

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ АОРТЫ В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ РАЗВИТИЯ КРЫС

© Ольга Николаевна Серебрякова¹, Вера Владимировна Иванова¹,
Иван Васильевич Мильто^{1, 2}, Ирина Владимировна Суходоло¹

¹ Сибирский государственный медицинский университет. 634050, Томск, Московский тракт, 2

² Северский биофизический научный центр. 636013, Томская обл., Северск-13, а/я № 130

Контактная информация: Ольга Николаевна Серебрякова — аспирант кафедры морфологии и общей патологии.
E-mail: oserebryakovan@gmail.com

Поступила: 26.03.2021

Одобрена: 19.04.2021

Принята к печати: 17.06.2021

РЕЗЮМЕ: Целью исследования явилось изучение морфофункциональных особенностей грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты на ранних этапах постнатального периода развития крыс. Эксперимент проводили на самцах крыс линии Wistar (n=18), которых содержали в стандартных условиях вивария. Животных выводили из эксперимента на 7-, 14- и 28-е сутки постнатального периода развития. Для гистологического исследования фрагменты грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты крыс фиксировали, проводили по стандартной методике и окрашивали гематоксилином и эозином, а также орсеином. С помощью светового микроскопа оценивали строение стенки грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты. Для количественной характеристики морфофункционального состояния грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты измеряли толщину адвентициальной оболочки, а также толщину комплекса внутренней и средней оболочек сосуда. Обработку результатов производили с помощью статистического пакета Statistica 13.0 (критерий Манна–Уитни). Данные представлены в виде медианы и квартилей — Me (Q₁; Q₃). В раннем постнатальном периоде развития крыс наблюдается выраженное утолщение стенки аорты за счет увеличения толщины комплекса внутренней и средней оболочек в грудном отделе (с 7-х по 14-е сутки) и брюшном отделе (с 14-х по 28-е сутки), а также толщины адвентициальной оболочки (с 7-х по 14-е сутки) в обоих отделах нисходящей части аорты. На 28-е сутки постнатального периода развития крыс толщина стенки грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты, а также ее строение соответствуют таковому у половозрелых животных. Выраженные морфологические изменения стенки грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты, включающие в себя увеличение толщины стенки, утолщение и уплощение эластических окончатых мембран, уплощение ядер эндотелиоцитов и гладких миоцитов, наблюдаются в первые недели постнатального периода онтогенеза крыс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грудной отдел нисходящей части аорты; брюшной отдел нисходящей части аорты; эндотелий; гладкие миоциты; постнатальный период развития.

FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE AORTA IN THE EARLY POSTNATAL PERIOD OF RAT DEVELOPMENT

© Olga N. Serebryakova¹, Vera V. Ivanova¹, Ivan V. Milto^{1, 2}, Irina V. Suhodolo¹

¹ Siberian State Medical University. 634050, Tomsk, Moscow Trakt, 2

² Seversk Biophysical Research Centre. P.O. 636013, Tomskaya Oblast, Seversk-13, Box 130

Contact information: Olga N. Serebryakova — Postgraduate Student Department of Morphology and General Pathology.
E-mail: oserebryakovan@gmail.com

Received: 26.03.2021

Revised: 19.04.2021

Accepted: 17.06.2021

ABSTRACT: To study the morphofunctional parts of the thoracic and abdominal parts of the descending aorta at the early stages of the postnatal period of rat development. The experiment was carried out on male Wistar rats ($n=18$), which were kept under standard vivarium conditions. The animals were taken out of the experiment on 7, 14 and 28 days of the postnatal period of development. For histological examination, fragments of the thoracic and abdominal parts of the descending part of the rat aorta were fixed, carried out according to the standard technique, and stained with hematoxylin and eosin, as well as with orsein. The structure of the wall of the thoracic and abdominal parts of the descending part of the aorta was assessed using a light microscope. To quantitatively characterize the morphofunctional state of the thoracic and abdominal regions of the descending part of the aorta, the thickness of the adventitia membrane was measured, as well as the thickness of the complex of the inner and middle vessel membranes. The results were processed using the statistical package Statistica 13.0 (Mann–Whitney U test). Data are presented as median and quartiles — Me (Q1; Q3). In the early postnatal period of rat development, a pronounced thickening of the aortic wall is observed due to an increase in the thickness of the complex of the inner and middle membranes in the thoracic region (from 7 to 14 days) and the abdominal region (from 14 to 28 days), as well as the thickness of the adventitia membrane (from 7 to 14 days) in both parts of the descending part of the aorta. On the 28th day of the postnatal period of rat development, the wall thickness of the thoracic and abdominal parts of the descending part of the aorta, as well as its structure, corresponds to that of sexually mature animals. Pronounced morphological changes in the wall of the thoracic and abdominal parts of the descending part of the aorta, including an increase in wall thickness, thickening and flattening of elastic fenestrated membranes, flattening of endotheliocyte nuclei and smooth myocytes, are observed in the first weeks of the postnatal period of ontogenesis in rats.

KEY WORDS: thoracic descending aorta; abdominal descending aorta; endothelium; smooth myocytes; postnatal development.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день смоделировать и комплексно изучить патогенетические механизмы, объясняющие развитие сердечно-сосудистых заболеваний с применением инвазивных методов, возможно только на лабораторных животных [3]. Наиболее распространенным видом лабораторных животных являются крысы, которые имеют сходное с человеком морфофункциональные характеристики сердечно-сосудистой системы [1, 2, 4]. В связи с недостаточностью сведений о строении стенки аорты на ранних этапах постнатального периода развития человека расширение представлений о ее строении становится актуальным вопросом современной медицины и требует применения современных морфологических методик для формирования фундаментальных знаний по данному вопросу [5, 7].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить морфофункциональные особенности грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты на ранних этапах постнатального периода развития крыс.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Описать структуру грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты на 7-, 14- и

28-е сутки постнатального периода развития крыс.

Сравнить в динамике морфофункциональные особенности грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты крыс на 7-, 14- и 28-е сутки постнатального периода развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент проводили на самцах крыс линии Wistar ($n=18$), которых содержали в стандартных условиях вивария. Животных выводили из эксперимента на 7-, 14- и 28-е сутки постнатального периода онтогенеза. Для гистологического исследования фрагменты грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты крыс фиксировали на 12–24 ч в забуференном 10% водном растворе формалина, после чего полученный биологический материал проводили по стандартной методике и заливали в парафиновую смесь. Из парафиновых блоков на автоматическом ротационном микротоме готовили гистологические срезы (толщина 5 мкм), которые окрашивали гематоксилином и эозином, а также орсеином. С помощью светового микроскопа оценивали строение стенки грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты. Для количественной характеристики

морфофункционального состояния грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты использовали морфометрический анализ с использованием программы ImageJ: измеряли толщину адвентициальной оболочки, а также толщину комплекса внутренней и средней оболочек. Обработку результатов производили с помощью статистического пакета Statistica 13.0 (критерий Манна–Уитни). Данные представлены в виде медианы, а также верхнего и нижнего квартилей — Ме (Q_1 ; Q_3). Размещение и содержание животных, а также выведение их из эксперимента осуществляли строго в соответствии с правилами лабораторной диагностики (GLP) и этическими нормами, изложенными в соответствующих международных рекомендациях, приказах МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г. и МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 г. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (№ 8473/1 от 30.11.2020 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В раннем постнатальном периоде развития крыс наблюдаются выраженные изменения стенки аорты и увеличение толщины всех ее оболочек: внутренней, средней и адвентициальной. В период с 7-х суток после рождения до 28-х суток наблюдается выраженное утолщение эластических окончатых мембран в средней оболочке грудного и брюшного отделов нисходящей части аорты (рис. 1, 2). Эласти-

ческие окончатые мембраны животных на 7-е сутки имеют выраженную извилистость в сравнении с уплощенными и ровными эластическими окончатыми мембранами средней оболочки аорты крыс на 14-е и 28-е сутки. Эндотелиоциты внутренней оболочки и их ядра в течение эксперимента уплощаются. Гладкие миоциты, лежащие в средней оболочке аорты между эластическими окончатыми мембранами, на 7-е сутки имеют высокое ядерно-цитоплазматическое соотношение (в сравнении с более взрослыми крысами). На 28-е сутки постнатального периода развития гладкие миоциты и их ядра приобретают удлинённую форму.

Увеличение толщины комплекса внутренней и средней оболочек наблюдалось в грудном отделе нисходящей части аорты с 7-х по 14-е сутки, тогда как в брюшном отделе — с 14-х по 28-е сутки постнатального периода развития крыс (табл. 1, 2). Увеличение толщины адвентициальной оболочки наблюдалось с 7-х по 14-е сутки в грудном и брюшном отделах нисходящей части аорты (см. табл. 1, 2).

Показано увеличение общей толщины стенки аорты с 7-х по 28-е сутки в обоих отделах нисходящей части аорты. На 28-е сутки постнатального периода развития крыс общая толщина стенки грудного и брюшного отделов аорты соответствует таковой у половозрелых животных. Результаты работы согласуются с выводами С. Martyn, S. Greenwald (1997), утверждающими, что наиболее значительные изменения в стенке аорты (накопление

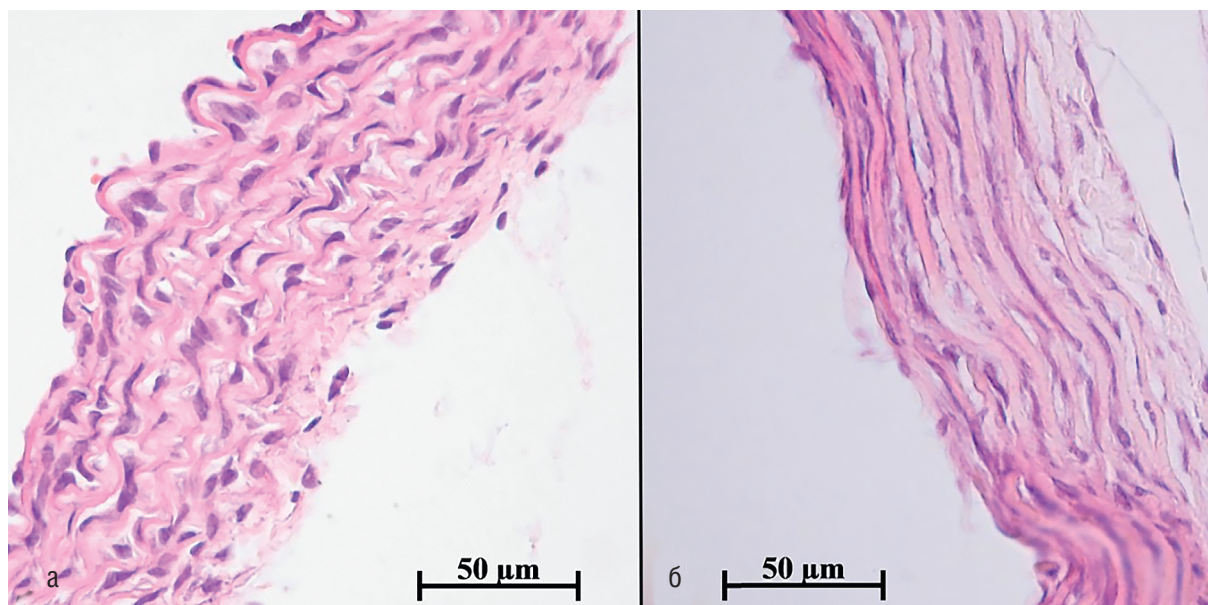


Рис. 1. Грудной отдел нисходящей части аорты крыс линии Wistar на 7-е сутки (а) и 28-е сутки (б) постнатального периода развития. Окраска гематоксилином и эозином

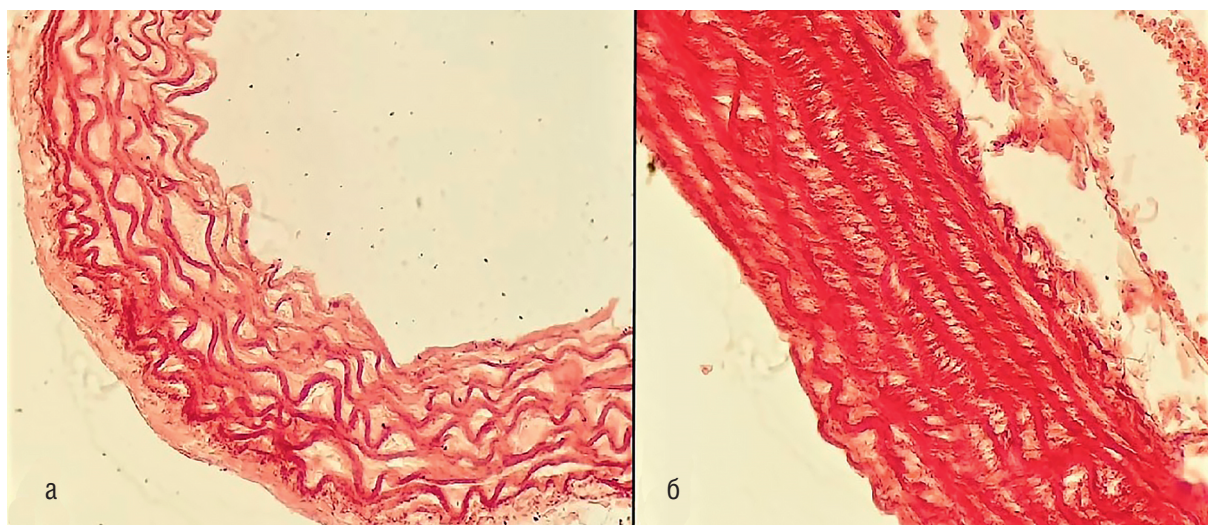


Рис. 2. Брюшной отдел нисходящей части аорты крыс линии Wistar на 7-е сутки (а) и 28-е сутки (б) постнатального периода развития. Окраска орсеином

Таблица 1

Толщина оболочек стенки грудного отдела нисходящей части аорты, Ме (Q_1 ; Q_3)

Параметры	7 дней (n=6)	14 дней (n=6)	28 дней (n=6)
Комплекс внутренней и средней оболочек, мкм	66,3 (62,4; 73,1)	70,1 (65,3; 72,3)*	72,5 (69,7; 74,3)
Адвентициальная оболочка, мкм	6,0 (5,1; 7,2)	10,3 (8,9; 11,2)*	12,1 (11,1; 14,0)
Общая толщина стенки, мкм	71,3 (69,4; 78,1)	76,5 (76,1; 81,3)*	86,4 (79,7; 87,8)*

Примечание: * — отличие от показателя на предыдущий срок, $p < 0,05$.

эластина, утолщение эластических окончательных мембран) происходят в первые несколько недель после рождения [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены выраженные изменения стенки нисходящей части аорты, включающие: изменение формы, увеличение количества и толщины эластических окончательных мембран средней оболочки, уплощение ядер эндотелиоцитов внутренней оболочки и ядер гладких миоцитов средней оболочки. Показано, что наибольшее утолщение стенки, в частности за счет эластического компонента, в грудном и брюшном отделах нисходящей части аорты наблюдается в первые 3 недели постнатального периода развития крыс.

Примечание. Материалы II Санкт-Петербургского симпозиума по морфологии ребенка

Таблица 2

Толщина оболочек стенки брюшного отдела нисходящей части аорты, Ме (Q_1 ; Q_3)

Параметры	7 дней (n=6)	14 дней (n=6)	28 дней (n=6)
Комплекс внутренней и средней оболочек, мкм	67,2 (60,3; 73,8)	71,8 (71,2; 75,8)	87,9 (82,3; 93,0)*
Адвентициальная оболочка, мкм	7,3 (7,1; 7,9)	12,5 (12,1; 12,7)*	12,9 (12,5; 13,1)
Общая толщина стенки, мкм	75,1 (67,6; 80,9)	84,3 (83,9; 87,3)*	97,2 (88,5; 99,3)*

Примечание: * — отличие от показателя на предыдущий срок, $p < 0,05$.

в рамках конгресса «Здоровые дети — будущее страны», 28.05.2021 года, г. Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверкин Н.С. и др. Морфометрические параметры аорты у крыс разного возраста и в условиях хронического стресса. Современные проблемы науки и образования. 2020; 1.
2. Бобрышев Ю.В. и др. Клеточные сети интимы аорты и гомеостаз кровеносных сосудов. 2012; 13: 408–32.
3. Behmoaras J., Osborne-Pellegrin M., Gauguier D., Jacob M.P. Characteristics of the aortic elastic network and related phenotypes in seven inbred rat strains. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2005; 288(2): 769–77.
4. Greeley M.A., White-Hunt S.J. Cardiovascular System. Atlas of Histology of the Juvenile Rat. Academic Press. 2016; 423–37.

5. Laurent S. Arterial stiffness in arterial hypertension. *Current hypertension reports*. 2006; 8(3): 179–80.
6. Martyn C., Greenwald S. Impaired synthesis of elastin in walls of aorta and large conduit arteries during early development as an initiating event in pathogenesis of systemic hypertension. *The Lancet*. 1997; 350(9082): 953–55.
7. Rudolph A.M. The changes in the circulation after birth: their importance in congenital heart disease. *Circulation*. 1970; 41(2): 343–59.
3. Behmoaras J., Osborne-Pellegrin M., Gauguier D., Jacob M.P. Characteristics of the aortic elastic network and related phenotypes in seven inbred rat strains. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2005; 288(2): 769–77.
4. Greeley M.A., White-Hunt S.J. *Cardiovascular System. Atlas of Histology of the Juvenile Rat*. Academic Press. 2016; 423–37.
5. Laurent S. Arterial stiffness in arterial hypertension. *Current hypertension reports*. 2006; 8(3): 179–80.
6. Martyn C., Greenwald S. Impaired synthesis of elastin in walls of aorta and large conduit arteries during early development as an initiating event in pathogenesis of systemic hypertension. *The Lancet*. 1997; 350(9082): 953–55.
7. Rudolph A.M. The changes in the circulation after birth: their importance in congenital heart disease. *Circulation*. 1970; 41(2): 343–59.

REFERENCES

1. Averkin N.S. i dr. Morfometricheskiye parametry aorty u kryz raznogo vozrasta i v usloviyakh khronicheskogo stressa. [Morphometric aortic parameters in rats of different ages and in conditions of chronic stress]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2020; 1. (in Russian)
2. Bobryshev Yu.V. i dr. Kletochnyye seti intimy aorty i gomeostaz krovenosnykh sosudov. [Cell networks

intima aorta and homeostasis of blood vessels]. 2012; 13: 408–32. (in Russian)