:vladimiruspenskiy@gmail.com)

**Aim.** The study focused on the analysis of short-term results of aortic arch reconstruction in patients undergoing open heart surgery for ascending aortic aneurysms and dissections, comparison of intra-operative brain protection methods and verification of predictors of complications.

**Methods.** 84 patients (mean age 55.5 ± 11.5 years, 72.6 % (61) males) with ascending aortic aneurysms and Stanford type A ascending aortic and arch dissections underwent surgery over a period from January, 2013, to March, 2015. Patients were divided into 3 groups. The 1st group included patients with

ascending aortic aneurysm combined with aortic dilatation at the level of innominate artery >4.0 cm (n = 41). The 2nd group consisted of patients with Stanford type A acute ascending aortic and arch dissection (n = 25). In the 3rd group there were patients with type A chronic ascending aortic and arch dissection (n = 18). No significant differences between the groups were observed. Mean values of the maximum ascending aortic diameter did not differ significantly and were 59.6, 58.4 and 62.4 mm in the 1st, 2nd and 3rd groups, respectively. 3 patients from the 2nd group presented with acute heart failure, 6 – acute myocardial infarction, and 3 – stroke. Higher values of pressure gradient on the aortic valve were registered in the 1st group, as compared to those in the 2nd and 3rd groups (mean value of the peak gradient was 4.5, 8.1 and 12.4 mm Hg, respectively). EuroSCORE II value in the 1st, 2nd and 3rd groups was 9.4 %, 17.7 % and 5.8 %, respectively.

**Results.** Overall hospital mortality was 1.2 %: 1 patient with acute type A aortic dissection and later dissection of innominate artery developed stroke and died due to multiple organ failure. More prolonged cardiopulmonary bypass time and aortic cross-clamp time were required for patients with acute ascending aortic dissections, but the total surgery time and circulatory arrest time differed significantly only in the 2nd and 3rd groups. Lengthy inotropic support, ventilation time and total ICU stay, as well as a higher rate of neurologic disorders in patients with aortic dissections in comparison with patients with aneurysms were observed. We verified correlation of the urgent type of surgery, acute type A aortic dissection, including arch and descending thoracic aortic dissection, also with dissection of cervicocerebral arteries, with a more complicated hospital period, increased inotropic support and prolonged duration of stay in the intensive care unit.

**Conclusion.** Hemiarch repair of aortic arch dilatation in case of ascending aortic replacement is an effective and safe method of treatment of extended ascending aortic aneurysms and dissections. Unilateral anterograde cerebral perfusion with simultaneous crossclamping of contralateral common carotid artery allows to maintain effective cerebral protection in conditions of moderate hypothermia and duration of circulatory arrest for at least 30-40 minutes. Adverse prognostic factors are urgent surgery, ascending aortic, arch and descending thoracic aortic dissection, prolonged extracorporeal circulation and myocardial ischemia, and disuse of the axillary artery for cannulation.

**Keywords:** aorta; arch; aneurysm; dissection; stroke

Received 6 October 2016. Accepted 24 November 2016.

**Funding:** The study was carried out within the government's task for 2015-2017, "Cardiovascular pathologies", theme No. 4 "Research on genome and cellular mechanisms of formation of aorta and aortic valve pathology and development of new methods for its treatment including hybrid technologies".

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

#### Author contributions

Material acquisition and analysis: Gordeev M.L., Uspenskiy V.E., Bakanov A.Y., Volkov V.V., Ibragimov A.N., Scherbinin T.S., Irtyuga O.B., Naimushin A.V.

Article writing: Gordeev M.L., Uspenskiy V.E., Bakanov A.Y.

Review & editing: Gordeev M.L., Naimushin A.V.

#### Acknowledgment

The authors express their gratitude for support in diagnostics and management of patients with aortic abnormalities to I. V. Basek, PhD, Head of X-Ray CT Department, and to the employees of X-ray CT Department; to D.A. Zverev, PhD, Head of X-ray Endovascular Surgery Research Lab and the employees of X-ray Endovascular Surgery Departments; O.M. Moiseyeva, Doc. Sci. (Medicine), Head of Noncoronogenic Heart Diseases Department and her employees, as well as to the employees of Anesthesiology & Resuscitation and Cardiovascular Surgery Departments.

**Copyright:** © 2016 Gordeev et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

## References

1. Clouse WD, Hallett JW Jr, Schaff HV, Gayari MM, Ilstrup DM, Melton LJ 3rd. Improved prognosis of thoracic aortic aneurysms: a population-based study. *JAMA*. 1998;280(22):1926-9.
2. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2002;74(5):S1877-80.
3. Melvinsdottir IH, Lund SH, Agnarsson BA, Sigvaldason K, Gudbjartsson T, Geirsson A. The incidence and mortality of acute thoracic aortic dissection: results from a whole nation study. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2016. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezw235>
4. Okamoto Y, Matsumoto M, Inoue H. Single-stage repair of extended thoracic aortic aneurysm. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2009;8(3):377-8. <http://dx.doi.org/10.1510/icvts.2008.190801>
5. von Segesser LK, Fischer A, Vogt P, Turina M. Diagnosis and management of blunt great vessel trauma. *Journal of Cardiac Surgery*. 1997;12(2 Suppl):181-6.
6. Roberts WC, Barbin CM, Weissenborn MR, Ko JM, Henry AC. Syphilis as a cause of thoracic aortic aneurysm. *The American Journal of Cardiology*. 2015;116(8):1298-303. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2015.07.030>
7. Wada H, Sakata N, Tashiro T. Clinicopathological study on penetrating atherosclerotic ulcers and aortic dissection: distinct pattern of development of initial event. *Heart and Vessels*. 2016;31(11):1855-61. <http://dx.doi.org/10.1007/s00380-016-0813-2>
8. Nakashima M, Usui A, Oshima H, Ueda Y. The treatment of infectious aneurysms in the thoracic aorta; our experience in treating five consecutive patients. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2010;10(2):334-7. <http://dx.doi.org/10.1510/icvts.2009.215046>
9. Higashigawa T, Kato N, Chino S, Hashimoto T, Shimpo H, Tokui T, Mizumoto T, Sato T, Okabe M, Sakuma H. Type A aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2016;102(5):1536-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.04.024>
10. Kazui T, Washiyama N, Muhammad BA, Terada H, Yamashita K, Takinami M, Tamiya Y. Extended total arch replacement for acute type A aortic dissection: experience with seventy patients. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2000;119(3):558-65. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223\(00\)70136-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70136-X)
11. Saleh HM, Inglese L. Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *Journal of Vascular Surgery*. 2006;44(3):460-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2006.04.057>
12. Liashenko MM, Cherniavskii AM, Alsov SA, Sirota DA, Khvan DS. Immediate results of surgical reconstruction of the aortic arch in patients

- with proximal aortic dissection. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and vascular surgery*. 2014;20(1):123-31. (In Russ.)
13. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo RD, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2014;35(41):2873-926. <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>
  14. Bokeriya LA, Gudkova RG. *Serdechno-sosudistaya khirurgiya – 2011*. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; 2012. 196 p. (In Russ.)
  15. Bokeriya LA, Gudkova RG. *Serdechno-sosudistaya khirurgiya – 2014*. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; 2015. 226 p. (In Russ.)
  16. Fukada J, Morishita K, Kawaharada N, Muraki S, Satsu T, Kurimoto Y, Abe T. Antegrade selective cerebral perfusion for extended total arch replacement using separated graft technique; reassessment from the type of aneurysms and dissections. *Kyobu Geka*. 2002;55(13):1087-93. (In Jap.)
  17. Kim JB, Chung CH, Moon DH, Ha GJ, Lee TY, Jung SH, Choo SJ, Lee JW. Total arch repair versus hemiarch repair in the management of acute DeBakey type I aortic dissection. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2011;40(4):881-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.12.035>
  18. Strauch JT, Spielvogel D, Lauten A, Lansman SL, McMurtry K, Bodian CA, Griepp RB. Axillary artery cannulation: routine use in ascending aorta and aortic arch replacement. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2004;78(1):103-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.01.035>
  19. Tsiouris A, Elkinany S, Ziganshin BA, Elefteriades JA. Open seldinger-guided femoral artery cannulation technique for thoracic aortic surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2016;101(6):2231-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.12.032>
  20. Garg V, Tsirigotis DN, Dickson J, Dalamagas C, Latter DA, Verma S, Peterson MD. Direct innominate artery cannulation for selective antegrade cerebral perfusion during deep hypothermic circulatory arrest in aortic surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;148(6):2920-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.07.021>
  21. Boldyrev SYu, Barbukhatti KO, Yakuba II, Lepshokov MK, Rasponamarev VG, Gornashko OYu. *Byulleten' Nauchnogo Tsentra Serdechno-Sosudistoy Khirurgii imeni A.N. Bakuleva Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk Serdechno-sosudistye zabolevaniya = The Bulletin of A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences CARDIOVASCULAR DISEASES*. 2011;12(6):269. (In Russ.)
  22. Kozlov BN, Panfilov DS, Ponomarenko IV, Miroshnichenko AG, Gorokhov AS, Kuznetsov MS, Nasrashvili GG, Shipulin VM. The new technique of unilateral antegrade cerebral perfusion during aortic arch surgery. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya = Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2015;8(1):30-4. <http://dx.doi.org/10.17116/kardio20158130-34> (In Russ.)
  23. Lee HK, Kim GJ, Cho JY, Lee JT, Park I, Lee YO. Comparison of the outcomes between axillary and femoral artery cannulation for acute type A aortic dissection. *The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2012;45(2):85-90. <http://dx.doi.org/10.5090/kjtcvs.2012.45.2.85>
  24. Urbanski PP, Lenos A, Kolowca M, Bougioukakis P, Keller G, Zacher M, Diegeler A. Near-infrared spectroscopy for neuromonitoring of unilateral cerebral perfusion. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2013;43(6):1140-4. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezs557>
  25. Okada N, Oshima H, Narita Y, Abe T, Araki Y, Mutsuga M, Fujimoto KL, Tokuda Y, Usui A. Impact of surgical stroke on the early and late outcomes after thoracic aortic operations. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2015;99(6):2017-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.033>
  26. Yamashiro S, Kuniyoshi Y, Arakaki K, Inafuku H, Morishima Y, Kise Y. Total arch replacement using bilateral axillary antegrade selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;16(4):259-63.
  27. Immer FF, Moser B, Krahenbuhl ES, Englberger L, Stalder M, Eckstein FS, Carrel T. Arterial access through the right subclavian artery in surgery of the aortic arch improves neurologic outcome and mid-term quality of life. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2008;85(5):1614-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.11.027>
  28. Hiraoka A, Chikazawa G, Totsugawa T, Tamura K, Sakaguchi T, Nakajima K, Yoshitaka H. Efficacy of right axillary artery perfusion for antegrade cerebral perfusion in open total arch repair. *Journal of Vascular Surgery*. 2014;60(2):436-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2014.02.049>
  29. Tan ME, Dossche KM, Morshuis WJ, Kelder JC, Waanders FG, Schepens MA. Is extended arch replacement for acute type A aortic dissection an additional risk factor for mortality? *The Annals of Thoracic Surgery*. 2003;76(4):1209-14.
  30. Belov IuV, Charchian ER, Komarov RN, Vinokurov IA. The prognostic factors for complications from brain and kidneys in surgery of aortic arch. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya = Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2014;7(2):39-42. (In Russ.)
  31. Hiraoka A, Chikazawa G, Totsugawa T, Kuinose M, Tamura K, Sakaguchi T, Yoshitaka H. Open total aortic arch reconstruction for patients with advanced age in the era of endovascular repair. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;148(1):77-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.042>
  32. Chernyavskiy AM, Alsov SA, Lyashenko MM, Sirota DA, Khvan DS, Vinogradova TYe, Lomivorotov VV, Zakharov SL. The analyze of neurological complications after aortic arch reconstruction in patients with proximal aortic dissection. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2013;17(2):35-40. (In Russ.)
  33. Numata S, Tsutsumi Y, Monta O, Yamazaki S, Seo H, Yoshida S, Samura T, Ohashi H. Acute type A aortic dissection repair with mild-to-moderate hypothermic circulatory arrest and selective cerebral perfusion. *The Journal of Cardiovascular Surgery*. 2015;56(4):525-30.
  34. Hiraoka A, Chikazawa G, Totsugawa T, Kuinose M, Tamura K, Sakaguchi T, Yoshitaka H. Open total aortic arch reconstruction for patients with advanced age in the era of endovascular repair. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;148(1):77-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.042>
  35. Chernyavskiy AM, Alsov SA, Lyashenko MM, Sirota DA, Khvan DS, Vinogradova TYe, Lomivorotov VV, Zakharov SL. The analyze of neurological complications after aortic arch reconstruction in patients with proximal aortic dissection. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2013;17(2):35-40. (In Russ.)
  36. Numata S, Tsutsumi Y, Monta O, Yamazaki S, Seo H, Yoshida S, Samura T, Ohashi H. Acute type A aortic dissection repair with mild-to-moderate hypothermic circulatory arrest and selective cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2015;56(4):525-30.

**How to cite:** Gordeev ML, Uspenskiy VE, Bakanov AY, Volkov VV, Ibragimov AN, Scherbinin TS, Irtyuga OB, Naimushin AV. Aortic arch reconstruction in surgical treatment of ascending aortic aneurysms and dissections. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2016;20(4):45-57. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688-1681-3472-2016-4-45-57>