

and poultry farming is increasing annually. Several enterprises in the area specialize in raising young poultry for local consumption. Both domestic and imported eggs are incubated in these organizations. The purpose of the research was to analyze the livability and productivity of Cobb-500 cross broiler chickens from the Czech Republic and Spain under the conditions of household farms in the Perm Region. The study was conducted by analyzing data on the rearing, fattening and livability of Cobb-500 broiler chickens of different origins under identical conditions of keeping and feeding in three private households. It has been established that broiler chickens of the Cobb-500 cross from the Czech Republic raised for meat have the greater economic efficiency. Their livability was 95.33 % compared to the young poultry from Spanish eggs – 91.33 %. The analysis of the economic efficiency of poultry meat production reveals that birds hatched from Czech eggs are 8.48 % more profitable than those from Spanish eggs.

Key words: broiler chickens, Cobb-500 cross, private households, livability, imported eggs.

For citation: Khokhlov V. V., Yudin V. M., Tronina A. S., Sitnikov V. A. Comparative analysis of broiler chicken productivity in private farms of the Perm Region. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025; 4 (84): 126-131. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_126-131.

Authors:

V. V. Khokhlov¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0007-7539-7400>;

V. M. Yudin^{2✉}, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-9976-2029>;

A. S. Tronina³, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5374-2655>;

V. A Sitnikov⁴, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, 125 Karpinskogo St., Perm, Russia, 614012

^{2,3}Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

⁴Perm State Technical University, 23 Petropavlovskaya St., Perm, Russia, 614990

vitaliyiudin@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 13.08.2025; одобрена после рецензирования 20.09.2025; принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 13.08.2025; approved after reviewing 20.09.2025; accepted for publication 01.12.2025.

Научная статья

УДК 636.978:611.135.018

DOI 10.48012/1817-5457_2025_4_131-139

ГИСТОСТРУКТУРА СТЕНКИ ГРУДНОЙ АОРТЫ У МАКАК РЕЗУСОВ

Шестаков Виктор Андреевич, Колесник Юлия Анатольевна[✉],
Щербак Наталья Валерьевна, Булгин Дмитрий Викторович

Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Сочи, Россия

j.kolesnick2010@ya.ru

Аннотация. Проведено гистологическое и гистохимическое исследование стенки грудной аорты, полученной от 36 особей обезьян обоего пола, достигших половой зрелости, вида макак резус (*Macaca mulatta*), погибших от заболеваний, не связанных с патологией сердечно-сосудистой системы. Установлено, что у обезьян вида макак резус наиболее толстой является дорсальная часть стенки грудной аорты. Гистопатографической особенностью интимы является ориентация сосудов микроциркуляторного русла. Интима от медии отделена внутренней эластической мембраной и изменением направления пучков гладких миоцитов. Коллагеновые и эластические волокна в интиме формируют внутреннюю эластическую мембрану и локализуются в четыре-пять слоев. Волнистый рисунок слоев соединительной и мышечной ткани в медии формируется за счет укорочения эластических волокон при сокращении саркоплазмы гладких миоцитов. Уменьшение волнистости в направлении к адвенции является при-

знаком меньшей сократительной функции мышечной ткани в этом участке, что необходимо для защиты тканей, окружающих стенку артерии. В структурах стенки грудной аорты кислые белки отсутствуют. Кислые гликозаминонгликаны в большем количестве имеются во внутренней эластической мемbrane и между слоями волокнистых структур, а максимальное количество находится в эндотелии и его базальной мемbrane, то есть в участках наибольшего растяжения стенки аорты и ее сужения при прохождении пульсовой волны. Холестерин, жир и жироподобные вещества обнаруживались только в интиме. Окончатых пластинок с вплетенными в них эластическими волокнами в структурах стенки грудной аорты, как и спирально расположенных коллагеновых и мышечных волокон в адвенции у макак резусов нами не обнаружено.

Ключевые слова: гистоструктура, гистохимические характеристики, аорта, макак резус.

Для цитирования: Гистоструктура стенки грудной аорты у макак резусов / В. А. Шестаков, Ю. А. Колесник, Н. В. Щербак, Д. В. Булгин // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №4(84). С. 131-139. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_131-139.

Актуальность. Для изучения причин и механизмов развития атеросклероза необходимо иметь представление о гистологическом строении стенки аорты в норме [4, 9]. Низшие обезьяны подвержены спонтанному развитию атеросклероза и могут быть использованы как адекватные модели для изучения патогенеза атеросклероза [2, 7, 10, 18]. В большинстве публикаций информация о гистологической структуре крупных сосудов человека и лабораторных животных получена с использованием одного-двух методов. Исследования, направленные на изучение гистохимических характеристик в стенке грудной аорты, малочисленны [5]. Проведенные ранее исследования не представляют достаточно данных о гистологическом строении стенки аорты у низших обезьян [20].

Структура стенки грудной аорты у человека и низших обезьян практически идентична [21]. Известно, что внутренняя оболочка (*tunica intima*) состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, лежащих на базальной мемbrane, под которой расположена рыхлая соединительная ткань с большим количеством гликозаминонгликанов и эластическая мембра, состоящая из густого сплетения эластических волокон [12, 17].

Ранее выполненные исследования содержат неполную и противоречивую информацию. Например, в одном исследовании сообщается, что эластические волокна в средней оболочке (*tunica media*) образуют системы спиралей, соединяющих между собой эластические пластиинки, а в промежутках между эластическими пластиинками и волокнами расположены коллагеновые волокна и пучки мышечных волокон, анастомозирующих друг с другом (цитировано по [15]). Другие авторы считают, что средняя оболочка крупных артерий человека содержит эластический остов из многочисленных окончатых пластиинок с вплетенными в них эластическими волокнами [13].

Основываясь на том, что число пластиинчатых единиц, определяемых как эластичная пластиинка и прилегающих к ней гладких мышечных клеток в определенном сегменте после рождения остается неизменным, предложено функциональной единицей средней оболочки аорты у млекопитающих считать слой эластических волокон с прилегающими к нему пучками гладких миоцитов и коллагеновых волокон [14].

Наружная оболочка (*tunica adventitia*) состоит из незначительного числа спирально расположенных коллагеновых и гладкомышечных волокон [16, 17, 19]. У мышей и других мелких млекопитающих *vasa vasorum* в норме отсутствуют [11]. У низших обезьян сеть *vasa vasorum* в адвенции окружена рыхлой соединительной тканью [21].

Сведения о гистоструктуре стенки грудной аорты в норме у макак резусов, полученные с использованием комплекса гистологических и гистохимических методов, могут быть использованы при написании учебников (руководств) по ветеринарной морфологии.

Целью настоящего исследования является изучение гистологического строения стенки грудной аорты у макак резусов в норме.

Задачи исследования:

- на препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином изучить общую гистоструктуру стенки грудной аорты;
- специальными гистологическими и гистохимическими методами выявить архитектонику коллагеновых и эластических волокон, установить наличие и локализацию кислых гликозаминонгликанов, белков, жира и холестерина в стенке грудной аорты;
- провести морфометрическое исследование количественного распределения гладкомышечных клеток в стенке грудной аорты у макак резусов (с разделением по половому признаку).

Материал и методы. Материал для исследований получен от 36 особей обезьян вида ма-

как резус (15 самцов и 21 самка), погибших от заболеваний, не связанных с патологией сердечно-сосудистой системы.

Участок грудной аорты фиксировали в 10 %-ном нейтральном растворе формалина. Далее проводилась стандартная гистологическая обработка материала. Гистологические срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином (Hematoxylin and Eosin stain). Коллагеновые волокна выявляли окраской по методу Маллори (Mallory's trichrome stain), эластические волокна – по методу Вейгерта (Weigert's Elastic stain). Кислые гликозаминонгликаны – по методу Стидмена (Steedman Alcian blue stain), нуклеиновые кислоты – по методу Эйнарсона (Einarson galloxyaninlake staining technique), основной и кислый белок – по методу Микель-Кальво (Michel-Calvo method) [6, 8].

Из части полученного материала приготавливали срезы на криостатном микротоме, окрашивали для выявления жира и жироподобных веществ смесью sudan III + sudan IV, холестерина – по методу Шульца (Schultz's method) [6, 8].

Морфометрическое исследование количественного распределения гладкомышечных клеток в стенке грудной аорты у макак резусов (самок и самцов) в норме проведено с использованием метода точечного счета [1, 3]. С помощью квадратно-сетчатой окулярной вставки с 289 точками, в 40 полях зрения при увеличении окуляра – 10, увеличении объектива – 40, собственном увеличении бинокулярной насадки – 1, 0 (общее увеличение – 400) вычислялась абсолютное число гладкомышечных клеток на гистологических препаратах, окрашенных по методу Эйнарсона (Einarson galloxyaninlake staining technique). Статистический анализ полученных данных проводился с использованием компьютерной программы GraphPad Prism Version 8 (<https://www.graphpad.com/updates/prism-8-release-notes>). Проверка гипотезы о нормальном распределении количественных показателей проводилась с применением критерия Колмогорова – Смирнова. В случае нормального распределения изучаемых признаков использовали среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD), в случае отклонения распределения от нормального рассчитывали медиану (Me). Для оценки вариабельности показателей вычисляли интервал (Q1-Q2), где Q1 – нижний квартиль распределения, Q2 – верхний квартиль распределения. При нормальном распределении использовали парный критерий Стьюдента, в случае ненормального распределения переменных – непараметрический критерий

Манна – Уитни. Уровень статистической значимости был принят $p < 0,05$.

Обзорное морфологическое исследование выполнено на биологическом микроскопе для лабораторных исследований AXIO LAB.A1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Для микрофотографирования использовалась цифровая камера AxioCam 105 color (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия).

Результаты исследования. На препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином, интима выделяется базофилией, ее толщина 20–25 мкм. От медии отделена внутренней эластической мемброй в виде волокнистой полоски, слабо окрашенной гематоксилином.

При любом направлении сечения стенки аорты эндотелий представлен тонкой полоской с утолщением только возле ядер. Ядра эндотелиоцитов уплощены и на срезах имеют вид коротких штрихов со скругленными концами. Они непрозрачные, а длина их в два-три раза больше ширины.

В интиме гладкие миоциты ориентированы вдоль аорты или в косом направлении, а ядра клеток и волокна локализуются послойно (рис. 1).

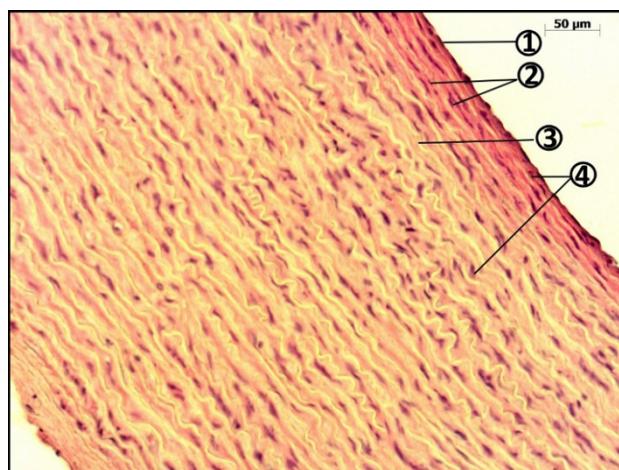


Рисунок 1 – Поперечный срез стенки грудной аорты. Макак резус, самка, 5 лет:

- 1 – эндотелий;
- 2 – ядра гладких миоцитов;
- 3 – внутренняя эластическая мембра;
- 4 – гладкие миоциты под эндотелием и в медии. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

Ядра гладких миоцитов и клеток соединительной ткани в интиме локализуются в два слоя. Первый находится под эндотелием, а второй – на 15–20 мкм глубже. Хроматин и кариолемма различимы только в ядрах, сохранивших прозрачность. Тяжи между собой разделены волокнистыми прослойками. Здесь расположены сосуды микроциркуляционного русла. В интиме диаметр сосудов не превышает 15 мкм. Лимфа-

тические сосуды в интиме и непосредственно под ней ориентированы почти перпендикулярно к поверхности эндотелия (рис. 2). Граница интимы обнаруживается по изменению направления пучков гладких миоцитов. Относительно пучков, находящихся в меди, гладкие миоциты интимы ориентированы перпендикулярно или в косом направлении. Внутренняя эластическая мембрана выделяется волокнистым рисунком и большим количеством соединительной ткани.

Архитектоника коллагеновых волокон в стенке грудной аорты у самцов и самок не отличается. В интиме они четкие, расположены плотнее и окрашены интенсивнее, чем в меди и адвентиции. Сеть, создаваемая ими, на большей части интимы состоит из четырех-пяти слоев, имеющих вид тяжей. Поэтому в интиме при окраске по методу Маллори имеются синие участки коллагеновых волокон и оранжево-желтые, состоящие из гладких миоцитов (рис. 2).

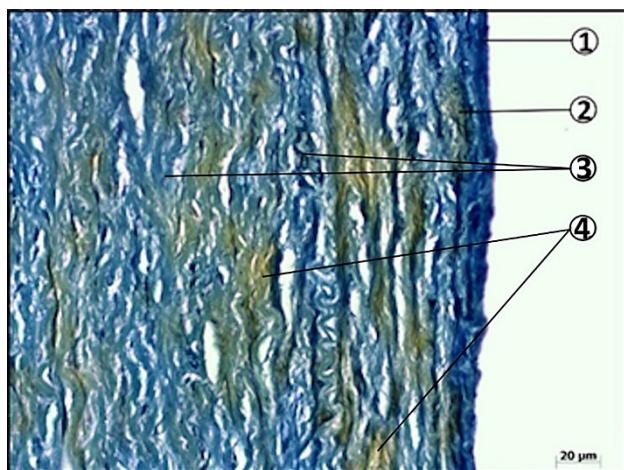


Рисунок 2 – Стенка аорты. Макак резус, самка, 5 лет: 1 – базальная мембрана эндотелия; 2 – саркоплазма гладких миоцитов; 3 – коллагеновые волокна в пучках соединительной ткани меди; 4 – коллагеновые волокна в пучках мышечной ткани. Окраска по Маллори, увеличение х400

Толщина и плотность эластических волокон в стенке грудной аорты не одинаковая, но на всех участках они четкие. Наибольшим их количеством и плотностью выделяется интима. В базальной мемbrane эндотелия волокна неразличимы, так как слиты в плотную непрерывную извилистую полоску. Внутренняя эластическая мембрана характеризуется наибольшей плотностью эластических волокон (рис. 3).

Кислые гликозаминогликаны обнаруживаются только в волокнистых структурах. Наибольшее их количество находится во внутренней эластической мембране, базальной мемbrane эндотелия и непосредственно под интимой.

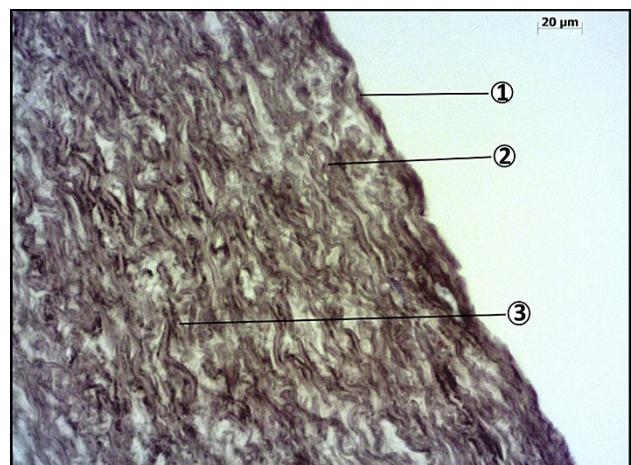


Рисунок 3 – Эластические волокна в стенке аорты. Макак резус, самка, 5 лет: 1 – базальная мембрана эндотелия; 2 – внутренняя эластическая мембрана; 3 – толстые волокна в меди. Окраска по Вейгерту, увеличение х400

Ранее описанная слоистость волокон и клеточных элементов интимы, при окраске по методу Микель-Кальво прослеживается отчетливо. Саркоплазма гладких миоцитов окрашивается интенсивно, что указывает на большое количество белка в ней. В соединительной ткани белка содержится меньше, чем в саркоплазме гладких миоцитов (рис. 4).

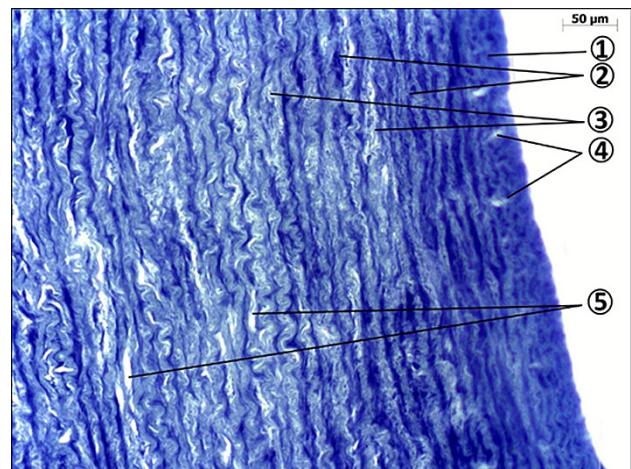


Рисунок 4 – Распределение белка в стенке аорты. Макак резус, самец, 6 лет: 1 – в структурах интимы; 2 – в саркоплазме гладких миоцитов; 3 – в волокнах соединительной ткани меди; 4 – лимфатические сосуды в интиме; 5 – лимфатические сосуды в меди. Окраска по Микель-Кальво, увеличение х400

В меди на препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином, при любой плотности окраски на поперечных срезах видна циркулярная локализация волокнистых структур. Переход волокнистых структур из интимы в меди обнаруживается по изменению направления пучков гладких миоцитов. Пучки гладкой мы-

шечной ткани в медиции удлиненные, а в интиме они имеют вид точек или штрихов. Ядра миоцитов свободно просматриваются на фоне саркоплазмы. Ядра гладких миоцитов в слое, ближнем к интиме, более тонкие, чем в других участках медиции.

Пучки гладких миоцитов разделены пролойками волокнистой соединительной ткани, которая от мышечной отличается меньшей плотностью окраски. Ядра соединительнотканых клеток всегда короче ядер миоцитов. Какой-либо особенности их локализации не прослеживается, но возле кровеносных сосудов соединительнотканых клеток всегда больше. Лимфатические сосуды в медиции параллельны пучкам мышечной ткани, коллагеновых и эластических волокон, оказываясь зажатыми между ними (рис. 4). Кровеносных сосудов диаметром более 15 мкм в медиции, так же, как и в интиме, не обнаруживается. Артерии, преимущественно артериолы, локализованы ближе к адвентиции.

На поперечных срезах всегда виден волнистый рисунок, создаваемый прослойками соединительной ткани и пучками гладких миоцитов. Эти прослойки не длинные, по три – десять волн. В направлении к адвентиции волнистый рисунок растягивается, поэтому на отрезке длиной 450-500 мкм под интимой насчитывается более двадцати волн, а возле адвентиции на таком же отрезке не более восьми (рис. 2).

В медиции коллагеновые волокна образуют волнистый рисунок прослоек соединительной ткани. Наиболее тонкие волокна находятся внутри пучков гладкой мышечной ткани (рис. 3).

Эластические волокна короткие, на поперечных срезах аорты ориентированы всегда циркулярно. Под интимой есть более светлая прослойка, состоящая из мышечной ткани, с самым малым количеством эластических волокон.

Кислых белков в структурах стенки грудной аорты не обнаружено. Вся соединительная и мышечная ткань окрашивалась в синий цвет с сохранением волнистого рисунка. Наибольшее количество белка находится в саркоплазме гладких миоцитов. Эритроциты в просветах *vasa vasorum* окрашивались в темно-красный цвет, указывая на наличие кислого белка ткани (рис. 4, 5).

Кислые гликозаминогликаны в медиции обнаруживаются между пучками гладких миоцитов и волокн соединительной ткани как штрихи, плотно окрашенные альциановым синим. Участки с повышенным содержанием кислых гликозаминогликанов встречаются около лимфатических сосудов.

Окраска галлоцианин-хромовыми квасцами по методу Эйнарсона позволяет уверенно распознавать принадлежность клеток к гладким миоцитам, эндотелиоцитам, фибробластам и фиброцитам.

Граница между средней и наружной оболочками морфологически не выражена, так как пучки мышечной ткани адвентиции могут начинаться в медиции. В адвентиции преобладают коллагеновые волокна над эластическими. Мышечная и соединительная ткани в адвентиции слоев не образуют. Положение и направление пучков мышечной и соединительной ткани зависит от того, к какому органу или ткани прилежит грудная аорта. Белки всех структур адвентиции основные, кислые выявляются только в просветах кровеносных сосудов. Большинство *vasa vasorum* локализовано в дорсальной половине стенки грудной аорты. В адвентиции кровеносные сосуды крупнее, чем в медиции.

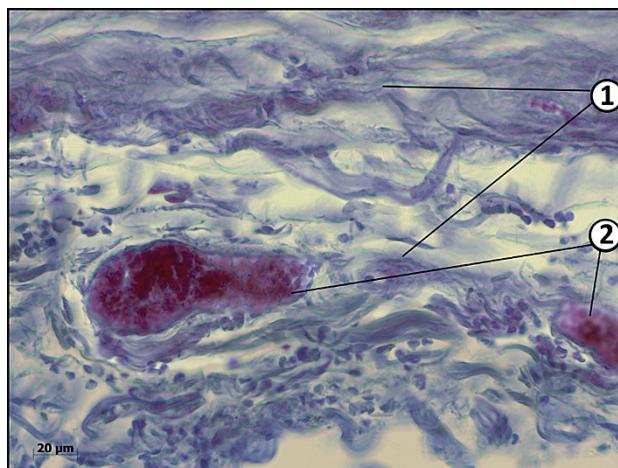


Рисунок 5 – Стенка грудной аорты.
Макак резус, самец, 6 лет: 1 – основные белки в структурах медиции; 2 – кислые белки в просветах *vasa vasorum*. Окраска по Микель-Кальво, увеличение x400

Окраской смесью sudan III + sudan IV установлено, что жир и жироподобные вещества обнаруживались только в интиме как мелкие фрагменты (рис. 6). Холестерин при окраске по методу Шульца в стенке грудной аорты был обнаружен в тех же участках, в которых выявлялся жир.

Анализ количества гладкомышечных клеток в интиме (рис. 7) и медиции (рис. 8) грудной аорты не выявил достоверных различий по половому признаку ($p>0,05$). У половозрелых самцов макак резусов при равном количестве гладкомышечных клеток толщина стенки грудной аорты больше ($p<0,05$). Этот показатель может свидетельствовать, что у самцов больший объем саркоплазмы по сравнению с самками того же возраста (рис. 9).

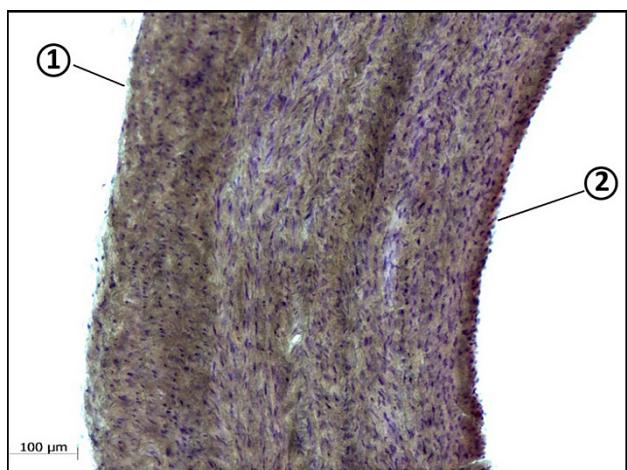


Рисунок 6 – Стенка грудной аорты.

Макак резус, самка, 5 лет:

1 – адвентиция; 2 – интима. Окраска смесью судан III + судан IV, увеличение х100

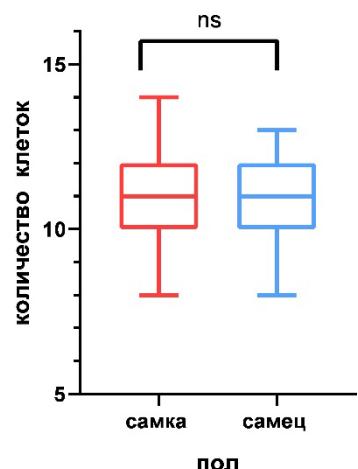


Рисунок 7 – Количество гладкомышечных клеток в интиме грудной аорты у макак резусов (с разделением по полу)

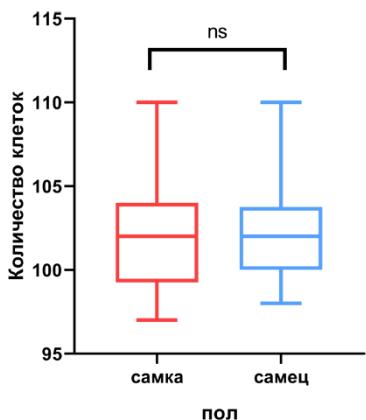


Рисунок 8 – Количество гладкомышечных клеток в меди грудной аорты у макак резусов (с разделением по полу)

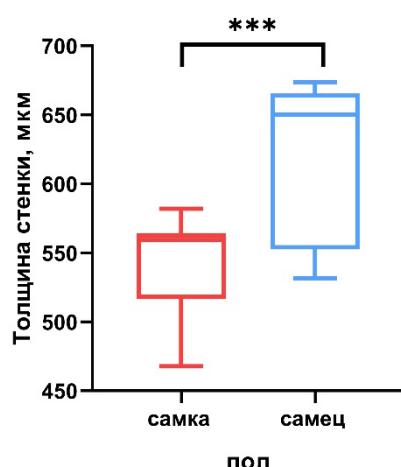


Рисунок 9 – Толщина стенки грудной аорты у макак резусов (с разделением по полу)

Выходы:

- У обезьян вида макак резус наиболее толстой является дорсальная часть стенки грудной аорты.
- Имеется гистотопографическая особенность – в интиме и под ней сосуды ориентированы почти перпендикулярно к эндотелию, а в меди всегда параллельны пучкам мышечной ткани, коллагеновых и эластических волокон.
- Поверхность интимы всегда ровная без выпячиваний в просвет сосуда. Эндотелий тонкий с незначительными утолщениями возле ядер. В его базальной мембране волокна слиты в плотную непрерывную извилистую полоску.
- Интима и меди разделены внутренней эластической мембраной и изменением направления пучков гладких миоцитов.
- Плотные коллагеновые и эластические волокна в интиме локализуются в четыре-пять слоев. Во внутренней эластической мембране волокна дифференцируются не контрастно. Простойки между слоями мышечной ткани в меди широкие. Волнистый рисунок слоев соединительной и мышечной ткани формируется за счет укорочения эластических волокон при сокращении саркоплазмы гладких миоцитов. Уменьшение волнистости в направлении к адвентиции свидетельствует о меньшей сократительной функции мышечной ткани в этом участке, что необходимо для защиты тканей, окружающих стенку артерии.

- В структурах стенки грудной аорты кислые белки отсутствуют. Кислые гликозаминонугликаны в большем количестве обнаруживаются во внутренней эластической мембране и между слоями волокнистых структур, а мак-

симальное их количество – в эндотелии и его базальной мембране. То есть в участках наибольшего растяжения и сужения стенки сосуда при прохождении пульсовой волны.

7. Холестерин, жир и жироподобные вещества обнаруживались только в интиме в виде мелких фрагментов.

8. Каких-либо «...многочисленных окончательных пластинок с вплетенными в них эластическими волокнами» в структурах стенки грудной аорты и спирально расположенных коллагеновых и мышечных волокон в адVENTииции [13] у макакрезусов нами не обнаружено.

Сведения о финансировании. Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» с использованием оборудования ЦКП «Примат».

Список источников

1. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия. Москва: Медицина, 1990. 384 с.
2. Атеросклероз грудного отдела аорты у макак / В. А. Шестаков[и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 260-265.
3. Глаголев А. А. Геометрические методы количественного анализа агрегатов под микроскопом. Львов, 1941. 263 с.
4. Карпук Е. В. Сравнительная морфология средней оболочки аорты у животных // Медицинский журнал. 2019. № 3. С. 63-66.
5. Колесник Ю. А., Шестаков В. А., Булгин Д. В. Атеросклеротические изменения в стенке аорты у низших обезьян // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 2. С. 242-249.
6. Кононский А. И. Гистохимия. Киев: Вища школа, 1976. 280 с.
7. Лапин Б. А., Данилова И. Г. Перспективные направления экспериментального использования обезьян // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90, № 1. С. 40-46.
8. Меркулов Г. А. Курс патологогистологической техники. Ленинград: Медицина, 1969. 432 с.
9. Dahlof B. Cardiovascular disease risk factors: epidemiology and risk assessment. The American Journal of Cardiology. 2010; 105: 3A-9A.
10. Barquera S. [et al.]. Global Overview of the Epidemiology of Atherosclerotic Cardiovascular Disease. Archives of medical research. 2015; Jul; 46(5): 328-38.
11. Burke-Kleinman J., Gotlieb A. I. Progression of Arterial Vasa Vasorum from Regulator of Arterial Homeostasis to Promoter of Atherogenesis. The American Journal of Pathology. 2023; 193(10): 1468-1484.
12. Di Gioia C.R.T. [et al.]. Thoracic Aorta: Anatomy and Pathology. Diagnostics (Basel). 2023; Jun 25; 13(13): 2166.
13. Gabriela Espinosa M. [et al.]. Elastic Fibers and Large Artery Mechanics in Animal Models of Development and Disease. Journal of Biomechanical Engineering. 2018; Feb 1; 140(2): 0208031–02080313.
14. Haskett D., Johnson G., Vande Geest J. P. Age and Location Dependent Microstructural and Biomechanical Characterization of Human Aortas. In: ASME 2009 Summer Bioengineering Conference. June 2009. DOI: 10.1115/SBC2009-206676.
15. Komutrattananont P. [et al.]. The estimation of age from elastic fibers in the tunica media of the aortic wall in a thai population: a preliminary study using aorta image analysis. Anatomy and Cell Biology. 2020; Sep 30; 53(3): 284-291.
16. Majesky M. W. [et al.]. The adventitia: a dynamic interface containing resident progenitor cells. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. 2011; Jul; 31(7): 1530-9.
17. Milutinović A., Šuput D., Zorc-Plesković R. Pathogenesis of atherosclerosis in the tunica intima, media, and adventitia of coronary arteries: An updated review. Bosnian Journal of Basic Medical Sciences. 2020; Feb 5; 20(1): 21-30.
18. Orlov S. [et al.]. A complicated form of spontaneous aortic atherosclerosis in an African green monkeys (Chlorocebus aethiops sabaeus) male Clinical case. Revista Cientifica de la Facultad de Veterinaria. 2024; 34(2): 1-7.
19. Robinson S. T., Taylor W. R. Beyond the Adventitia: Exploring the Outer Limits of the Blood Vessel Wall. Circulation Research. 2009;104(4): 416-418.
20. Sato F. [et al.]. Changes in morphology of elastin fibers during development of the tunica intima of monkey aorta. Heart Vessels. 1994; 9(3): 140-7.
21. Stout L.C., Thorpe L.W. Histology of normal aortas in non-human primates with emphasis on diffuse intimal thickening (DIT). Atherosclerosis. 1980 Feb; 35(2): 165-80. doi: 10.1016/0021-9150(80)90082-9.

References

1. Avtandilov G. G. Medicinskaya morfometriya. Moskva: Medicina, 1990. 384 s.
2. Ateroskleroz grudnogo otdela aorty' u makak / V. A. Shestakov[i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. № 6 (110). S. 260-265.
3. Glagolev A. A. Geometricheskie metody` kolichestvennogo analiza agregatov pod mikroskopom. L`vov, 1941. 263 s.
4. Karpuk E. V. Sravnitel`naya morfologiya srednej obolochki aorty` u zhivotnyx // Medicinskij zhurnal. 2019. № 3. S. 63-66.
5. Kolesnik Yu. A., Shestakov V. A., Bulgin D. V. Ateroskleroticheskie izmeneniya v stenke aorty' u nizshix obez`yan // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. 2024. № 2. S. 242-249.
6. Kononskij A. I. Gistoximiya. Kiev: Vishha shkola, 1976. 280 s.
7. Lapin B. A., Danilova I. G. Perspektivnye napravleniya eksperimental'nogo ispol'zovaniya obez`yan // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2020. T. 90, № 1. S. 40-46.

8. Merkulov G. A. Kurs patologostatisticheskoy texniki. Leningrad: Medicina, 1969. 432 s.
9. Dahlöf B. Cardiovascular disease risk factors: epidemiology and risk assessment. The American Journal of Cardiology. 2010; 105: 3A-9A.
10. Barquera S. [et al.]. Global Overview of the Epidemiology of Atherosclerotic Cardiovascular Disease. Archives of medical research. 2015; Jul; 46(5): 328-38.
11. Burke-Kleinman J., Gotlieb A. I. Progression of Arterial Vasa Vasorum from Regulator of Arterial Homeostasis to Promoter of Atherogenesis. The American Journal of Pathology. 2023; 193(10): 1468-1484.
12. Di Gioia C.R.T. [et al.]. Thoracic Aorta: Anatomy and Pathology. Diagnostics (Basel). 2023; Jun 25; 13(13): 2166.
13. Gabriela Espinosa M. [et al.]. Elastic Fibers and Large Artery Mechanics in Animal Models of Development and Disease. Journal of Biomechanical Engineering. 2018; Feb 1; 140(2): 0208031–02080313.
14. Haskett D., Johnson G., Vande Geest J. P. Age and Location Dependent Microstructural and Biomechanical Characterization of Human Aortas. In: ASME 2009 Summer Bioengineering Conference. June 2009. DOI: 10.1115/SBC2009-206676.
15. Komutrattananont P. [et al.]. The estimation of age from elastic fibers in the tunica media of the aortic wall in a thai population: a preliminary study using aorta image analysis. Anatomy and Cell Biology. 2020; Sep 30; 53(3): 284-291.
16. Majesky M. W. [et al.]. The adventitia: a dynamic interface containing resident progenitor cells. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. 2011; Jul; 31(7): 1530-9.
17. Milutinović A., Šuput D., Zorc-Plesković R. Pathogenesis of atherosclerosis in the tunica intima, media, and adventitia of coronary arteries: An updated review. Bosnian Journal of Basic Medical Sciences. 2020; Feb 5; 20(1): 21-30.
18. Orlov S. [et al.]. A complicated form of spontaneous aortic atherosclerosis in an African green monkeys (Chlorocebus aethiops sabaeus) male Clinical case. Revista Cientifica de la Facultad de Veterinaria. 2024; 34(2): 1-7.
19. Robinson S. T., Taylor W. R. Beyond the Adventitia: Exploring the Outer Limits of the Blood Vessel Wall. Circulation Research. 2009; 104(4): 416-418.
20. Sato F. [et al.]. Changes in morphology of elastin fibers during development of the tunica intima of monkey aorta. Heart Vessels. 1994; 9(3): 140-7.
21. Stout L.C., Thorpe L.W. Histology of normal aortas in non-human primates with emphasis on diffuse intimal thickening (DIT). Atherosclerosis. 1980 Feb; 35(2): 165-80. doi: 10.1016/0021-9150(80)90082-9.

Сведения об авторах:

- В. А. Шестаков**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-8090-3423>;
- Ю. А. Колесник**✉, лаборант-исследователь, <https://orcid.org/0000-0001-9440-5145>;
- Н. В. Щербак**, лаборант, <https://orcid.org/0009-0004-9891-5408>;
- Д. В. Булгин**, кандидат медицинских наук, начальник лаборатории, <https://orcid.org/0000-0003-1739-8505>
Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 354376, Россия, Сочи, Адлерский р-н, с. Веселое, ул. Академика Лапина, 177
j.kolesnick2010@yandex.ru

Original article

HISTOSTRUCTURE OF THE THORACIC AORTA WALL IN RHESUS MONKEYS

Viktor A. Shestakov, Yuliya A. Kolesnik✉, Nataliya V. Shcherbak, Dmitriy V. Bulgin

Kurchatov Complex of Medical Primatology of the National Research Center Kurchatov Institute, Sochi, Russia

j.kolesnick2010@yandex.ru

Abstract. The comprehensive histological and histochemical studies were performed on the thoracic aorta wall from 36 adult rhesus macaques (*Macaca mulatta*), male and female, who died from diseases unrelated to cardiovascular disease. The thickest section of the thoracic aortic wall in rhesus macaque monkeys is found on the dorsal side. The histotopographic feature of the intima is the orientation of the vessels of the microcirculatory bed. The intima is separated from the media by the internal elastic membrane and a change in the direction of the bundles of smooth myocytes. Collagen and elastic fibers within the intima create an internal elastic membrane, arranged in four to five layers. The wavy pattern of layers of connective and muscle tissue in the media is formed due to the shortening of elastic fibers during contraction of the smooth muscle sarcoplasm. A decrease in undulation toward the adventitia indicates the weakening of the muscle tissue's contractile ability in that region, which is crucial for protecting the tissues surrounding the artery wall. There are no acidic proteins in the structures of the thoracic aortic wall. Acidic glycosaminoglycans are localized in greater quantities in the inner elastic membrane and between the layers of fibrous structures, and the maximum amount is found in the endothelium and its

basement membrane, that is, in the areas of greatest stretching of the aortic wall and its narrowing during the passage of a pulse wave. Cholesterol, fat, and fat-like substances were detected only in the intima. We did not find fenestrated plates with elastic fibers interwoven into them in the structures of the thoracic aortic wall, as well as spirally arranged collagen and muscle fibers in adventitia in rhesus monkeys.

Key words: histostructure, histochemical characteristics, aorta, rhesus macaque.

For citation: Shestakov V. A., Kolesnik Yu. A., Shcherbak N. V., Bulgin D. V. Histostructure of the thoracic aorta wall in rhesus monkeys. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025; 4 (84): 131-139. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_131-139.

Authors:

V. A. Shestakov, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8090-3423>;

Yu. A. Kolesnik[✉], Laboratory Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9440-5145>;

N. V. Shcherbak, laboratory Assistant, <https://orcid.org/0009-0004-9891-5408>;

D. V. Bulgin, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory, <https://orcid.org/0000-0003-1739-8505>

Kurchatov Complex of Medical Primatology of the National Research Center Kurchatov Institute,

177 Akademika Lapina St., Veseloe, Adlerskiy district, Sochi, Russia, 354376

j.kolesnick2010@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 13.10.2025; одобрена после рецензирования 18.10.2025;

принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 13.10.2025; approved after reviewing 18.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.