

**Е. В. Карпук**  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛАМЕЛЛЯРНЫХ ЕДИНИЦ АОРТЫ У**  
**ЖИВОТНЫХ**

**Научный руководитель: ассист. Н. А. Юзефович**

*Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

**Резюме.** В статье приведены данные морфометрического анализа аорты животных. Исследовались гистологические препараты брюшной части аорты крыс и собак. Средняя оболочка построена однотипно у разных видов животных, однако имеются и различия в строении: толщина средней оболочки, количество гладкомышечных клеток, количество и ширина окончательных эластических мембран и ламеллярных единиц.

**Ключевые слова:** аорта крысы и собаки, ламеллярная единица, окончательные эластические мембраны, гладкомышечные клетки.

**Resume.** There are data of morphometric analysis of the animal aorta in the article. Histological slides of the abdominal part of the rats' and dogs' aorta were studied. The media membrane has the similar structure in different animal species, but there are some differences: the thickness of this membrane, the number of smooth muscle cells, the number and width of the elastic membranes and lamellar units.

**Keywords:** aorta of rat and dog, lamellar unit, elastic membrane, smooth muscle cells.

**Актуальность.** Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смерти во всем мире: ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей, сколько от ССЗ. По оценкам ВОЗ в 2012 году от ССЗ умерло 17,5 миллиона человек, что составило 31% всех случаев смерти в мире. Именно поэтому не теряют своей актуальности исследования сердечно-сосудистой системы, в том числе и исследования аорты.

**Цель:** провести сравнительный анализ морфометрических характеристик гладкомышечных клеток и ламеллярных единиц средней оболочки брюшной аорты у взрослых крыс и собак.

**Задачи:**

1. Определить количество гладкомышечных клеток в единице площади средней оболочки аорты у крыс и собак.

2. Определить количество ламеллярных единиц, количество и толщину окончательных эластических мембран, ширину межмембранных промежутков у крыс и собак.

3. Провести сравнительный анализ полученных морфометрических характеристик.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили гистологические препараты стенки брюшного отдела аорты 5-и взрослых белых беспородных крыс и 5-и взрослых собак из коллекции кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии. Срезы окрашены гематоксилин-эозином. Кроме того, изучались срезы аорты собаки, окрашенные по Вейгерту. При морфометрическом исследовании измеряли толщину средней оболочки, проводили подсчет количества ядер гладкомышечных клеток, определяли количество окончательных эластических мембран, их толщину и ширину межмембранных промежутков между соседними мембранами. Для этих целей на кафедре гистологии, цитологии и эмбриологии старшим преподавателем И.А. Мельниковым был разработан плагин для

полуавтоматического анализа изображений поперечного среза стенки аорты, реализованный в виде макроса для программы ImageJ; все измерения проводились в программе ImageJ (таблица 1).

Подсчет ядер производился последовательно в 10 полях зрения на каждом срезе и затем пересчитывался для обоих видов животных на 500 мкм<sup>2</sup>. Подсчет ламеллярных единиц производился последовательно в 15 полях зрения на каждом срезе и затем пересчитывался для обоих видов животных на 10 мкм.

**Таблица 1**

Животное	Количество аорт	Количество срезов, используемых в гистологическом/морфометрическом исследовании	Подсчет количества ядер ГМК	Количество и толщина мембран и межмембранных промежутков
Крыса	5	35/30	В 150 полях зрения при x20	В 330 полях зрения при x20
Собака	5	30/30	В 210 полях зрения при x10	В 480 полях зрения при x10
Всего	10	65/60	360 полей зрения	810 полей зрения

Учитывая, что распределение количественных параметров в большинстве выборок отличалось от нормального, для описательной статистики и выявления достоверности отличий использовались непараметрические методы статистической обработки данных [2]. Данные обрабатывались в программе STATISTICA 10. Результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха между 25 и 75процентилями. Достоверность различий оценивалась по коэффициенту Манна-Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** Стенка аорты представлена тремя оболочками. Внутренняя оболочка, или интима (*tunica intima*), состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, лежащих на базальной мембране, подэндотелиального слоя, образованного рыхлой соединительной тканью с отдельными гладкими мышечными клетками (ГМК), лимфоцитами, макрофагами, малодифференцированными клетками, аморфным веществом с большим содержанием гликозаминогликанов, внутренней эластической мембраной, представляющей собой густое сплетение эластических волокон.

Средняя оболочка аорты (*tunica media*) представлена соединительной тканью и состоит из ГМК, расположенных по полой спирали. В стенке аорты фибробласты отсутствуют. Между миоцитами локализуются пучки эластических волокон и окончатые эластические мембраны (ОЭМ). Пространство, включающее одну ОЭМ и межмембранный промежуток, называется ламеллярной единицей. Мышечные и эластические элементы окружены сетью тонких ретикулярных и коллагеновых волокон, оплетающих их и соединяющих все элементы стенки в единую структуру.

Наружная оболочка (*tunica adventitia*) образована рыхлой соединительной тканью, состоит, главным образом, из коллагеновых и эластических волокон, единичных ГМК, фибробластов, жировых клеток, содержит сосуды сосудов, нервы.

Результаты морфометрии представлены в таблице 2.

При проведении сравнительного морфометрического анализа было установлено, что толщина средней оболочки стенки аорты крысы имеет достоверно меньшие значения по сравнению с данным параметром у собак (таблица 2). Вместе с тем количество гладкомышечных клеток в средней оболочке аорты на единицу анализируемой площади у крыс было достоверно больше. Количество ламеллярных единиц, напротив, имело меньшие значения по сравнению с аналогичным показателем у собак.

**Таблица 2**

	Крыса Me (25-75%)	Собака Me (25-75%)	Достоверность различий (p)
Толщина средней оболочки, мкм	68 (57-81)	542 (500-594)	0,000006321
Количество ГМК в 500 мкм <sup>2</sup>	3,5 (3-3,8)	1 (0,8-1,3)	0,00008913
Количество ламеллярных единиц в 10 мкм	1 (0,87-1,19)	1,47 (1,2-1,75)	0,00003412
Толщина окончательных эластических мембран, мкм	3,91 (3,16-4,58)	2,2 (1,75-2,75)	0,0001842
Ширина межмембранных промежутков, мкм	6, 23 (5,245-7,12)	6, 43 (4,66-8,49)	0,00684

Анализ толщины окончательных эластических мембран выявил, что значения данного показателя у крыс имели существенно большие значения по сравнению с его значениями у собак. Ширина межмембранных промежутков у крыс и собак статистически значимых различий не имела.

У крысы, как у более мелкого животного, масса невысока, гемодинамическая нагрузка по сравнению с собакой меньше, соответственно, толщина стенки аорты и непосредственно толщина ее средней оболочки меньше. ГМК участвуют в формировании внеклеточного матрикса (аморфного его компонента и волокон). Так как гемодинамическая нагрузка существенно не меняется и остается относительно стабильной, необходимость в усиленном синтезе компонентов экстрацеллюлярного матрикса гладкими миоцитами отсутствует. Следовательно, внеклеточный матрикс не ярко выражен, а сформированные окончательные эластические мембраны толстые, формируется небольшое количество ламеллярных единиц.

Собака более крупное животное, с большей массой и большей гемодинамической нагрузкой. В связи с этим, толщина ее стенки и средней оболочки будет больше. Более активные изменения гемодинамической нагрузки приводят к тому, что ГМК активно участвуют в процессе синтеза компонентов

экстрацеллюлярного матрикса, обеспечивая формирование адекватного нагрузкам эластического каркаса. Можно предположить, что ускорение процессов формирования ламеллярных единиц, по сравнению с более стабильными их показателями у крыс, отражается и на их толщине: для формирования более толстых эластических мембран требуется больше времени, а так как у собак формирование эластического каркаса идет очень интенсивно, то соответственно окончатые эластические мембраны не успевают нарастить большую толщину. Кроме того, пульсовая волна также способствует перерастяжению сосудистой стенки и уменьшению извилистости и толщины эластических мембран, что и находит свое отражение в количественных параметрах. Таким образом, несмотря на меньшую толщину эластических мембран их количество на единицу длины у собак больше.

Даже если количество ГМК в абсолютных значениях в средней оболочке аорты собак будет больше, чем у крысы, то на единицу площади их приходится меньше, так как основным компонентом, обеспечивающим биомеханические свойства сосудистой стенки при возрастающих гемодинамических нагрузках, остается эластический каркас. Данное явление находит свое отражение в архитектонике средней оболочки стенки аорты.

#### **Выводы:**

В связи с увеличением массы животного и усилением гемодинамической нагрузки происходит усложнение структурной организации сосудистой стенки, которая заключается в увеличении количества ОЭМ на единицу длины, уменьшении их толщины и, как следствие, снижении количества ГМК на единицу площади.

*E. V. Karpuk*

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF LAMELLAR UNITS OF ANIMAL AORTA.**

*Tutors: assistant professor N. A. Yuzefovich*

*Department of Histology, Cytology and Embryology  
Belarusian State Medical University*

#### **Литература**

1. Archer, S. L. Diversity of phenotype and function of vascular smooth muscle cells / S. L. Archer // *The J. of Lab. and Clin. Med.* – 1996. – Vol. 127, № 6. – P. 524–529.
2. Davis, E. C. Smooth muscle cell to elastic lamina connections in developing mouse aorta. Role in aortic medial organization / E. C. Davis // *Lab. Invest.* – 1993. – Vol. 68, № 1. – P. 89–99.
3. Fujiwara, T. The cytoarchitecture of the medial layer in rat thoracic aorta: a scanning electron-microscopic study / T. Fujiwara, Y. Uehara // *Cell and Tissue Res.* – 1992. – Vol. 270, № 1. – P. 165–172.
4. Segmental differences in the orientation of smooth muscle cells in the tunica media of porcine aortae / Z. Tonar [et al.] // *Biomech. and Model. in Mechanobiol.* – 2015. – Vol. 14, № 2. – P. 315–332.
5. The three-dimensional micro- and nanostructure of the aortic medial lamellar unit measured using 3D confocal and electron microscopy imaging / M. K. O'Connell [et al.] // *Matrix Biology.* – 2008. – Vol. 27, № 3. – P. 171–181.