

Нуржанова С.А., докторант, основной автор, <https://orcid.org/0009-0007-9520-010X>  
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, 110000, Казахстан, [sveta.kz89@mail.ru](mailto:sveta.kz89@mail.ru)  
**Тегза А.А.**, доктор ветеринарных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-1838-4212>  
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, 110000, Казахстан, [tegza.4@mail.ru](mailto:tegza.4@mail.ru).  
**Nomeda J.**, PhD, профессор, <https://orcid.org/0009-0001-7131-255X>  
Литовский университет наук здоровья, Литва, г. Каунас, [Nomeda.Juodziukyniene@lsmu.lt](mailto:Nomeda.Juodziukyniene@lsmu.lt)  
**Карпукхин Д.С.**, магистрант, <https://orcid.org/0009-0009-7744-210X>  
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, 110000, Казахстан, [danil.karpukhin.00@mail.ru](mailto:danil.karpukhin.00@mail.ru)  
**Хасанова М.А.**, PhD, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0003-3213-6458>  
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, 110000, Казахстан, [khassanova.madina@yandex.kz](mailto:khassanova.madina@yandex.kz)  
**Жумабаев А.К.**, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1504-2831>  
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жәңгір хана», Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090000, Казахстан, [as9982998@mail.ru](mailto:as9982998@mail.ru)

**Nurzhanova S.A.**, PhD student, **the main autor**, <https://orcid.org/0009-0007-9520-010X>  
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, A. Baitursynov St., 47, 110000, Kazakhstan, [sveta.kz89@mail.ru](mailto:sveta.kz89@mail.ru)  
**Tegza A.A.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1838-4212>  
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, A. Baitursynov St., 47, 110000, Kazakhstan, [tegza.4@mail.ru](mailto:tegza.4@mail.ru).  
**Nomeda J.**, PhD, Professor, <https://orcid.org/0009-0001-7131-255X>  
«Lithuanian University of Health Sciences», Kaunas, Lithuania, [Nomeda.Juodziukyniene@lsmu.lt](mailto:Nomeda.Juodziukyniene@lsmu.lt)  
**Karpukhin D.S.**, Master's student, <https://orcid.org/0009-0009-7744-210X>  
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, A. Baitursynov St., 47, 110000, Kazakhstan, [danil.karpukhin.00@mail.ru](mailto:danil.karpukhin.00@mail.ru)  
**Khassanova M.A.**, PhD, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3213-6458>  
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, A. Baitursynov St., 47, 110000, Kazakhstan, [khassanova.madina@yandex.kz](mailto:khassanova.madina@yandex.kz)  
**Zhumabaev A.K.**, PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1504-2831>  
NJSC «West Kazakhstan agrarian-technical university named Zhangir Khan», Uralsk, Zhangir Khan St., 51, 090000, Kazakhstan, [as9982998@mail.ru](mailto:as9982998@mail.ru)

## **СОСУДИСТАЯ АРХИТЕКТОНИКА МАТКИ КОРОВ: ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АССИМЕТРИЯ** **VASCULAR ARCHITECTURE OF THE BOVINE UTERUS: AGE-RELATED CHANGES AND ASYMMETRY**

### **АННОТАЦИЯ**

В работе представлено комплексное морфологическое и морфометрическое исследование сосудистой архитектуры матки коров с акцентом на возрастные изменения и праволевую асимметрию. Объектом исследования были рога и тело матки коров голштинской породы (n=19, 24-108 мес), разделённых на шесть групп по числу отёлов (от первотёлок до  $\geq 8$ ). Материал отбирали из средней трети стенки рогов и тела; срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Гимзе. Морфометрию (внешний/внутренний диаметр сосудов, толщина средней оболочки и адвентиции, плотность элементов микроциркуляторного русла) выполняли с применением световой микроскопии и цифровой морфометрии (LAS EZ, ImageJ).

Установлена выраженная возрастная динамика: до 3-4 отёлов наблюдалась физиологическая гипертрофия сосудистой стенки и увеличение калибра сосудов, отражающие пиковую функциональную нагрузку репродуктивного периода. Начиная с 6-7 отёлов фиксировались инволютивные изменения в стенках микрососудов: уменьшение внешнего и внутреннего диаметра

артерий, истончение мышечной оболочки и адвентиции, предполагающее снижение эластичности. Выявлена правосторонняя сосудистая доминанта: в правом роге показатели диаметра и толщины стенки были выше, чем в левом, что согласуется с более частой гестационной нагрузкой правого рога. Тело матки характеризовалось относительной устойчивостью параметров во всех возрастных группах. В микроциркуляторном русле эндометрия отмечены плотные петлеобразные капиллярные сети, в миометрии - более редкая сеть с артериовенозными анастомозами; с возрастом происходило умеренное расширение венул, уменьшение числа функционирующих капилляров и признаки склерозирования.

Полученные данные уточняют закономерности формирования и перестройки сосудистого русла матки коров, демонстрируя сочетание возрастной инволюции и региональной асимметрии; результаты могут быть использованы для профилактики репродуктивных нарушений и оптимизации технологий воспроизводства в молочном животноводстве.

#### ANNOTATION

An integrated morphological and morphometric study of the uterine vascular architecture in cows is presented, with emphasis on age-related changes and right-left asymmetry. The objects of study were the horns and the uterine body of Holstein cows (n = 19, 24-108 months), divided into six groups by number of calvings (from primiparous to  $\geq 8$  calvings). Tissue was sampled from the middle third of the horns and body; sections were stained with hematoxylin and eosin. Morphometry (external/internal vessel diameters, tunica media and adventitia thickness, and density of microcirculatory elements) was performed using light microscopy and digital morphometry (LAS EZ, ImageJ).

A pronounced age-related dynamic was established: up to 3-4 calvings there was physiological hypertrophy of the vascular wall and an increase in vessel caliber, reflecting peak functional load during the reproductive period. Beginning at 6-7 calvings, involutive changes were recorded: reductions in external and internal arterial diameters, thinning of the tunica media and adventitia, and decreased presumed elasticity. A right-sided vascular dominance was identified: in the right horn, vessel diameters and wall thickness were higher than in the left, consistent with the more frequent gestational load carried by the right horn. The uterine body showed relative stability of parameters across all age groups. In the endometrial microcirculatory bed, dense looped capillary networks were observed, whereas in the myometrium the network was sparser with arteriovenous anastomoses; with advancing reproductive age, moderate venular dilation, a decrease in the number of functioning capillaries, and signs of sclerosis were noted.

The findings refine our understanding of the formation and remodeling patterns of the bovine uterine vasculature, demonstrating a combination of age-related involution and regional asymmetry. These results can be used to prevent reproductive disorders and to optimize reproductive management in dairy production.

**Ключевые слова:** матка коров, морфометрические показатели, сосудистая асимметрия, эндометрий, репродуктивная функция.

**Key words:** bovine uterus, morphometric parameters, vascular asymmetry, endometrium, reproductive function.

**Введение.** Репродуктивное здоровье коров является важнейшим фактором, определяющим эффективность молочного животноводства. Среди морфофункциональных систем, обеспечивающих реализацию репродуктивной функции, ключевую роль играет матка, а именно состояние её сосудистого русла и микроциркуляции, от которых зависят процессы имплантации и вынашивания беременности [1].

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что структурная организация сосудов матки отличается высокой динамичностью и изменяется в зависимости от фазы полового цикла, возраста животного и числа отёлов. Так, Hadek R. и Getty R. [2] описали циклические изменения толщины слизистой оболочки и степени развития желез у свиней, что указывает на функциональную перестройку эндометрия под влиянием гормонального фона. Аналогичные процессы характерны и для коров, у которых с возрастом увеличивается толщина мышечного слоя матки, при этом число желез и их диаметр в значительной степени определяются индивидуальными особенностями животного.

Исследования Betteridge K.J. и соавт. [3] показали, что у коров уже на ранних стадиях беременности (13–16-е сутки после оплодотворения) присутствие зародыша в полости матки обеспечивает поддержание функции жёлтого тела, что, по мнению авторов, связано с локальным

усилением кровотока в матке. Сходные результаты ранее были получены и у овец, у которых регистрировались кратковременные увеличения кровоснабжения рога матки в аналогичные сроки.

Патологические изменения сосудистой стенки и развитие кистозных желёз у коров и собак могут быть обусловлены избыточным влиянием эстрогенов. В последующих экспериментальных исследованиях было подтверждено, что избыток эстрогенсодержащих кормов приводит к формированию кистозных изменений эндометрия у крупного рогатого скота и овец. Эти данные указывают на тесную связь между состоянием сосудистого русла и гормональным статусом организма [4].

Возрастные изменения сосудов матки описаны и рядом отечественных исследователей. У животных старших возрастных групп отмечается снижение эластичности сосудистой стенки, утолщение медиального слоя артерий и уменьшение плотности капиллярной сети, что сопровождается ослаблением микроциркуляторных процессов. Также сообщается о развитии артериального эластоза, который чаще выявляется у коров с несколькими отёлами и может рассматриваться как проявление структурного старения сосудистой системы матки [5].

Несмотря на имеющиеся данные, систематические исследования, посвящённые **возрастным и региональным особенностям кровоснабжения стенки рогов и тела матки у коров**, в современной литературе немногочисленны. Большинство публикаций рассматривает либо общую морфологию матки, либо функциональные изменения кровотока при беременности, оставляя без внимания особенности микроциркуляторного русла у животных разного возраста [6].

Таким образом, актуальность настоящей работы определяется необходимостью комплексного морфологического и морфометрического анализа сосудистой системы стенки матки у коров в возрастном аспекте. Полученные данные позволят уточнить закономерности формирования и перестройки сосудистого русла, что имеет важное значение для профилактики репродуктивных нарушений и повышения эффективности воспроизводства в молочном животноводстве.

**Цель исследования** – выявить возрастные особенности микроциркуляторного русла стенки рогов и тела матки у коров.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на факультете сельскохозяйственных наук Костанайского регионального университета имени Ахмет Байтұрсынұлы.

Объектом исследования была микрососудистая система рогов и тела матки коров различного репродуктивного возраста. Материалом исследований служили ткани стенки матки от коров ( $n = 19$ ) голштинской породы молочного направления продуктивности, в возрасте от 24 до 108 месяцев, содержащихся в хозяйствах Костанайской области ТОО «Сарыагаш», ТОО «Олга Агро» и Северо-Казахстанской области ТОО «Тайынша-Астык». Животные по принципу пар-аналогов были распределены на шесть возрастных групп, в каждой по 3 животных: 1 группа – коровы-первотёлки, 2 группа – коровы с 2–3 отёлами; 3 группа – коровы с 4–5 отёлами; 4 группа – коровы с 6 отёлами; 5 группа – коровы с 7 отёлами; 6 группа – коровы с 8 и более отёлами.

Материалом для исследования служили образцы стенки рогов и тела матки коров. Забор тканей проводили из средней трети рогов и тела матки с сохранением сосудистого русла.

Образцы фиксировали в 10% нейтральном формалине, обезжизивали, заливали в парафин и изготавливали серийные срезы толщиной 6–10 мкм. Для морфологического анализа применяли окраску гематоксилином и эозином по общепринятой методике и по Гимзе, обеспечивающие контрастное выявление соединительнотканых и сосудистых структур.

**Морфометрический анализ** выполняли на световом микроскопе «Биомед-2» (Россия) при увеличениях  $\times 100$ ,  $\times 400$  и  $\times 1000$ . Измерения проводили с использованием окулярного микрометра и цифровой морфометрической системы **Leica Application Suite (LAS EZ, версия 3.4.0)**. Для уточнения размеров сосудистых элементов использовалась программа **ImageJ (NIH, США)**.

При изучении микрососудистого русла измеряли: внешний диаметр сосудов (мкм); внутренний диаметр сосудов (мкм); толщину мышечной оболочки (мкм); толщину адвентиции (мкм). Плотность элементов микроциркуляторного русла (капилляров, артериол, венул) на  $1 \text{ мм}^2$  ткани.

Изучены особенности сосудов левого, правого рогов и тела матки коров, что позволило выявить региональные особенности кровоснабжения и микрососудистой организации органа.

**Статистическая обработка** данных проводилась с использованием пакета программ **Statistica 10.0** [7] методами дисперсионного анализа и ковариации по Snedecor G.W. [8]. Результаты представлены в виде средних арифметических значений  $\pm$  стандартная ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Изучение сосудистой архитектоники матки коров позволило выявить закономерности возрастных изменений и степень выраженности асимметрии между правым и левым рогами. Анализ морфометрических показателей сосудов в различных отделах матки (левый и правый рога, тело) проведён с учётом количества отёлов, что отражает функциональное состояние репродуктивного аппарата животных на разных этапах продуктивного периода.

Особое внимание уделено изменениям внешнего и внутреннего диаметра сосудов, толщины средней оболочки и адвентиции, так как данные параметры наиболее информативно характеризуют адаптационные процессы сосудистой стенки в ответ на многократные циклы беременности и отёлов. Полученные результаты позволяют не только определить динамику возрастных морфофункциональных преобразований, но и установить наличие правосторонней сосудистой доминанты, что имеет значение для понимания механизмов асимметрии репродуктивных органов у крупного рогатого скота.

*Морфологические особенности кровоснабжения рогов и тела матки коров различного репродуктивного возраста.*

В ходе морфометрического анализа сосудов стенки рогов и тела матки у коров различного возраста определены размеры внешнего и внутреннего диаметра, а также толщина средней оболочки и адвентиции.

В сосудах левого рога матки отмечено постепенное увеличение морфометрических параметров до 3-4 отёлов, что указывает на активное развитие сосудистой сети в период максимальной функциональной нагрузки. После 5-6 отёлов наблюдается тенденция к снижению наружного и внутреннего диаметра сосудов, а также толщины средней оболочки, что свидетельствует о возрастных инволютивных изменениях. Толщина адвентиции также уменьшается, что отражает снижение эластичности сосудистой стенки (рисунок 1).

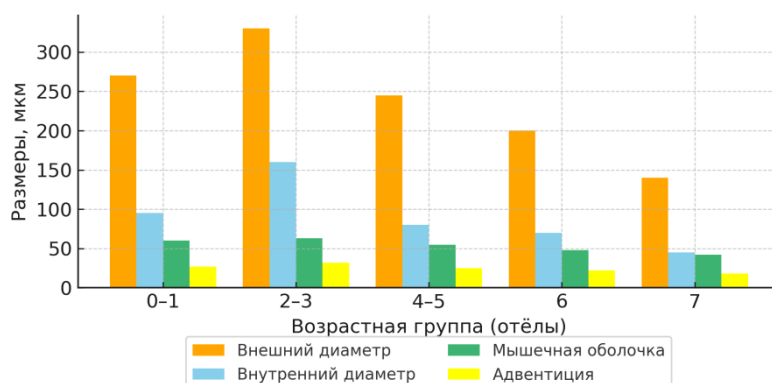


Рисунок 1 – Морфометрические данные микрососудов стенки левого рога матки (мкм).

Выявленная динамика морфометрических параметров сосудов левого рога матки отражает закономерные изменения, связанные с возрастом и репродуктивной активностью животных. Увеличение диаметра сосудов и толщины их стенок до 3–4 отёлов можно рассматривать как проявление физиологической гипертрофии сосудистой сети, обусловленной повышенной потребностью тканей матки в кровоснабжении в период активного функционирования органа. Отмечается усиление васкуляризации миометрия у коров в возрасте до пяти лет, что связано с высокой частотой беременности и интенсивным метаболизмом маточной стенки.

После 5-6 отёлов наблюдается тенденция к снижению морфометрических показателей сосудов, что свидетельствует о развитии **возрастных инволютивных изменений**. Эти процессы связывают с постепенным ослаблением гормональной стимуляции, снижением тонуса сосудов и частичной деградацией эластических структур сосудистой стенки. Уменьшение толщины адвентиции и средней оболочки указывает на ослабление её механической устойчивости и эластичности, что может влиять на гемодинамику в матке и снижать её способность к быстрой перестройке в циклических процессах [9,10].

Полученные результаты согласуются с данными, согласно которым у коров старшего возраста происходит истончение сосудистой стенки, сопровождающееся уменьшением просвета артерий и снижением плотности сосудистого русла. Эти изменения рассматриваются как морфологическое

проявление физиологического старения и постепенного снижения репродуктивной функции [11,12].

Таким образом, выявленные морфометрические особенности сосудов левого рога матки указывают на чётко выраженную возрастную динамику: от функциональной гипертрофии в период активного воспроизводства к постепенной атрофии сосудистой стенки при снижении репродуктивной активности.

Показатели сосудов правого рога матки более ярко выражены, по сравнению с левым, особенно в возрасте 3-6 отёлов. Это указывает на наличие **правосторонней сосудистой доминанты**, что согласуется с функциональной активностью правого рога, чаще участвующего в имплантации и вынашивании плода у коров. Максимальные значения внешнего диаметра и толщины мышечной оболочки приходятся на 6 отёлов, после чего наблюдается постепенное уменьшение параметров. Подобная динамика отражает физиологическое старение сосудистой стенки и снижение её адаптационных возможностей.

Более высокие морфометрические показатели сосудов правого рога матки, по сравнению с левым, подтверждают наличие **правосторонней сосудистой доминанты**, что является характерной особенностью репродуктивной системы коров. У большинства животных беременность протекает преимущественно в правом роге матки, что приводит к более интенсивному развитию сосудистой сети и утолщению сосудистой стенки. Повышенные значения наружного и внутреннего диаметра сосудов, а также толщины средней оболочки в возрасте 3-6 отёлов отражают период наибольшей функциональной активности органа и максимальной адаптационной перестройки сосудистой архитектоники [13,14].

Максимальные значения морфометрических параметров, зафиксированные у животных после 6 отёла, свидетельствуют о достижении пика функциональной зрелости сосудистой системы. Аналогичные изменения наблюдаются в маточных артериях у коров в период наивысшей репродуктивной продуктивности, когда сосудистая стенка характеризуется выраженной мышечной и эластической компонентой, обеспечивающей высокий объёмный кровоток [15,16].

Начиная с 7 отёла, наблюдается тенденция к снижению размеров сосудов и истончению их мышечной оболочки, что можно рассматривать как проявление **физиологического старения сосудистой стенки**. Подобная инволюция сопровождается деградацией коллагеновых и эластических волокон, снижением плотности гладкомышечных элементов и уменьшением реактивности сосудов к гормональным воздействиям. Это ведёт к постепенному снижению адаптационных возможностей сосудистой системы и уменьшению эффективности кровоснабжения тканей матки [17,18].

Таким образом, сосуды правого рога матки демонстрируют более высокие показатели развития и выраженную функциональную активность в период репродуктивного расцвета, что связано с частой беременностью именно в этом отделе органа. Возрастные изменения проявляются снижением эластичности и толщины сосудистой стенки, что указывает на начало инволютивных процессов и уменьшение функциональной нагрузки в поздний продуктивный период (рисунок 2).

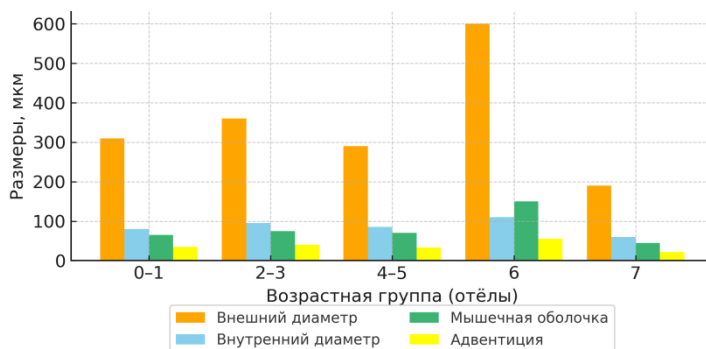


Рисунок 2 – Морфометрические данные микрососудов стенки правого рога матки коров (мкм)

Показатели сосудов стенки тела матки характеризуются относительной стабильностью во всех возрастных группах. Незначительное увеличение наружного диаметра и толщины стенки сосудов до 4-5 отёлов сменяется умеренным снижением к 7 отёлу. Это указывает на то, что тело матки в меньшей степени подвергается функциональным перегрузкам, а сосудистая сеть здесь имеет более консервативный характер перестройки (рисунок 3).

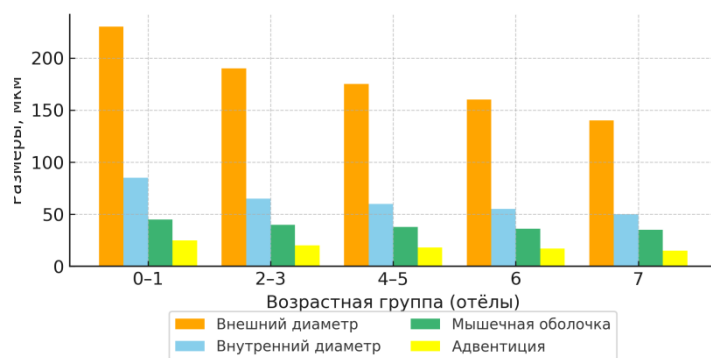


Рисунок 3 – Морфометрические показатели микрососудов стенки тела матки у коров

Относительная стабильность морфометрических показателей сосудов тела матки во всех возрастных группах свидетельствует о меньшей функциональной вариабельности этого отдела по сравнению с рогами. Незначительное увеличение наружного диаметра и толщины сосудистой стенки до 4-5 отёлов отражает адаптацию сосудистой системы к повторяющимся физиологическим циклам беременности и отёлов. При этом сосуды тела матки сохраняют структурную устойчивость, что подтверждает их **консервативный характер перестройки** в процессе репродуктивной деятельности.

Сосудистое русло тела матки коров менее подвержено выраженным колебаниям в зависимости от числа отёлов, поскольку основной гемодинамический поток во время беременности направлен в сторону рогов, особенно правого. Это приводит к тому, что в теле матки сосуды выполняют преимущественно поддерживающую и регуляторную функцию, обеспечивая общий трофический баланс, но не подвергаются значительным морфофункциональным изменениям [19,20].

Умеренное снижение показателей к 7 отёлу указывает на начало **инволютивных процессов**, типичных для позднего репродуктивного возраста. В этот период отмечается уменьшение толщины сосудистой стенки и редукцию мышечного слоя артерий тела матки у старших животных. Эти изменения рассматриваются как следствие общего снижения интенсивности кровотока и ослабления гормональной регуляции сосудистого тонуса [21,22].

Таким образом, сосуды тела матки характеризуются высокой структурной стабильностью и сравнительно низкой степенью возрастных изменений. Их морфологические особенности обеспечивают устойчивость гемодинамики матки в разные периоды жизни животного и свидетельствуют о более умеренной функциональной нагрузке по сравнению с рогами матки.

*Морфологическая характеристика микроциркуляторного русла стенки матки коров в зависимости от репродуктивного возраста*

Микроциркуляторное русло (МЦР) матки коров представляет собой структурно-функциональную систему, обеспечивающую адекватное кровоснабжение тканей органа и реализацию его репродуктивной функции. В состав МЦР входят артериолы, прекапилляры, капилляры, посткапилляры, венулы и артериовенозные анастомозы, которые формируют сложную сеть в пределах эндометрия и миометрия (рисунок 4).

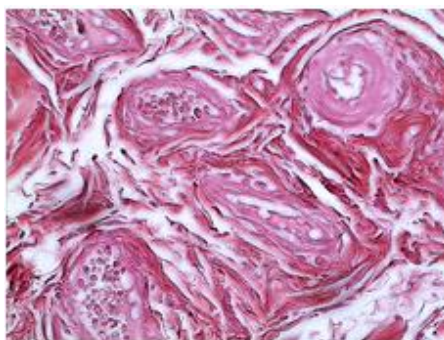


Рисунок 4 – Капиллярная сеть эндометрия коров группы (1 отел). Окраска гем.-эозин, ×400

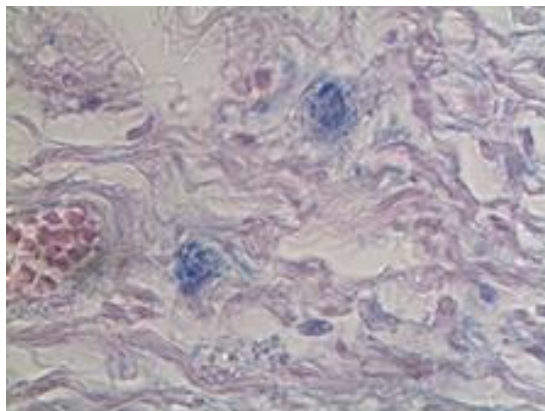
Проведённое исследование показало, что архитектоника микроциркуляторного русла матки отличается высокой региональной и функциональной дифференцировкой. В слизистой оболочке

преобладают густые петлеобразные капиллярные сети, располагающиеся преимущественно вокруг желез эндометрия и в базальной зоне. Диаметр капилляров варьирует от **6 до 9 мкм**, стенка их представлена эндотелиальными клетками, лежащими на тонкой базальной мембране.

Результаты наших исследований согласуются с данными других авторов, отмечавших, что в период активного функционирования матки у коров наблюдается усиленное развитие микроциркуляторных связей и увеличение плотности капиллярных сетей в эндометрии. Подобная организация обеспечивает эффективное кровоснабжение маточных желёз и создает морфологические предпосылки для нормального течения беременности [23,24].

Таким образом, выявленные особенности архитектоники капиллярной сети эндометрия свидетельствуют о её высокой функциональной активности и тесной взаимосвязи с репродуктивным состоянием животного. Микроциркуляторное русло выполняет не только транспортную, но и регулирующую роль, обеспечивая постоянство внутренней среды тканей и адаптацию матки к различным фазам полового цикла.

В миометрии отмечается более редкое расположение капилляров, преимущественно продольного и кольцевого направления, тесно связанное с пучками гладкомышечных волокон. Между артериолами и венулами наблюдаются **артериовенозные анастомозы**, играющие роль в регуляции локального кровотока и перераспределении крови во время полового цикла и беременности (рисунок 5).



**Рисунок 5** – Микроциркуляторное русло миометрия коровы. Окраска по Гимзе,  $\times 1000$

Полученные данные согласуются с результатами других исследований, указывающих на наличие развитых артериовенозных соединений в миометрии жвачных. Эти структуры рассматриваются как адаптивные элементы, обеспечивающие гемодинамическую стабильность и поддержание оптимального давления в сосудистом русле во время беременности [25,26].

С возрастом и увеличением числа отёлов в элементах микроциркуляторного русла происходят закономерные морфофункциональные изменения. В ранний репродуктивный период (до 3-4 отёлов) отмечается умеренная гипертрофия артериол и увеличение плотности капиллярных сетей, что связано с высокой метаболической активностью эндометрия. В старших возрастных группах (6-7 отёлов) наблюдается **умеренное расширение венул**, уменьшение числа функционирующих капилляров и утолщение базальной мембраны. Это свидетельствует о развитии **дистрофических и склеротических процессов** в стенке микрососудов и снижении интенсивности обменных процессов в тканях.

Выявленные тенденции возрастной перестройки сосудистого русла подтверждают универсальность механизмов сосудистого старения у сельскохозяйственных животных. Таким образом, структурные изменения микрососудов матки могут рассматриваться как морфологические маркеры репродуктивного возраста и функционального состояния матки коров [27,28].

Особенностью микроциркуляции матки коров является выраженная **асимметрия кровоснабжения** между правым и левым рогами. В правом роге плотность капиллярных сетей и количество артериовенозных анастомозов значительно выше, что подтверждает наличие правосторонней гемодинамической доминанты, ранее выявленной при анализе крупных сосудов. Такая структурная организация обеспечивает более эффективное кровоснабжение в период беременности, когда плод развивается преимущественно в правом роге.

Таким образом, полученные данные указывают, что микроциркуляторное русло матки коров подвержено возрастным и функциональным изменениям, отражающим состояние репродуктивной системы. Сохранение капиллярной сети и функциональной активности микрососудов является

важным условием нормального трофического обеспечения тканей матки и успешного течения беременности.

*Возрастные особенности морфологической организации крупных сосудов матки коров*

Проведённые морфометрические исследования показали, что в сосудах левого рога матки отмечается постепенное увеличение морфометрических параметров до 3-4 отёлов, что указывает на активное развитие сосудистой сети в период максимальной функциональной нагрузки. После 5-6 отёлов наблюдается тенденция к снижению наружного и внутреннего диаметра сосудов, а также толщины средней оболочки, что свидетельствует о возрастных инволютивных изменениях. Толщина адвентиции также уменьшается, отражая снижение эластичности сосудистой стенки.

Сосуды правого рога демонстрируют более выраженные показатели по сравнению с левым, особенно в возрасте 3-6 отёлов. Это указывает на наличие правосторонней сосудистой доминанты, что согласуется с функциональной активностью правого рога, чаще участвующего в имплантации и вынашивании плода у коров. Максимальные значения внешнего диаметра и толщины средней оболочки приходятся на 6 отёлов, после чего наблюдается постепенное уменьшение параметров. Подобная динамика отражает физиологическое старение сосудистой стенки и снижение её адаптационных возможностей.

Представленные данные подтверждают наличие выраженной асимметрии в архитектонике сосудистого русла рогов матки, особенно заметной в период максимальной репродуктивной активности (3-6 отёлов). С возрастом и увеличением числа отёлов отмечается постепенное выравнивание морфометрических показателей вследствие инволютивных и склеротических процессов в сосудистой стенке.

Показатели сосудов тела матки характеризуются относительной стабильностью во всех возрастных группах. Незначительное увеличение наружного диаметра и толщины стенки сосудов до 4-5 отёлов сменяется умеренным снижением к 7 отёлу. Это указывает на то, что тело матки в меньшей степени подвергается функциональным перегрузкам, а сосудистая сеть здесь имеет более консервативный характер перестройки.

Сходные морфометрические закономерности свидетельствуют о том, что усиление сосудистой сети в правом роге матки коррелирует с повышением метаболической активности тканей в период максимальной репродуктивной функции. Правосторонняя сосудистая доминанта у коров рассматривается как физиологическое проявление направленной адаптации, обеспечивающее оптимальные условия для эмбрионального развития [29,30,31,32].

Выравнивание морфометрических показателей сосудов с возрастом и увеличением числа отёлов, выявленное в настоящем исследовании, согласуется с наблюдениями **Кравченко (2018)**, указывающего на развитие инволютивных и склеротических процессов в сосудистой стенке в поздний репродуктивный период. Эти изменения проявляются утолщением интимы, сужением просвета и снижением эластичности сосудов, что обусловлено общим снижением метаболической активности тканей матки.

**Выводы.** Морфометрический анализ сосудов стенки рогов и тела матки у коров выявил выраженную асимметрию: внешний и внутренний диаметры артерий правого рога превышали соответствующие показатели в левом роге матки, как и толщина стенки за счёт мышечной и наружной оболочек (разница порядка 12,4 % по диаметру и 10,8 % по толщине), что согласуется с правосторонней функциональной доминантой.

В период максимальной репродуктивной активности (3-6 отёлов) отмечалось наибольшее развитие сосудистой стенки и калибра сосудов: внешний диаметр увеличивался с  $180 \pm 6$  мкм (первотёлки) до  $230 \pm 8$  мкм (4-5 отёлов), параллельно возрастала толщина стенки прежде всего за счёт средней оболочки (с  $24 \pm 1,2$  мкм до  $30 \pm 1,5$  мкм), что отражает адаптивную гипертрофию.

Начиная с 6-7 отёлов, прослеживалась тенденция к инволюции микрососудов: внешний диаметр снижался до  $200 \pm 7,0$  мкм, толщина стенки – до  $26 \pm 1,3$  мкм (с уменьшением вклада средней и частично наружной оболочек), что указывает на снижение эластичности и адаптационного потенциала сосудистой стенки.

Для стенки тела матки характерна относительная стабильность морфометрических показателей микрососудов: средний внешний диаметр около  $210 \pm 5$  мкм, толщина стенки –  $27 \pm 1,1$  мкм, без существенных колебаний между возрастными группами; ключевые изменения сосудистой архитектоники приходятся на рога, преимущественно правый.

Степень асимметрии и возрастной перестройки определяется прежде всего изменениями внутреннего диаметра и толщины средней и наружной оболочек; именно эти показатели

интегрально отражают адаптацию сосудов к нагрузке беременности и последующую инволюцию, что объясняет доминирование правого рога в репродуктивный период.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Moor R. M., Rowson L. E. A. Local uterine mechanisms affecting luteal function in the sheep // *Journal of Reproduction and Fertility*. – 1966. – Vol. 11, No. 2. – P. 307–310.
- 2 Hadek R., Getty R. Cyclic changes in the uterine epithelium and glands of the pig // *American Journal of Veterinary Research*. – 1963. – Vol. 24. – P. 597–605.
- 3 Betteridge K. J., Eaglesome M. D., Randall G. C. B., Mitchell D. Embryo transfer and related research in cattle // *Biology of Reproduction*. – 1978. – Vol. 19, No. 1. – P. 57–68.
- 4 Bazer F. W., Johnson G. A., Spencer T. E. Novel aspects of the physiology of pregnancy in domestic animals // *Animals*. – 2025. – Vol. 15, No. 18. – Art. 2672.
- 5 Denis M., Rahmy E., Houël A., et al. Ageing-driven molecular and functional changes in the bovine endometrium // *PLOS ONE*. – 2025. – Vol. 20. – e0332176.
- 6 Matsuno Y., Han Y., Ciechanowicz K., et al. Biological aging and uterine fibrosis in cattle // *Cells*. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – 955.
- 7 StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. – Tulsa, OK (USA) : StatSoft Inc., 2011.
- 8 Snedecor G. W., Cochran W. G. *Statistical Methods*. – 6th ed. – Ames : Iowa State University Press, 1961. – 593 p.
- 9 Mathew D. J., Newsom E., Ashworth C. J., Bazer F. W., Spencer T. E. Ruminant conceptus–maternal interactions: interferon- $\tau$  and beyond // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2022. – Vol. 9. – 860321.
- 10 Madureira G., et al. Endometrial responsiveness to interferon- $\tau$  and its implications for fertility in dairy cows // *Journal of Dairy Science*. – 2024.
- 11 Fontes P. L. P., Gifford C. A., Bromfield J. J., Lemley C. O. Applied use of Doppler ultrasonography in bovine reproduction // *Frontiers in Animal Science*. – 2022. – Vol. 3. – 912854.
- 12 Sharawy H. A., Zaghoul A., Abdalla A. A., et al. Vaginal and uterine blood flow changes during Ovsynch and impact on pregnancy rates in Holsteins // *BMC Veterinary Research*. – 2022. – Vol. 18. – 348.
- 13 Henao-Gonzalez M., Camargo L., Garcia-Lopez D. A., et al. Ultrasonographic screening of dairy cows with normal postpartum uterine involution // *Veterinary Medicine International*. – 2023. – 2023:2597332.
- 14 Dai T., Wang Y., Wen Y., et al. Pattern of postpartum uterine involution in Chinese Holsteins and effect of parity // *Animals*. – 2023. – Vol. 13, No. 23. – 3693.
- 15 De Silva M., et al. Early pregnancy diagnosis in cows using corpus luteum blood flow and ISG mRNAs // *BMC Veterinary Research*. – 2024. – Vol. 20. – 4438.
- 16 Nanas I., et al. Ultrasonographic findings of the corpus luteum and placentomes; blood flow metrics during gestation in cows // *Reproduction in Domestic Animals*. – 2021. – Vol. 56, No. 6. – P. 886–897.
- 17 Siqueira L. G. B., et al. Vascular and morphological features of the bovine corpus luteum // *Journal of Dairy Science*. – 2019. – Vol. 102, No. 11. – P. 10338–10358.
- 18 Redifer C. A., Sivinski S. E., MacPherson J. A., et al. Late-gestation nutrient restriction: effects on uterine artery blood flow and fetal growth in beef cows // *Journal of Animal Science*. – 2024. – Vol. 102. – skae145.
- 19 Gimeno I., et al. The recipient metabolome explains the asymmetric ovarian function in cattle // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14. – 11677.
- 20 Wyse J., Latif S., Gurusinghe S., et al. Phytoestrogens: impacts on reproductive physiology and other effects upon grazing livestock // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, No. 19. – 2709.
- 21 Wyse J., McCormick J., Weston L. A., et al. Effects of mixed pasture legume phytoestrogens on superovulation and embryo yield in beef cows // *Animals*. – 2024. – Vol. 14, No. 7. – 1125.
- 22 Fasulkov I. R., Yotov S. A., Vasilev N. G., Karadaev M. S. Doppler ultrasound measurements of bovine uterine artery blood flow: review // *Veterinary Medicine and Science*. – 2021. – Vol. 7, No. 6. – P. 2162–2173.
- 23 Lin Y., et al. Postpartum uterine involution and embryonic development in dairy cows // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – Vol. 7. – 604729.

- 24 Тегза А. А., Хасанова М. А., Яблочкова Г. С., Семенов Н. Т. К вопросу о методике биопсии эндометрия у коров // *3i: Интеллект, Идея, Инновации*. – 2023. – № 4. – С. 46–53.
- 25 Хасанова М. А., Тегза А. А., Абилова З. Б., Мендыбаева А. Б. Морфофункциональная характеристика эндометрия матки коров при катаральном эндометрите // *3i: Интеллект, Идея, Инновации*. – 2024. – № 1. – С. 55–60.
- 26 Узынтлеуова А. Д., Жаксылыкова А. С., Жумагулова Ж. К. Патогистологическая картина эндометрия коров при скрытом эндометрите // *Вестник Западно-Казахстанского аграрно-технического университета*. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 202–210.
- 27 Токаев З., и др. Материалы по патологическим процессам матки коров // *Вестник Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана*. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 202–210.
- 28 Гани А. А., Баймуканов Д. А., и др. Эффективность сравнительных схем лечения хронического эндометрита у коров // *Ветеринария и кормление*. – 2024. – № 2. – С. 58–63.
- 29 Ракецкий В., Тегза А. А., и др. Эффективность применения системы AlphaVision в воспроизводстве коров // *3i: Интеллект, Идея, Инновации*. – 2025. – № 3. – С. 23–30.
- 30 Noakes D. E., Parkinson T. J., England G. C. W. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. – 10th ed. – London : Elsevier, 2019. – 848 p.
- 31 Suvarna K. S., Layton C., Bancroft J. D. *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques*. – 8th ed. – London : Elsevier, 2019. – 672 p.
- 32 Field A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. – 5th ed. – London : SAGE, 2018. – 1104 p.

## REFERENCES

- 1 Moor R. M., Rowson L. E. A. Local uterine mechanisms affecting luteal function in the sheep // *Journal of Reproduction and Fertility*. – 1966. – Vol. 11, No. 2. – P. 307–310.
- 2 Hadek R., Getty R. Cyclic changes in the uterine epithelium and glands of the pig // *American Journal of Veterinary Research*. – 1963. – Vol. 24. – P. 597–605.
- 3 Betteridge K. J., Eaglesome M. D., Randall G. C. B., Mitchell D. Embryo transfer and related research in cattle // *Biology of Reproduction*. – 1978. – Vol. 19, No. 1. – P. 57–68.
- 4 Bazer F. W., Johnson G. A., Spencer T. E. Novel aspects of the physiology of pregnancy in domestic animals // *Animals*. – 2025. – Vol. 15, No. 18. – Art. 2672.
- 5 Denis M., Rahmy E., Houël A., et al. Ageing-driven molecular and functional changes in the bovine endometrium // *PLOS ONE*. – 2025. – Vol. 20. – e0332176.
- 6 Matsuno Y., Han Y., Ciechanowicz K., et al. Biological aging and uterine fibrosis in cattle // *Cells*. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – 955.
- 7 StatSoft, Inc. *STATISTICA (data analysis software system)*, version 10. – Tulsa, OK (USA) : StatSoft Inc., 2011.
- 8 Snedecor G. W., Cochran W. G. *Statistical Methods*. – 6th ed. – Ames : Iowa State University Press, 1961. – 593 p.
- 9 Mathew D. J., Newsom E., Ashworth C. J., Bazer F. W., Spencer T. E. Ruminant conceptus–maternal interactions: interferon- $\tau$  and beyond // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2022. – Vol. 9. – 860321.
- 10 Madureira G., et al. Endometrial responsiveness to interferon- $\tau$  and its implications for fertility in dairy cows // *Journal of Dairy Science*. – 2024.
- 11 Fontes P. L. P., Gifford C. A., Bromfield J. J., Lemley C. O. Applied use of Doppler ultrasonography in bovine reproduction // *Frontiers in Animal Science*. – 2022. – Vol. 3. – 912854.
- 12 Sharawy H. A., Zaghoul A., Abdalla A. A., et al. Vaginal and uterine blood flow changes during Ovsynch and impact on pregnancy rates in Holsteins // *BMC Veterinary Research*. – 2022. – Vol. 18. – 348.
- 13 Henaio-Gonzalez M., Camargo L., Garcia-Lopez D. A., et al. Ultrasonographic screening of dairy cows with normal postpartum uterine involution // *Veterinary Medicine International*. – 2023. – 2023:2597332.
- 14 Dai T., Wang Y., Wen Y., et al. Pattern of postpartum uterine involution in Chinese Holsteins and effect of parity // *Animals*. – 2023. – Vol. 13, No. 23. – 3693.

- 15 De Silva M., et al. Early pregnancy diagnosis in cows using corpus luteum blood flow and ISG mRNAs // *BMC Veterinary Research*. – 2024. – Vol. 20. – 4438.
- 16 Nanas I., et al. Ultrasonographic findings of the corpus luteum and placentomes; blood flow metrics during gestation in cows // *Reproduction in Domestic Animals*. – 2021. – Vol. 56, No. 6. – P. 886–897.
- 17 Siqueira L. G. B., et al. Vascular and morphological features of the bovine corpus luteum // *Journal of Dairy Science*. – 2019. – Vol. 102, No. 11. – P. 10338–10358.
- 18 Redifer C. A., Sivinski S. E., MacPherson J. A., et al. Late-gestation nutrient restriction: effects on uterine artery blood flow and fetal growth in beef cows // *Journal of Animal Science*. – 2024. – Vol. 102. – skae145.
- 19 Gimeno I., et al. The recipient metabolome explains the asymmetric ovarian function in cattle // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14. – 11677.
- 20 Wyse J., Latif S., Gurusinge S., et al. Phytoestrogens: impacts on reproductive physiology and other effects upon grazing livestock // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, No. 19. – 2709.
- 21 Wyse J., McCormick J., Weston L. A., et al. Effects of mixed pasture legume phytoestrogens on superovulation and embryo yield in beef cows // *Animals*. – 2024. – Vol. 14, No. 7. – 1125.
- 22 Fasulkov I. R., Yotov S. A., Vasilev N. G., Karadaev M. S. Doppler ultrasound measurements of bovine uterine artery blood flow: review // *Veterinary Medicine and Science*. – 2021. – Vol. 7, No. 6. – P. 2162–2173.
- 23 Lin Y., et al. Postpartum uterine involution and embryonic development in dairy cows // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – Vol. 7. – 604729.
- 24 Tegza A. A., Khasanova M. A., Yablochkova G. S., Sebenov N. T. K voprosu o metodike biopsii endometriya u korov [On the methodology of endometrial biopsy in cows] // *3i: Intellect, Ideya, Innovatsii* [3i: Intellect, Idea, Innovation]. – 2023. – No. 4. – P. 46–53.
- 25 Khasanova M. A., Tegza A. A., Abilova Z. B., Mendybaeva A. B. Morfofunktsional'naya kharakteristika endometriya matki korov pri kataral'nom endometrite [Morphofunctional characteristics of the bovine uterine endometrium in catarrhal endometritis] // *3i: Intellect, Ideya, Innovatsii* [3i: Intellect, Idea, Innovation]. – 2024. – No. 1. – P. 55–60.
- 26 Uzyntleuova A. D., Zhaksylykova A. S., Zhumagulova Zh. K. Patogistologicheskaya kartina endometriya korov pri skrytom endometrite [Pathohistological features of the bovine endometrium in subclinical endometritis] // *Vestnik Zapadno-Kazakhstanskogo agrarno-tehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University]. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 202–210.
- 27 Tokaev Z., et al. Materialy po patologicheskim protsessam matki korov [Materials on pathological processes of the bovine uterus] // *Vestnik Zapadno-Kazakhstanskogo agrarno-tehnicheskogo universiteta im. Zhangir khana* [Bulletin of Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University]. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 202–210.
- 28 Gani A. A., Baimukanov D. A., et al. Effektivnost' sravnitel'nykh skhem lecheniya khronicheskogo endometrita u korov [Efficacy of comparative treatment schemes for chronic endometritis in cows] // *Veterinariya i kormlenie* [Veterinary Medicine and Feeding]. – 2024. – No. 2. – P. 58–63.
- 29 Raketskii V., Tegza A. A., et al. Effektivnost' primeneniya sistemy AlphaVision v vosproizvodstve korov [Efficiency of AlphaVision system application in bovine reproduction] // *3i: Intellect, Ideya, Innovatsii* [3i: Intellect, Idea, Innovation]. – 2025. – No. 3. – P. 23–30.
- 30 Noakes D. E., Parkinson T. J., England G. C. W. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. – 10th ed. – London : Elsevier, 2019. – 848 p.
- 31 Suvarna K. S., Layton C., Bancroft J. D. *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques*. – 8th ed. – London : Elsevier, 2019. – 672 p.
- 32 Field A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. – 5th ed. – London : SAGE, 2018. – 1104 p.

## ТҮЙІН

Жұмыста сиыр жатырының тамырлық архитектурасына жасқа байланысты өзгерістер мен оң-сол асимметрияға басымдық берілген кешенді морфологиялық және морфометриялық зерттеу ұсынылады. Зерттеу нысаны – голштин тұқымды сиырлардың жатыр мүйіздері мен денесі (n=19, 24-108 ай), төлдеу саны бойынша алты топқа бөлінді (алғаш төлдегеннен  $\geq 8$  төлдеуге дейін). Материал мүйіздер мен жатыр денесінің ортаңғы бөлігінен алынды; кесінділер гематоксилин-эозинмен боялды. Морфометрия (тамырлардың сыртқы/ішкі диаметрі, ортаңғы қабық пен

адвентицияның қалыңдығы, микроциркуляторлық төсектің элементтер тығыздығы) жарық микроскопиясы және цифрлық морфометрия (LAS EZ, ImageJ) арқылы жүргізілді.

3-4 төлдеуге дейін тамыр қабырғасының физиологиялық гипертрофиясы мен тамыр калибрінің ұлғаюы байқалып, бұл репродуктивтік кезеңдегі ең жоғары функционалдық жүктемені көрсетеді. 6-7 төлдеуден бастап инволютивті өзгерістер тіркелді: артериялардың сыртқы және ішкі диаметрі азайды, ортаңғы қабық пен адвентиция жіңішкерді, болжамды серпімділік төмендеді. Оң жақтық тамырлық доминанттылық анықталды: оң мүйіздегі диаметрлер мен қабырға қалыңдығы сол жаққа қарағанда жоғары, бұл оң мүйізге түсетін гестациялық жүктеменің жиілігімен үйлеседі. Жатыр денесінің көрсеткіштері барлық жас топтарында салыстырмалы тұрақтылықпен сипатталды. Эндометрийдің микроциркуляторлық төсегінде тығыз, ілмекті капиллярлық желілер, ал миометрийдің сирегірек желі және артериовеноздық анастомоздар байқалды; жас ұлғайған сайын венулалар орташа кеңейіп, функциялайтын капиллярлар саны азайды және склероз белгілері көрінді.

Алынған деректер сиыр жатыры тамырларының қалыптасуы мен қайта құрылу заңдылықтарын нақтылап, жасқа байланысты инволюция мен аймақтық асимметрияның бірлескен сипатын көрсетеді; нәтижелер репродуктивтік бұзылыстардың алдын алуға және сүт бағытындағы мал шаруашылығында көбейту технологияларын оңтайландыруға пайдаланылуы мүмкін.