

Клеточно-межклеточные взаимоотношения в различных отделах аорты после реконструктивных операций при коарктации у детей первого года жизни

© С.С. Тодоров

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет», Министерство здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Поступила в редакцию 2 февраля 2017 г. Принята к печати 26 мая 2017 г.

Для корреспонденции: Сергей Сергеевич Тодоров, setodorov@yandex.ru

Цель

Оценка клеточно-межклеточных взаимоотношений в различных отделах аорты у детей первого года жизни после реконструктивных операций при коарктации.

Методы

Изучены истории болезни и протоколы вскрытий трех умерших новорожденных после оперативного лечения коарктации аорты. Операции проводились у детей на 8, 10, 15-е сут. после рождения. В двух наблюдениях выполнялись резекция участка сужения просвета аорты, перевязка Боталлова протока, формирование прямого анастомоза аорты. В одном наблюдении использовалась закрытая баллонная дилатация аорты в месте сужения. На вскрытии изучались размеры сердца, периметр аорты в местах операций, в различных отделах аорты. Фрагменты стенок отделов аорты вырезались, фиксировались в 10% нейтрального формалина, после обычной проводки изготавливались гистологические срезы с последующей окраской их гематоксилином-эозином, пикрофуксином по Ван Гизону, на эластические волокна резорцин-фуксином, по Хочкиксу для выявления мукополисахаридов.

Результаты

Клеточно-межклеточные взаимоотношения в различных отделах аорты после реконструктивных операций при коарктации у детей первого года жизни имеют морфологические особенности. Морфометрическое изучение сердца и аорты показало значительное увеличение объема и массы сердца по сравнению с нормальными величинами за счет гипертрофии миокарда правого и левого желудочков сердца. Неравномерное сужение просветов аорты было наиболее выражено в дуге и перешейке по сравнению с восходящим и грудным отделами аорты. Морфологическое исследование стенки аорты в зонах сужений показало наличие коагуляционного некроза, лизиса эластических и коллагеновых волокон с окружающей гиперплазией гладких миоцитов новообразованными тонкостенными сосудами капиллярного типа. Вне зоны коарктации наиболее значимые изменения были в стенках дуги и восходящего отдела аорты с развитием в них гипозластога, неравномерного накопления кислых мукополисахаридов.

Выводы

При коарктации аорты у детей первого года жизни наблюдается дилатация восходящего отдела с компенсаторной гипертрофией сердца, в местах сужений развивается мышечно-фиброзная ткань, богатая гладкими миоцитами, новообразованными тонкостенными сосудами. Мы считаем, что риск развития рестенозов зависит от распространенности и степени выраженности пролиферативных процессов клеточных элементов аорты, что позволяет считать оправданным проведение ранних оперативных вмешательств для предотвращения необратимых деструктивных изменений.

Ключевые слова аорта; коарктация; хирургическое лечение; дети; морфология

Как цитировать: Тодоров С.С. Клеточно-межклеточные взаимоотношения в различных отделах аорты после реконструктивных операций при коарктации у детей первого года жизни. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017;21(2):52-59. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-2-52-59>



Введение

Врожденные пороки сердца (ВПС) и сосудов у новорожденных и детей первого года жизни остаются сложной и актуальной проблемой в современной кардиологии, кардиохирургии. В структуре детской смертности врожденные пороки сердца и сосудов занимают лидирующие позиции [1–4].

Среди врожденных заболеваний сердца и сосудов детей первого года жизни особое место занимает коарктация аорты (КА), которая встречается в 5–8% всех ВПС [5–7]. Отмечено, что КА может быть изолированной, сочетаться с дефектом межжелудочковой перегородки сердца или другими врожденными пороками сердца [6].

В настоящее время разрабатываются методики хирургического лечения КА, дискутируются сроки их проведения. Среди хирургических методик при КА используют реконструкцию аорты в месте сужения с наложением анастомоза «конец-в-конец», истмопластику в области левой подключичной артерии. Широкое признание кардиохирургов получил метод баллонной дилатации аорты при коарктации аорты [4].

Однако при всем многообразии используемых методик лечения КА часто возникают осложнения в виде рекоарктации (15–30%), аневризм (4–37%), илеофemorального тромбоза (4–6%), аллергических реакций на введение контрастных веществ [3, 4, 6].

Противоречивыми остаются вопросы, связанные со сроками проведения хирургических операций при КА. Некоторые авторы полагают, что оптимальным для операций при КА является возраст, в котором морфологические изменения носят обратимый характер, то есть в 12–15 лет, до полового созревания, на аорте достаточного размера [4]. По мнению И.И. Семенова [5], выполнение ранних операций при КА увеличивает возможность развития рекоарктации аорты. По данным других исследований, хирургические вмешательства в течение первых 4 мес. жизни детей при КА могут восстановить нормальный кровоток в аорте и способствовать улучшению эластических свойств ее стенки [8–11, 14]. На решение данных вопросов может повлиять выяснение клеточно-межклеточных взаимоотношений в стенке аорты при коарктации аорты.

Считается, что ремоделирование рестенотических, атеросклеротических поражений аорты и ее ветвей возникает при изменении фенотипа гладких миоцитов, что, в свою очередь, ведет к активации цитокинов, факторов роста клеток [12, 15]. В настоящее время ус-

тановлены морфологические варианты гладких миоцитов артерий: эпителиоидные (ромбоидные) и веретеновидные [13].

Морфологические изменения, возникающие в стенке аорты после операций, малоизучены, не определена роль экстрацеллюлярного (внеклеточного) матрикса в регенерации и ремоделировании клеточно-волоконистых элементов стенок магистральных сосудов.

В этой связи целью исследования была оценка клеточно-межклеточных взаимоотношений в различных отделах аорты у детей первого года жизни после реконструктивных операций при коарктации.

Методы

Изучены истории болезни и протоколы вскрытий трех умерших новорожденных после оперативного лечения КА. Возраст детей 1–3 мес. жизни, среди них двое мальчиков, одна девочка. У всех женщин во время беременности не было выявлено признаков акушерско-гинекологической патологии. Все новорожденные родились на 39–40-й нед. беременности, были доношенными, зрелыми, массой тела от 2 800 до 3 500 г, оценкой по шкале Апгар 7–8 баллов.

Клинические проявления ВПС и сосудов обнаруживались у детей уже на 3–5-е сут. после рождения в виде появления и дальнейшего нарастания признаков прогрессирующей сердечно-сосудистой недостаточности. Во всех случаях новорожденных консультировали кардиолог, кардиохирург, после уточнения ультразвуковых признаков ВПС и аорты рекомендовано хирургическое вмешательство.

Операции при КА проводились у детей на 8, 10, 15-е сут. после рождения. В двух наблюдениях выполнялись резекция участка сужения просвета аорты, перевязка Боталлова протока, формирование прямого анастомоза аорты. В одном наблюдении использовалась закрытая баллонная дилатация аорты в месте сужения.

После оперативного лечения КА у детей отмечались явления нарастающей сердечной и дыхательной недостаточности. Смерть наступала через 1,5–2 мес. в связи с присоединением и развитием двусторонней пневмонии.

Все найденные морфологические изменения регистрировались, маркировались, проводилась морфометрия, макрофото съемка. Полученные данные подвергались математической обработке с помощью пакета данных Statistica 6.

После фиксации в 10%-м нейтральном растворе формалина и обычной проводки гистологические срезы



Рис. 1. Морфологические изменения различных отделов аорты после реконструктивной операции при коарктации аорты: дилатация восходящего отдела аорты, валикообразное утолщение зоны перешейка аорты

Fig. 1. Structural changes in various parts of the aorta after aortic coarctation repair: ascending aorta dilatation, roll-shaped thickening of the aortic isthmus

аорты, легочной артерии, сердца окрашивались гематоксилином-эозином, пикрофуксином по Ван Гизону, Вейгерту на эластические волокна, проводилась ШИК-реакция с докраской альциановым синим для выявления кислых и нейтральных гликозаминогликанов.

Результаты

На вскрытии наибольшие морфологические изменения при КА отмечались в сердечно-сосудистой системе.

При изучении аорты в местах операций имелось грубое утолщение ее стенки, сужение просвета по типу «песочных часов». На внутренней поверхности, в интима аорты имелся плотный белесоватый «валик», выступающий в ее просвет. Проксимальнее места сужения

Таблица 1 Морфометрическая характеристика объема сердца у детей после хирургической коррекции коарктации аорты

Возраст	Среднее, М	Стд. ошибка, m	25% квартиль	Медиана, Ме	75% квартиль
32 сут. – 6 мес.	117,50	2,50	115,00	117,50	120,00

Таблица 2 Морфометрическая характеристика массы сердца у детей после хирургической коррекции коарктации аорты

Возраст	Среднее, М	Стд. ошибка, m	25% квартиль	Медиана, Ме	75% квартиль
32 сут. – 6 мес.	45,00	–	45,00	45,00	45,00

отмечалась неравномерная дилатация просвета дуги до 2,5–3 см, восходящего отдела аорты — до 2,7–3,2 см, отмечалось мешковидное выпячивание по типу аневризмы задней стенки восходящей аорты.

Легочная артерия на всем протяжении была неравномерно расширена до 2,5–2,7 см, внутренняя поверхность ее была гладкой белесоватой. В двух наблюдениях имелись признаки ВПС: гипертрофическая кардиомиопатия в одном, гипоплазия и фиброэластоз эндокарда левого желудочка сердца в другом (рис. 1).

Как следует из данных в табл. 1, средняя величина объема сердца после хирургического лечения КА превышала нормальные показатели, что указывало на ослабление деятельности сердца, наличие сердечной недостаточности.

Масса сердца у детей после оперативного лечения КА (табл. 2) в среднем превышала нормальные величины на 75%, что связано с гипертрофией миокарда. Отмечены неравномерная дилатация восходящего отдела и нерезкое сужение дуги аорты (табл. 3, 4).

Важно отметить, что средние показатели периметра перешеечной области грудного отдела аорты были резко уменьшены, что свидетельствовало о стенозе этого отдела (табл. 5).

Таким образом, сравнительное морфометрическое исследование сердца и магистральных сосудов после хирургического лечения КА выявило значительное увеличение объема и массы сердца за счет резко выраженной гипертрофии миокарда левого и правого желудоч-

Таблица 3 Морфометрическая характеристика периметра восходящего отдела аорты у детей после хирургической коррекции коарктации аорты

Возраст	Среднее, М	Стд. ошибка, m	25% квартиль	Медиана, Ме	75% квартиль
32 сут. – 6 мес.	2,25	0,25	2,00	2,25	2,50

Таблица 4 Морфометрическая характеристика периметра дуги аорты у детей после хирургической коррекции коарктации аорты

Возраст	Среднее, М	Стд. ошибка, m	25% квартиль	Медиана, Ме	75% квартиль
32 сут. – 6 мес.	1,25	0,15	1,10	1,25	1,40

ков и их дилатации, стеноз перешейка грудной аорты, умеренное сужение дуги аорты, дилатацию восходящей аорты.

Гистологическое исследование сердечно-сосудистой системы при КА выявило следующие особенности. В местах операций архитектура стенки аорты была нарушена, расположение внутренней, средней, наружной оболочек плохо различимо. Гистологические изменения значительно выражены в средней оболочке. Здесь имелись крупные гомогенные бесклеточные участки — фокусы некроза гладкомышечных клеток, коллагеновых и эластических волокон, не содержащих гликозаминогликаны в окрасках по Хочкиссу альциановым синим. Эластические волокна в этих местах были фрагментированы, имели вид «прядей волос», на большем протяжении их структура не

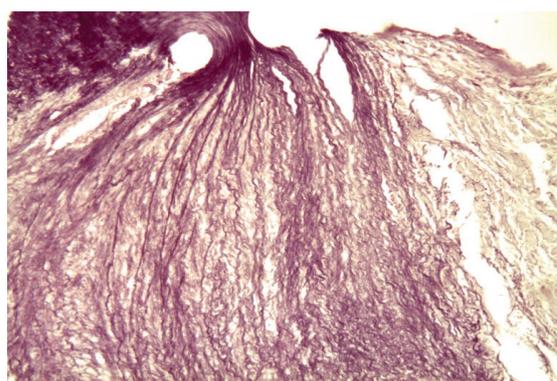


Рис. 2. В зоне операции — новообразованная мышечно-фиброзная ткань с беспорядочным расположением тонких эластических волокон, имеющих вид «прядей волос». Окрасивание по Вейгерту. Увеличение $\times 200$

Fig. 2. Surgical site: a newly formed muscle-fibrous tissue with randomly located thin elastic fibers shaped as “hair strands”. Weigert stain. Magnification $\times 200$

Таблица 5 Морфометрическая характеристика периметра перешейка грудного отдела у детей после хирургической коррекции коарктации аорты

Возраст	Среднее, М	Стд. ошибка, m	25% квартиль	Медиана, Ме	75% квартиль
32 сут. – 6 мес.	0,40	0,10	0,30	0,40	0,50

была видна, что свидетельствовало об их деструкции (рис. 2).

Вокруг очагов некрозов имелись скопления гладких миоцитов, имеющие вид веретеновидных и эпителиоидных клеток. Среди них преобладали эпителиоидные гладкомышечные клетки, которые содержали в цитоплазме альциан-положительные вещества, то есть кислые гликозаминогликаны. Гладкие миоциты веретеновидной формы располагались в стенке хаотично, образуя причудливые структуры, между ними отмечалось скопление нейтральных гликозаминогликанов, тонких коллагеновых волокон (рис. 3).

Эпителиоидные гладкие миоциты имели более крупные размеры, содержали светлую цитоплазму, в которой отмечалось накопление кислых гликозаминогликанов; при этом данные клеточные популяции

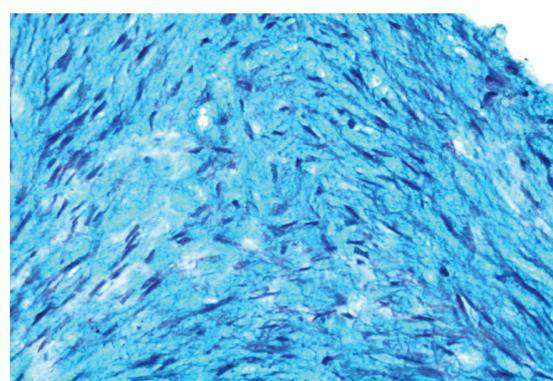


Рис. 3. В зоне операции — скопление крупных эпителиоидных и веретеновидных гладких миоцитов, инфильтрация стенки аорты кислыми мукополисахаридами. ШИК-реакция с докраской альциановым синим. Увеличение $\times 200$

Fig. 2. Surgical site: accumulation of large epithelioid and fusiform smooth muscle cells, infiltration of the aorta wall with acid mucopolysaccharides. Periodic acid–Schiff (PAS) reaction completed with alcian blue. Magnification $\times 200$

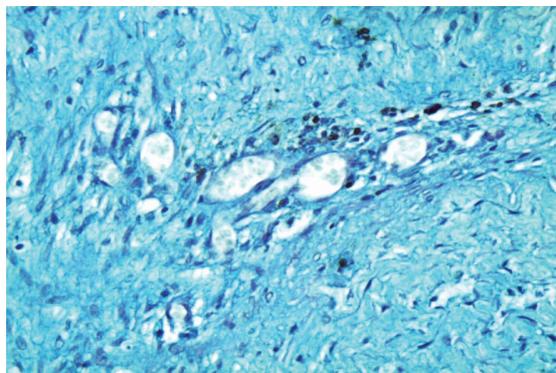


Рис. 4. В зоне операции — в средней оболочке аорты имеются новообразованные капилляры, вокруг которых видны веретеновидные, эпителиоидные гладкие миоциты, единичные гемосидерофаги. ШИК-реакция с докраской альциановым синим. Увеличение $\times 200$

Fig. 4. Surgical site: the middle coat of the aorta has newly formed capillaries surrounded by fusiform smooth muscle cells, heart failure cells. Periodic acid-Schiff (PAS) reaction completed with alcian blue. Magnification $\times 200$

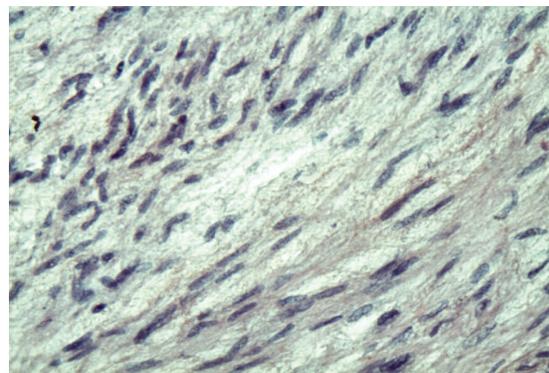


Рис. 5. В стенке грудной аорты — очаги опустошения клеток и волокон средней оболочки. Окрашивание гематоксилином-эозином. Увеличение $\times 200$

Fig. 5. Thoracic aorta wall: loci of cell and middle coat fibers emptying. Stain with hematoxylin-eosin. Magnification $\times 400$

были представлены в большем количестве по сравнению с веретеновидными гладкими миоцитами.

Кроме повреждения клеточно-волоконистых структур стенки перешейка аорты обнаружены явления ангиоматоза средней и наружной оболочек с образованием тонкостенных мелких сосудов капиллярного типа. Вокруг новообразованных сосудов имелась рыхлая соединительная ткань, содержащая тонкие коллагеновые волокна, единичные гемосидерофаги, что указывало на наличие периваскулярных кровоизлияний. Количество эластических волокон в ней было резко снижено (гипоэластоз), вплоть до полного их отсутствия (анэластоз). В наружной оболочке аорты отмечалось скопление новообразованных мелких артерий мышечного типа, капилляров, расположенных среди тонких коллагеновых волокон рыхлой соединительной ткани (рис. 4).

В наружной оболочке аорты отмечалось скопление новообразованных мелких артерий мышечного типа, капилляров, расположенных среди рыхлой соединительной ткани.

В других отделах аорты и клапанном аппарате были представлены следующие изменения. Полулунные клапаны аорты имели признаки мукоидного оте-

ка, с беспорядочным содержанием эластических и коллагеновых волокон в строме.

В стенках восходящего и брюшного отделов аорты отмечались явления гипоэластоза, неравномерное истончение всех слоев.

В области дуги и проксимального отдела грудной аорты выявлялись признаки эластофиброза внутренней оболочки аорты, очаги опустошения клеток и волокон средней оболочки, нередко с образованием кистозных структур (рис. 5).

Обсуждение

Клеточно-межклеточные взаимоотношения в различных отделах аорты после оперативного лечения КА у детей первого года жизни выявили особенности диспластических и репаративных изменений.

Морфометрическое изучение сердца и аорты показало значительное увеличение объема и массы сердца по сравнению с нормальными величинами за счет гипертрофии миокарда правого и левого желудочков сердца. Неравномерное сужение просветов аорты было наиболее выражено в дуге и перешейке по сравнению с ее восходящим и грудным отделами.

Важным гистологическим признаком репаративной регенерации стенки аорты при КА в местах операций

является участие в этом процессе различных типов гладких миоцитов. Эти клетки, по-видимому, принимают непосредственное участие в секреции гликозаминогликанов стенки аорты, способствуют образованию мелких сосудистых элементов — капилляров, что имело место в нашем исследовании [7]. Грубых склеротических изменений стенок аорты в местах КА мы не обнаружили.

Наряду с этим, в других отделах аорты (восходящей, дуге, брюшной) и ее полулунных клапанах отмечалось уменьшение количества эластических волокон (гипоэластоз), неравномерное накопление кислых мукополисахаридов.

Структурно-функциональные изменения стенки аорты вне коарктации могут появляться во внутриутробном периоде развития плода, что согласуется с другими исследованиями [10]. В то же время морфологические изменения стенки аорты после оперативного лечения КА могут носить компенсаторно-приспособительный характер и быть связаны с гемодинамическими изменениями кровотока.

Вышеописанные морфологические изменения в различных отделах аорты при КА у детей первого года жизни указывают на то, что эта врожденная сосудистая патология, вероятнее всего, не является изолированной, а может быть проявлением дисплазии соединительной ткани. Однако данное утверждение требует дальнейшего морфологического изучения.

Выводы

1. При коарктации аорты у детей первого года жизни наблюдается дилатация восходящего отдела с компенсаторной гипертрофией сердца, в местах сужений развивается мышечно-фиброзная ткань, богатая гладкими миоцитами, новообразованными тонкостенными сосудами. Мы считаем, что риск развития рестенозов зависит от распространенности и степени выраженности пролиферативных процессов клеточных элементов аорты, что позволяет считать оправданным проведение ранних оперативных вмешательств для предотвращения необратимых деструктивных изменений.

2. Репаративная регенерация стенки аорты при коарктации после оперативного лечения заключается в пролиферации веретенновидных и эпителиоидных типов гладких миоцитов, которые участвуют в секреции гликозаминогликанов, способствуют новообразованию тонкостенных сосудов капиллярного типа.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Автор выражает благодарность за оказание методической помощи ректору ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России доктору медицинских наук, профессору С.В. Шлык, проректору по научной работе доктору медицинских наук, профессору Н.И. Волковой и отделу молекулярно-биологических и оптических методов исследования.

Список литературы

1. Бураковский В.И., Бокерия Л.А. *Сердечно-сосудистая хирургия*. М.: Издательство «Медицина», 1996. 768 с.
2. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. *Сердечно-сосудистая хирургия – 2014*. М.: Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, 2015. 226 с.
3. Ким А.И., Бокерия Л.А., Подзолков В.П., Ильин В.Н., Туманян М.Р. Сердечно-сосудистые заболевания у новорожденных: кардиологические и хирургические проблемы. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2003;(12):77-80.
4. Пурецкий М.В., Иванов А.С., Лебедева А.В. Ближайшие и отдаленные результаты баллонной дилатации коарктации аорты. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2006;(10):13-6.
5. Семенов И.И. *Патогенетическое обоснование клиники коарктации аорты, принципов хирургического лечения и оценки его результатов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук*. Новосибирск, 1997.
6. Шарыкин А.С. *Врожденные пороки сердца (руководство для педиатров, кардиологов, неонатологов)*. М.: Теремок, 2005.
7. Тодоров С.С. *Патоморфологические изменения аорты при врожденных заболеваниях сердечно-сосудистой системы у детей первого полугодия жизни: дис. ... д-ра мед. наук*. Новосибирск, 2011. 227 с.
8. Школьников М.А., Осокина Г.Г., Абдулатипова И.В. Заболеваемость, смертность и структура сердечно-сосудистой патологии у детей в Российской Федерации. *Российский медицинский журнал*. 2003;(6):3-6.
9. Fawzy M.E., Fathala A., Osman A., Badr A., Mostafa M.A., Mohamed G., Dunn B. Twenty-two years of follow-up results of balloon angioplasty for discreet native coarctation of the aorta in adolescents and adults. *Am Heart J*. 2008;156(5):910-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2008.06.037>
10. Pinzon J.L., Burrows P.E., Benson L.N., Moes C.A., Lighfoot N.E., Williams W.G., Freedom R.M. Repair of coarctation of the aorta in children: postoperative morphology. *Radiology*. 1991;180(1):199-203. <http://dx.doi.org/10.1148/radiology.180.1.2052694>
11. Vogt M., Kuhn A., Baumgartner D., Baumgartner C., Busch R., Kostolny M., Hess J. Impaired elastic properties of the ascending aorta in newborns before and early after successful coarctation repair: proof of a systemic vascular disease of the prestenotic

- arteries? *Circulation*. 2005;111(24):3269-73. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.529792>
12. Badimon J.J., Ortiz A.F., Meyer B., Mailhac A., Fallon J.T., Falk E., Badimon L., Chesebro J.H., Fuster V. Different response to balloon angioplasty of carotid and coronary arteries: effects on acute platelet deposition and in thickening. *Atheroscl*. 1998;140(2):307-14.
 13. Waldo K.L., Hutson M.R., Ward C.C., Zdanowicz M., Stadt H.A., Kumiski D., Abu-Issa R., Kirby M.L. Secondary heart field contributes myocardium and smooth muscle to the arterial pole of the developing heart. *Dev Biol*. 2005;281(1):78-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ydbio.2005.02.012>
 14. Brown J.W., Ruzmetov M., Hoyer M.H., Rodefeld M.D., Turrentine M.W. Recurrent coarctation: is surgical repair of repair coarctation of the aorta safe and effective? *Ann Thorac Surg*. 2009;88(6):1923-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.07.024>
 15. Miano J., Long X., Fujiwara K. Serum response factor: master regulator of the actin cytoskeleton and contractile apparatus. *Am J Physiol Cell Phys*. 2007;292(1):C70-81. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpcell.00386.2006>

References

1. Burakovskiy V.I., Bokeriya L.A. *Cardiovascular Surgery*. Moscow: Medicine Publ.; 1996. 768 p. (In Russ.)
2. Bokeriya L.A., Gudkova R.G. *Cardiovascular Surgery – 2014*. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; 2015. 226 p. (In Russ.)
3. Kim A.L., Bokeriya L.A., Podzolokov V.P., Ilyin V.N., Tumanyan M.R. Cardiovascular diseases in newborns: cardiologic and surgical aspects. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2003;(12):77-80. (In Russ.)
4. Puretskiy M.V., Ivanov A.S., Lebedeva A.V. Blizhayshie i otdalennye rezultaty ballonnoy dilatatsii koarktatsii aorty. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova = Journal Surgery named after N.I. Pirogov*. 2006;(10):13-6. (In Russ.)
5. Semenov I.I. *Pathogenetic substantiation of clinic of coarctation of aorta, principles of surgical treatment and estimation of its results*. Dokt. Diss. Novosibirsk; 1997. (In Russ.)
6. Sharykin A.S. *Congenital heart disease (a guide for pediatricians, cardiologists, neonatologists)*. Moscow: Teremok Publ.; 2005. (In Russ.)
7. Todorov S.S. *Pathomorphological changes in the aorta in congenital diseases of the cardiovascular system in children of the first half of life*. Dokt. Diss. Novosibirsk; 2011. 197 p. (In Russ.)
8. Shkolnikova M.A., Osokina G.G., Abdulatipova I.V. Morbidity, lethality and structure of cardiovascular pathologies in children in the Russian Federation. *Rossiiskii Meditsinskii Zhurnal = Medical Journal of the Russian Federation*. 2003;(6):3-6. (In Russ.)
9. Fawzy M.E., Fathala A., Osman A., Badr A., Mostafa M.A., Mohamed G., Dunn B. Twenty-two years of follow-up results of balloon angioplasty for discreet native coarctation of the aorta in adolescents and adults. *Am Heart J*. 2008;156(5):910-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2008.06.037>
10. Pinzon J.L., Burrows P.E., Benson L.N., Moes C.A., Lighfoot N.E., Williams W.G., Freedom R.M. Repair of coarctation of the aorta in children: postoperative morphology. *Radiology*. 1991;180(1):199-203. <http://dx.doi.org/10.1148/radiology.180.1.2052694>
11. Vogt M., Kuhn A., Baumgartner D, Baumgartner C., Busch R., Kostolny M., Hess J. Impaired elastic properties of the ascending aorta in newborns before and early after successful coarctation repair: proof of a systemic vascular disease of the prestenotic arteries? *Circulation*. 2005;111(24):3269-73. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.529792>
12. Badimon J.J., Ortiz A.F., Meyer B., Mailhac A., Fallon J.T., Falk E., Badimon L., Chesebro J.H., Fuster V. Different response to balloon angioplasty of carotid and coronary arteries: effects on acute platelet deposition and in thickening. *Atheroscl*. 1998;140(2):307-14.
13. Waldo K.L., Hutson M.R., Ward C.C., Zdanowicz M., Stadt H.A., Kumiski D., Abu-Issa R., Kirby M.L. Secondary heart field contributes myocardium and smooth muscle to the arterial pole of the developing heart. *Dev Biol*. 2005;281(1):78-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ydbio.2005.02.012>
14. Brown J.W., Ruzmetov M., Hoyer M.H., Rodefeld M.D., Turrentine M.W. Recurrent coarctation: is surgical repair of repair coarctation of the aorta safe and effective? *Ann Thorac Surg*. 2009;88(6):1923-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.07.024>
15. Miano J., Long X., Fujiwara K. Serum response factor: master regulator of the actin cytoskeleton and contractile apparatus. *Am J Physiol Cell Phys*. 2007;292(1):C70-81. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpcell.00386.2006>

Cellular/intercellular interrelations in various parts of aorta after reconstructive treatment of aortic stenosis in infants

Sergey S. Todorov

Rostov State Medical University, Ministry of Health of Russian Federation, 344000 Rostov-on-Don, Russian Federation

Corresponding author. Sergey S. Todorov, setodorov@yandex.ru

Aim. The article focuses on the evaluation of cellular/intercellular relationships in various parts of the aorta after reconstructive treatment of aortic stenosis in infants.

Methods. Medical histories and protocols of autopsies of three newborns were studied after surgical treatment of aortic coarctation. The operations were performed in children at 8th, 10th and 15th day after birth. In two cases, resection of the aortic lumen narrowing, botulinum duct ligation and formation of a direct aortic anastomosis were performed. In one observation, a closed balloon dilatation of the aorta in the area of constriction was used. When performing autopsy, the size of the heart, the perimeter of the aorta at the surgical sites and various parts of the aorta were examined. The fragments of the wall of the aortic sections were cut out and fixed in 10% neutral formalin. Histologic sections were prepared in a conventional way followed by staining them with hematoxylin-eosin or picrofuxin by Van Gieson, while elastic fibers were stained with rezorcin-fuchsin by Hotchkiss and Periodic acid-Schiff (PAS) in order to detect mucopolysaccharides.

Results. Cellular/intercellular relationships in various parts of the aorta following aortic coarctation in infants have some morphological features. Morphometric examination of the heart and aorta showed a significant increase in the volume and mass of the heart compared with the normal values due to myocardial hypertrophy of the right and left ventricles of the heart. An uneven narrowing of the aortic lumens was most pronounced in the arch and isthmus as compared to the ascending and thoracic parts of aorta. Morphological examination of the aortic wall in the constriction zones demonstrated the presence of coagulation necrosis, lysis of elastic, collagen fibers with surrounding hyperplasia of smooth myocytes, newly formed thin-walled capillary vessels. Outside the coarctation zone, the most significant changes characterized by the development of hypoelastosis, non-uniform accumulation of acid mucopolysaccharides were observed in the walls of the arch and the ascending aorta.

Conclusion. In infants with coarctation of the aorta, dilatation of the ascending aorta with compensatory hypertrophy of the heart is observed, and a muscle-fibrous tissue, rich in smooth myocytes and newly formed thin-walled vessels, tends to develop in stenotic zones. The risk of restenosis development is believed to depend on the prevalence and severity of proliferative processes of the cellular elements of the aorta, which allows us to consider early surgical interventions to prevent irreversible destructive changes as justifiable.

Keywords: aorta; coarctation; surgical treatment; infants; morphology

Received 2 February 2017. Accepted 27 May 2017.

Funding: The study required no additional funding and sponsorship.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

Acknowledgements

The author expresses his gratitude towards Professor S.V. Shlyk, Dr. Sci. (Medicine), Rector of Rostov State Medical University, Professor N.I. Volkova, Dr. Sci. (Medicine), Pro-Rector for Research of Rostov State Medical University and the researchers of the Molecular/Biological & Optical Research Methods Department.

Copyright: © 2017 Todorov. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

How to cite: Todorov S.S. Cellular/intercellular interrelations in various parts of aorta after reconstructive treatment of aortic stenosis in infants. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2017;21(2):52-59. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-2-52-59>