

УДК: 619:636:294

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.1.302

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАЦЕНТЫ КОБЫЛ НА ПОСЛЕДНИХ СРОКАХ БЕРЕМЕННОСТИ МЕТОДОМ ГИСТОМОРФОМЕТРИИ

Федоров В. И.¹-д-р биол.н., доц. каф.внутренних незаразных болезней, фармакологии и акушерства им. проф. Г.П. Сердцева; **Авдеенко В.С.**²- д-р ветеринар. н., проф. каф. генетические и репродуктивные биотехнологии Нифонтов К. Р. ¹- к. ветеринар. наук, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, фармакологии и акушерства им. проф. Г.П. Сердцева; **Доматов В. В.** ¹- аспирант кафедры внутренних незаразных болезней, фармакологии и акушерства имени профессора Г.П. Сердцева; **Лукаевский А.Ж.** ¹- студ.5 курса факультета ветеринарной медицины; **Сафронов Д. И.**² – к.ветеринар. н., доц.каф. биологии, экологии и гистологии

¹- ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»

²- ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*avdeenko0106@mail.ru

Ключевые слова: топология плаценты, гистоархиморфометрия, анализ изображений, анализ главных компонент, триангуляция клеточных плацентарных структур
Keywords: placental topology, histoarchimorphometry, image analysis, principal component analysis, triangulation of cellular placental structures.

Финансирование: Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2026 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 25-16-20118).

Поступила: 25.12.2025

Принята к публикации: 05.03.2026

Опубликована онлайн: 01.04.2026



РЕФЕРАТ

Гистоморфометрическое исследование плаценты кобыл на заключительных сроках беременности выявило статистически значимые различия в морфометрических параметрах при физиологическом и патологическом течении беременности. Были определены площадь хориоаллантаоиса (см²), толщина хориона и ллантоамниона (мм), плотность ворсинок на единицу площади (ворсинок/см²) и на единицу поверхности хориона, а также диаметр и количество сосудов в аллантаоамнионе на площади 100 см². Анализ показал, что плацентарная недостаточность, проявляющаяся в виде преждевременных родов, плацентита и задержки последа, связана с дезорганизацией клеточных структур, характеризующейся их разреженным расположением в виде небольших, удаленных друг от друга скоплений. Напротив, у ко-

был с физиологической беременностью наблюдается образование более плотных и когерентных скоплений клеток. Гистоморфометрия клеточных структур плодной части плаценты, в частности, топологические метрики сети, выступает в качестве основного различающего фактора, позволяющего количественно оценить специфические особенности плаценты кобыл в условиях патологических состояний. Распределение ворсинок хориоаллантаоиса по всей поверхности плаценты и отсутствие плотных контактов с железистым эпителием матки образуют микрокотиледоны, что определяет классификацию плаценты кобыл как диффузной микрокотиледонозной эпителиохориальной. Наблюдается выраженная васкуляризация всех компонентов плаценты, включая амниотическую оболочку, стволовые и концевые ворсинки хориоаллантаоиса. Стромальная часть плаценты, представленная амниотической оболочкой и ворсинками хориоаллантаоиса, состоит в основном из коллагеновых волокон. Наличие длинных стержневых ворсинок в определенных областях плаценты (дистальная часть, середина контралатерального рога, линия разделения рогов, середина главного рога) коррелирует с их пространственным расположением в матке, обеспечивая оптимальный контакт с маточными железами для эффективного газообмена и питательной поддержки плода.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Плацента играет ключевую роль в обеспечении жизнедеятельности плода, выполняя функции питания и снабжения. Она обеспечивает плод необходимыми питательными веществами и кислородом через метаболические процессы, а также удаляет продукты обмена [1-3]. При этом плацента служит барьером, оберегающим плод от вредных внутренних и внешних воздействий. С развитием беременности происходят динамичные структурные изменения и особенности плаценты формирования у лошади связанные с внутриутробным развитием плода [4,5]. Основными структурными единицами, обеспечивающими взаимодействие между матерью и плодом у лошадей, является диффузное расположение ворсин хориоаллантаоиса, которые глубоко проникают в складки эндометрия [6, 7]. Эпителиохориальный тип этого контакта сохраняется на протяжении всей беременности. Однако, информация о процессах, происходящих в плаценте на поздних сроках беременности и во время родов, крайне ограничена в научной литературе. Исследования показывают, что нарушения в структуре и функционировании плаценты могут негативно сказаться на развитии плода, его росте и массе тела при рождении. Существует гипотеза, что у кобыл, в отличие от дру-

гих видов животных, в плаценте происходит усиление фиброзных процессов и снижение микроциркуляции. Это может приводить к рождению жеребят с пониженной массой тела, что ставит под угрозу их выживаемость. Для определения адекватности функционирования плаценты используется [8,9] динамическая оценка клеточных перестроек (эпителиально-мезенхимальный переход) и метаболических путей в системе "мать-плацента-плод" с определением темпов клеточного деления в плаценте на разных этапах внутриутробного развития. Неспособность кобыл своевременно отделить и вывести плодные оболочки после рождения жеребенка (задержание последа) является опасным для жизни состоянием [10, 11]. Частота этого осложнения варьируется: от 10% у легкоупряжных лошадей и пони до 35-54% у тяжеловозных пород [12].

У тяжеловозных лошадей задержание последа часто связано с образованием спаек между аллантаохорионом и эндометрием. Эти спайки обусловлены избыточным развитием соединительной ткани (фиброзом) и менее разветвленной структурой аллантаохориальных ворсинок. В норме кобылы должны изгнать плодные оболочки в течение 30 минут после рождения жеребенка [13]. Однако, диагностика задержания последа обычно прово-

дится при отсутствии их отделения в течение 3-12 часов после родов. Хотя точные молекулярные механизмы не установлены, плотный электронный характер материала, обнаруживаемого между эпителием матери и плода, указывает на наличие адгезивного контакта между ними. Этот адгезивный контакт, вероятно, играет роль в поддержании тесной связи между материнским организмом и развивающимся плодом, обеспечивая эффективный обмен веществами и кислородом. Однако, как уже упоминалось, детальное понимание динамики этого взаимодействия на поздних стадиях беременности и в процессе родов остается пробелом в знаниях [14].

Дальнейшие исследования, направленные на изучение молекулярных механизмов, лежащих в основе фиброза и снижения микроциркуляции в плаценте лошадей, могут пролить свет на причины рождения жеребят с низкой массой тела и предложить пути для улучшения их выживаемости [15, 16]. Особое внимание следует уделить изучению роли иммуномодулирующих свойств клеток и метаболических процессов в системе "мать-плацента-плод" на различных этапах гестации. Кроме того, углубленное изучение причин и механизмов задержания последа у табунных лошадей, включая роль фиброза и особенностей строения аллантохориальных ворсинок, может способствовать разработке более эффективных методов профилактики и лечения этого жизне угрожающего состояния. Понимание природы адгезивного контакта между материнским и плодным эпителием также может быть ключом к решению проблемы задержания последа. В целом, несмотря на имеющиеся знания о плаценте лошадей, существует значительный потенциал для дальнейших исследований, которые могут привести к улучшению здоровья и благополучия как новорожденных жеребят, так и самих кобыл.

Целью работы является проведение сравнительного морфологического анализа плаценты кобыл на последних сро-

ках беременности методом гистоморфометрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В протокол исследования 2025 году входили образцы плаценты, полученные от кобыл, содержащихся в табунах на территории Якутии. Исследования проводились на поздних стадиях беременности. Изучены образцы от одной кобылы в возрасте 6 лет, беременность которой протекала без осложнений, роды были в срок, а масса новорожденного жеребенка составила 34,6 кг, а также двух кобыл в возрасте 6 и 7 лет, у которых наблюдались преждевременные роды, осложненные плацентитом и задержкой отделения плодных оболочек. Методы измерения и анализа - для определения массы плодных оболочек использовалась высокоточная весовая техника с погрешностью 0,1 грамма. Площадь фетальной поверхности плаценты была рассчитана с помощью планиметрии: на миллиметровой бумаге подсчитывалось число квадратов, полностью занимающих эту область. Длина пуповины измерялась с помощью мерной ленты, начиная от ее соединения с плацентой и до места обрыва. Плотность ворсин хориона определялась путем подсчета их количества в пределах 1 см² хориона, используя лупу и специальную клеенчатую палетку с квадратным окном 1x1 см². Провели гистологический анализ образцы плаценты фиксировались в 10% нейтральном формалине при температуре 4°C в течение 4-5 дней.

Стандартная подготовка тканей заключалась в дегидратации и просветлении для этого ткани обезвоживались и затем просветлялись в хлороформе с использованием автоматизированного гистопроцессора Cytadel 2000. Образцы заливались в парафин с помощью системы Histomix (производства Биовитрум). Полученные парафиновые блоки нарезались на тонкие срезы толщиной 5 микрометров на микротоме MICROM HM340E.

Срезы закреплялись на предметных стеклах. Для изучения общей клеточной и тканевой структуры срезы окрашива-

лись гематоксилином и эозин-флоксином по стандартной методике. Для определения компонентов внеклеточного матрикса применялась окраска по Masson. Гликозаминогликаны, сульфатированные мукоидные вещества, гиалуроновые кислоты и сиаломуцины идентифицировались с помощью окраски альциановым синим (при pH=3,0) по Сиддмену. Эти компоненты приобретали темно-синий цвет. Гексозосодержащие мукопротеины обнаруживались с помощью ШИК-реакции по Мак-Манусу, что приводило к ярко-малиновому окрашиванию. Для лучшего выделения ядер дополнительно использовался гематоксилин Майера. Для исследования плаценты кобыл, полученной во время родов, образцы (размером до 3 см² и толщиной около 5 мм) подвергались стандартной гистологической обработке. Этот процесс включал фиксацию в формалине для сохранения структуры, обезвоживание в растворах с возрастающей концентрацией, пропитку парафином и получение тонких срезов (5 мкм) с помощью микротом.

Для окрашивания использовались гематоксилин и эозин для общего анализа, а также специальные красители (альциановый синий и ШИК-реакция) для выявления гликозаминогликанов. Полученные срезы исследовались под микроскопом AxioScore.A1 с цифровой камерой AxioCam MRc5, а изображения обрабатывались в программе ZENpro 2012.

Статистический анализ данных проводился с использованием описательной статистики, включая расчет среднего значения \pm стандартного отклонения для нормально распределенных данных и межквартильного размаха для категориальных данных. Статистически значимыми считались результаты при уровне $p < 0,05$. Все расчеты проводились в программах IBM SPSS Statistics 26 («IBM Corp.», США), Microsoft Excel 2000 и SPSS 10.0.5 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование фетальной стороны плаценты у кобыл включало детальный ви-

зуальный анализ ее морфологических особенностей. Оценивались такие параметры, как целостность структуры, цветовые характеристики, наличие участков с уменьшенным количеством ворсин, отложений солей кальция, а также зон некротических изменений и инфарктов. У кобыл, у которых беременность и роды прошли без каких-либо патологий, были зафиксированы следующие характеристики пупочного канатика: его длина в среднем составляла (57,68 \pm 0,75) см, а толщина – (3,76 \pm 0,07) см. Сосуды пупочного канатика, представленные артериями и веной, имели схожий диаметр (11–12 мм) и узкий просвет, при этом толщина их стенок варьировалась в пределах (5–6 мм).

Аллантоамнион имел желеобразную консистенцию и бело-серый оттенок. В его структуре были обнаружены крупные, толстостенные кровеносные сосуды, отличающиеся характерной спиралевидной структурой. Средняя толщина аллантоамниона была оценена в 6,2 мм (\pm 0,58 мм), а его размеры варьировались в диапазоне 5–10 мм, рис. 1, А.

Плотность сосудистого сплетения оценивалась в 5–10 сосудов на каждые 100 см², как показано на рисунке 1, Б.

Хориоаллантоис демонстрировал серовато-розовую окраску. Его гладкая, глянцевая поверхность была ориентирована в сторону эмбриона. Материнская сторона хориоаллантоиса отличалась интенсивным красным цветом и имела блестящую, бархатистую текстуру.

Поверхность хориона была равномерно покрыта мелкими, слабо разветвленными ворсинками. Толщина хориоаллантоиса варьировалась от 5 до 10 мм, при этом плотность ворсин составляла 38–46 на см² (см. рис. 2). Площадь хориоаллантоиса, являющегося внешней оболочкой плода, в среднем достигает 14 287,48 см². Возможные отклонения от этого значения составляют 311,72 см². Вся поверхность хориоаллантоиса была покрыта мелкими, слабо разветвленными ворсинками, распределенными равномерно. Толщина ее составляла от 5 до 10 мм, а

плотность ворсин варьировалась от 38 до 46 на см². Средняя масса плодной части плаценты оценивается примерно в 8,02 кг. Этот показатель имеет допустимое

отклонение в 0,24 кг, что означает, что минимальная масса может составлять 7,35 кг, а максимальная – 8,85 кг.

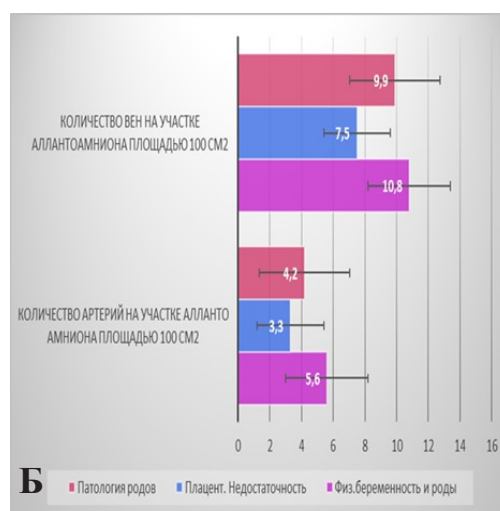
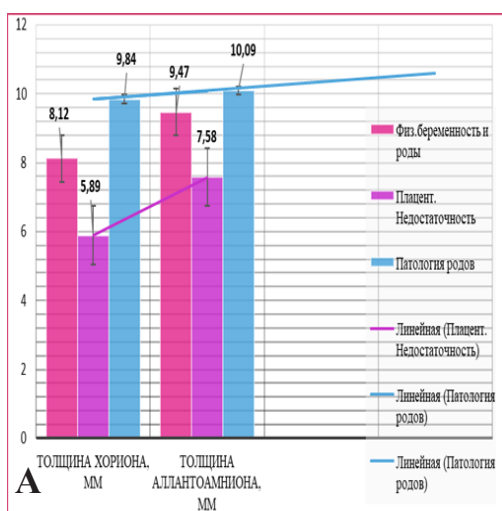


Рисунок 1 – Морфометрические показатели хориона и аллантаоамниона фетальной части плаценты кобыл в норме и патологии

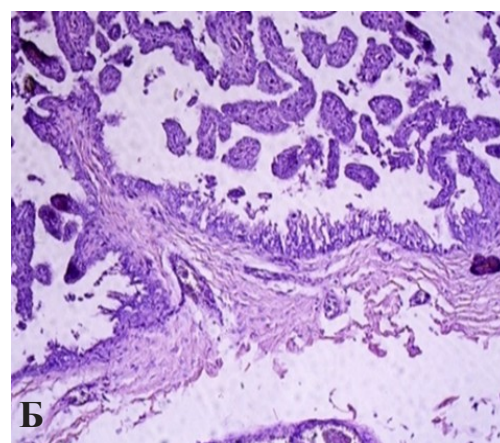
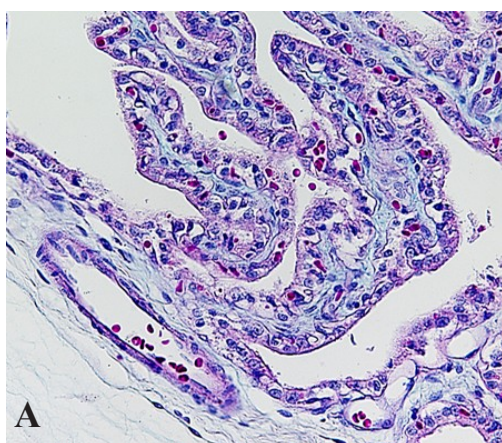


Рисунок 2 - Хориоаллантаоис плаценты кобыл в норме и патологии
 А - в норме; Присутствие кислых мукополисахаридов в межклеточном веществе. Комбинированная окраска альциановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера. Ув. 400;
 Б - при патологии в цитоплазме клеток хориоаллантаоиса содержится гликоген, РНК, нейтральные и сульфатированные гликопротеины, в строме ворсинок хориоаллантаоиса содержатся протеогликаны. Окраска гематоксилин Ув. 400.)

Результаты гистотопографического анализа фетальной плаценты указывают на ее превосходное кровоснабжение. Сосудистая сеть плаценты была полностью заполнена кровяными компонентами, при этом не было обнаружено никаких признаков тромбообразования. Ворсины плаценты, являющиеся основными структурами для газообмена и обеспечения плода питательными веществами, оказались хорошо развитыми, длинными и не имели видимых повреждений сосудов или некротических зон.

Клетки трофобласта, формирующие хориоаллантаис, имели округлую форму и образовывали скопления, демонстрируя активное участие в синтезе эпителиального синцития. Этот синцитий, в свою очередь, характеризовался наличием клеток с выраженной призматической

структурой, рис. 3. При нормальном течении беременности и родов у кобыл ворсины на хориоаллантаисе распределены равномерно. На каждый см^2 приходится от 36 до 42 ворсин, в среднем – $38,40 \pm 1,17$. Тем не менее, иногда встречаются участки с меньшей высотой и плотностью ворсин. Толщина хориоаллантаиса в норме составляет 4–6 мм (в среднем $5,20 \pm 0,37$ мм), что на 35% меньше, чем в патологических случаях. У кобыл с плацентитом плацента имеет специфические признаки.

Аллантамнион, часть плодных оболочек, становится бледно-серым. Его толщина уменьшается (в среднем около 4 мм), а студенистая структура выражена слабо. Сосуды в аллантамнионе имеют диаметр 4–6 мм, и на площади 100 см^2 их насчитывается от 3 до 7.

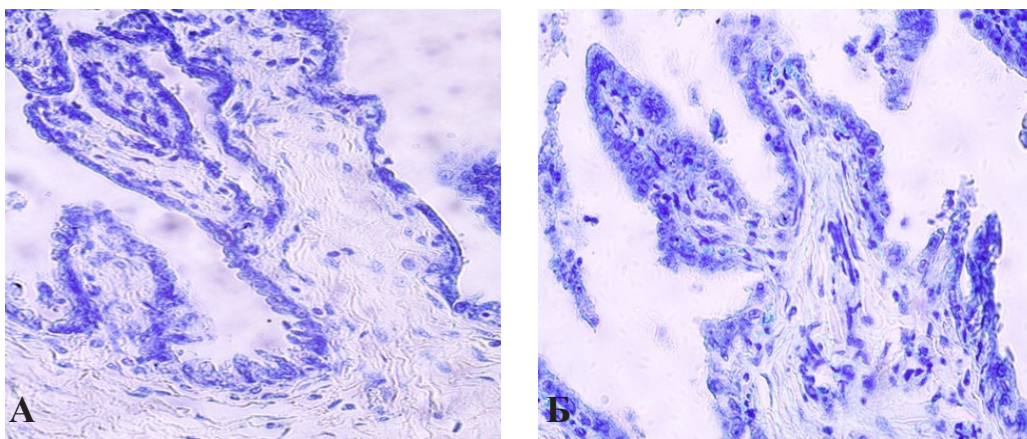


Рисунок 3 - Хориоаллантаис плаценты кобыл в норме и патологии
А - в норме, фрагмент ворсинки хориона кобылы, покрытый плотным трофобластом в норме. Окраска гематоксилином. Ув. 400.;

Б - при патологии, фрагмент участка хориоаллантаиса кобылы, покрытый призматическими клетками с вакуолизированной цитоплазмой. Окраска гематоксилин Ув. 400.

Общая масса плодной части плаценты у таких животных составляет около 6 кг. Участки плаценты, связанные с плацентарной недостаточностью и рождением слабых жеребят, занимают значительную площадь – более $10\ 800 \text{ см}^2$. Длина пупочного канатика у таких лошадей составляет примерно 60 см, а его диаметр – около

3,6 см. Диаметры сосудов в пупочном канатике отклоняются от нормы: вена имеет больший диаметр (12 мм) по сравнению с артериями (11 мм и 8 мм). Просвет сосудов сужен, а стенка вены толще, чем у артерий. Гистологическое исследование выявляет значительные адаптивные изменения в плодовой части плаценты.

Ворсины хориоаллантаоиса укорочены, а трофобластический слой истончен. Соединительная ткань характеризуется увеличенным объемом внеклеточного матрикса и разрушением коллагеновых волокон. Сосуды расширены, с признаками дисфункции, что приводит к дистрофическим изменениям в клетках трофобласта и уплотнению межклеточного вещества. Хориоаллантаоис в норме имеет красноватый цвет. При патологиях он менее насыщен кровью и, соответственно, бледнее. Ворсины на поверхности хориона мелкие, слабо разветвленные и тусклые. Их плотность снижена, в среднем составляя 30 штук на квадратный сантиметр. Фетальная поверхность хориона: Серая, гладкая и матовая.

При патологических родах, сопровождающихся задержкой плодных оболочек, плацента претерпевает значительные изменения. Ее масса уменьшается примерно на 37% (до 5 кг), а площадь сокра-

щается почти на 38% (в пределах 8250-9470 см²). Толщина хориоаллантаоиса также снижается, не превышая 3 мм. Аллантаоамнион, имеющий бело-серый цвет, становится тоньше (2-5 мм) по сравнению с состоянием при плацентите и приобретает плотную структуру, практически лишенную гелеобразной прослойки. Сосудистая сеть аллантаоамниона имеет древовидный тип ветвления, суженные стенки (до 3,5 мм в диаметре) и меньшее количество сосудов (3-5 на 100 см²). Установлено, что высота терминальных ворсин хориоаллантаоиса составила в среднем $2649,53 \pm 423,04$ мкм, с колебаниями от 2264,55 до 4286,15 мкм. Относительная площадь соединительной ткани хориоаллантаоиса плацентомы занимала у кобыл $4156,43 \pm 10,04$ мкм², а эпителия ворсин хориоаллантаоиса фетальной части плаценты — $324,16 \pm 0,99$ мкм². Количество капилляров составляет $9,25 \pm 0,86$ на единицу площади хориоаллантаоиса, рис. 4.

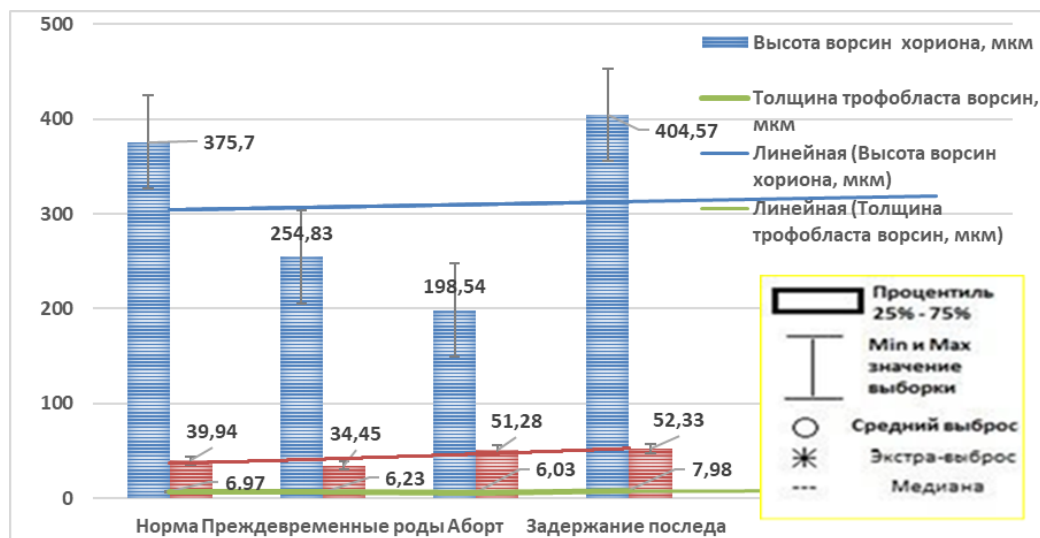


Рисунок 4 - Гистологические параметры фетальной части плаценты у кобыл.

Средняя длина створчатых ворсин хориона составляла 370 мкм, при этом их размеры варьировались от 246,53 до 1131,50 мкм. Ширина конечных (терминальных) ворсин составляла около 39 мкм, а толщина слоя клеток, покрыва-

ющих ворсины (трофобласта), была в среднем 7 мкм (рис. 4). Также было подсчитано, что на каждом квадратном сантиметре поверхности хориона располагалось в среднем 12,5 ворсин. При детальном изучении клеток трофобласта под

микроскопом были замечены клетки, содержащие два ядра (двухъядерные клетки или диплокариоциты). Внутренняя часть ворсин (хориальная пластинка) имела уплотненную соединительную ткань, насыщенную волокнами. Внутри ворсин хориоаллантаоиса, расположенных в плодной части плаценты, наблюдаются пучки волокнистых структур, ориентированных перпендикулярно направлению самих ворсин. Среди этих волокон можно различить фибробласты, а также клетки, напоминающие макрофаги, которые отличаются пенистым содержимым цитоплазмы и неровными, фестончатыми краями, рис. 2, 3. В поле зрения микроскопа также обнаруживаются клетки, похожие на макрофаги, и различные форменные элементы крови. Соединительная ткань в ворсинах хориона формирует тонкие прослойки. По всей длине ворсин хориоаллантаоиса фибробластические элементы и их волокна ориентированы параллельно. У кобыл в этой области наблюдается формирование структуры, которая отделяет ворсины хориоаллантаоиса от промежуточной пластины, направляясь к поверхности аллантаохориона. Эта структура играет роль в образовании участка контакта между спланхноплеврой аллантаоиса и соматоплеврой хориона. Эти области содержат клеточные элементы рыхлой, еще не полностью сформированной соединительной ткани, представленной в основном ретикулярными клетками. Эти клетки легко узнаваемы по их характерным овальным ядрам и веретенообразным отросткам цитоплазмы. Были выделены условные "светлые зоны интерстиция", каждая из которых содержала один-два сосуда мышечного типа. При детальном исследовании ворсинок обнаружили, что они состоят из крупных клеток, слившихся в симпласты. Эти симпласты имели плотную, окрашивающуюся в розовый цвет (оксифильную) цитоплазму, в которой располагалось множество ядер. Ядра были округлыми или овальными и имели разную степень плотности хроматина. Часто в этих симпластах образовывались полости, называемые вакуолями. Эти ва-

куоли имели утолщенные, окрашивающиеся стенки и были пустыми внутри, то есть не содержали видимых структур. На фоне всех этих наблюдений мы заметили увеличение количества гигантских клеток Кащенко-Гофбауэра. Эти клетки являются разновидностью макрофагов или клеток, похожих на макрофаги. Они располагались неравномерно, собираясь в группы, и находились в непосредственной близости от поврежденных участков эпителиальной ткани хориона. Продолжается деградация коллагеновых волокон. На финальной стадии беременности в аллантаохорионе формируются микроскопические участки пикринофилии, что говорит о глубоких молекулярных перестройках в коллагене. Изменения в гистоархитектонике и окрашивании ретикулиновых волокон в этих зонах подтверждают трансформацию соединительной ткани. У кобыл с нормальной беременностью подобные явления обычно обнаруживаются в виде скоплений под аллантаохорионом или мелкодисперсных отложений в цитоплазме эпителиальных клеток хориона в центральных отделах плаценты.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты морфологического исследования показали, что гистоархитектоника фетальной части плаценты кобылы характеризовалась следующими признаками:

- равномерное распределение ворсин хориоаллантаоиса во всех исследуемых участках плаценты и отсутствие плотных контактов их с железистым эпителием матки, формируя микрокотиледоны, опираясь на данные наблюдения, эмбриональный орган кобылы с высокой долей вероятности относится к диффузной микрокотиледонной эпителиохориальной плаценте;

- фиксируется высокая васкуляризация и, следовательно, интенсивное кровоснабжение, всех структур плаценты: амниотической оболочки, створочных и терминальных ворсин хориоаллантаоиса;

- стромальная часть достаточно толстой амниотической оболочки и разных типов ворсин хориоаллантаоиса представ-

лена в основном коллагеновыми волокнами, что указывает на значительную устойчивость плаценты кобыл к температурным колебаниям окружающей среды обитания;

- наличие специализированных клеток трофобласта, которые участвует в синтезе и/или секретирует нейтральных мукопротеинов (предположительно, гликогена);

- присутствие длинных створчатых ворсин на отдельных участках плаценты в области дистальной части и середины контрлатерального рога, на линии раздела двух рогов, в середине главного рога, что связано с пространственным расположением плаценты в матке, в случае значительного удаления анатомических структур плаценты от главного рога-плодовместилища, для более тесного контакта с маточными железами часть ворсин значительно удлиняется;

- наблюдаемые нами особенности гистоархитектоники и морфометрии плаценты кобыл являются результатом приспособления табунных лошадей к вынашиванию и рождению детенышей в арктических условиях республики (Саха) Якутия.

COMPARATIVE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE PLACENTA OF MARES IN LATE PREGNANCY BY HISTOMORPHOMETRY

Fedorov V. I. ¹-Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Pharmacology and Obstetrics named after Professor G.P. Serdtsev; **Avdeenko V.S.** ²-Doctor of Veterinary Sciences. Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies; **Nifontov K. R.** ¹-Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Pharmacology and Obstetrics named after Professor G.P. Serdtsev; **Domatov V. V.** ¹-Postgraduate Student of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Pharmacology and Obstetrics named after Professor G.P. Serdtsev; **Lukaevsky A. Z.** ¹-5th year stu-

dent of the Faculty of Veterinary Medicine; **Safronov D. I.** ²-Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Histology

¹Arctic State Agrotechnological University

²St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*Avdeenko0106@Mail.Ru

Funding: *The materials were prepared as part of the 2026 regional competition of the Russian Science Foundation "Conducting Fundamental Scientific Research and Exploratory Scientific Research by Individual Research Groups" (<https://rscf.ru/proect/25-16-20118>)*

ABSTRACT

Histomorphometric examination of the placenta of mares in the final stages of gestation revealed statistically significant differences in morphometric parameters during the physiological and pathological course of pregnancy. The area of the chorioallantois (cm²), the thickness of the chorion and allantoamnion (mm), the density of villi per unit area (villi/cm²) and per unit surface of the chorion, as well as the diameter and number of vessels in the allantoamnion per area of 100 cm² were quantified. The analysis showed that placental insufficiency, manifested in the form of premature birth, placentitis and retention of the afterbirth, is associated with the disorganization of cellular structures, characterized by their sparse arrangement in the form of small, distant clusters. In contrast, the formation of denser and more coherent cell clusters is observed in mares with physiological pregnancy. Histomorphometry of the cellular structures of the fetal part of the placenta, in particular, the topological metrics of the network, acts as the main discriminating factor that makes it possible to quantify the specific features of the placenta of mares in conditions of pathological conditions. The distribution of chorioallantois villi over the entire surface of the

placenta and the absence of dense contacts with the glandular epithelium of the uterus form microcotyledons, which determines the classification of the placenta of mares as diffuse microcotyledonous epitheliochoric. There is marked vascularization of all components of the placenta, including the amniotic membrane, stem and terminal villi of the chorioallantois. The stromal part of the placenta, represented by the amniotic membrane and chorioallantois villi, consists mainly of collagen fibers. The presence of long stem villi in certain areas of the placenta (distal part, middle of the contralateral horn, dividing line of the horns, middle of the main horn) correlates with their spatial location in the uterus, providing optimal contact with the uterine glands for effective gas exchange and nutritional support of the fetus.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Морфогенез плаценты у крупного рогатого скота при эклампсии / Приходько С. А., Родин П.В., Авдеев В.С., Племяшов К.В. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020, №1, С. 117-121.
- 2.Саенко Н.В. Морфология провизорных органов лошади во взаимосвязи с жизнеспособностью новорожденных жеребят: Вестник Крас. ГАУ, № 7, 2024/- С. 143-151.
- 3.Родин П.В., Авдеев В.С. Гистологические изменения в плаценте крупного рогатого скота при гестозе. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии, 2015, 2: 233-235.
- 4.Криштофорова Б.В., Саенко Н.В. Провизорные органы и жизнеспособность новорожденных животных: Монография. СПб., 2022.- 158с.
- 5.Teixeira A.R., Leao M.T., Costa A.L., Martin S., Abreu P., Blibernicht M. et al. Biometric and weight assessment of newborn foals: the influence of maternal factors. Abstract from the collection of abstracts of the 71st annual Virtual Meeting of the European Livestock Federation, December 1-4. Wageningen:Wageningen Academic Publishers (2020), 469 pp.
- 6.El-Sheikh Ali H., Legacki E.L., Loux S.C., Esteller-Vico A., Dini P., Scoggin K.E., Conley A.J., Stanley S.D., Ball B.A. Equine placentitis is associated with a downregulation in myometrial progesterin signaling. *Biol Reprod* 2019; 101:162-176.
- 7.Neto da Silva A. K., Costa A. L., Teixeira A., Alpoim-Moreira J., Fernandes K., Fradinho M. J., Rebordão M. R., Silva E., Ferreira da Silva J., Blibernicht M., Alexandre-Pires G., Ferreira-Dias G. Collagen and microvascular network in placentas of young and old mares. *Front Vet Sci.* 2022 Jan 4; 8:772658. doi: 10.3389/fvets.2021.772658.
- 8.Wynn M.A., Ball B.A., May J., Esteller-Vico A., Canisso I, Squires E., Troedsson M. Changes in maternal pregnane concentrations in mares with experimentally-induced, ascending placentitis. *Theriogenology* 2018; 122:130-136.
- 9.Park Y.S., Kim S., Park D.G., Kim D.H., Yoon K.W., Shin W., Han K. Comparison of library construction kits for mRNA sequencing in the Illumina platform. *Genes Genomics* 2019; 41:1233-1240.
- 10.El-Sheikh Ali H., Boakari Y.L., Loux S.C., Dini P., Scoggin K.E., Esteller-Vico A., Kalbfleisch T., Ball B.A. Transcriptomic analysis reveals the key regulators and molecular mechanisms underlying myometrial activation during equine placentitis. *Biology of Reproduction* 2020; 102:1306-1325.
- 11.Mu S., Shen Yu., Ren H., Ulaangerel T., Yi M., Zhao B., Hao A., Liu C., Wen S., Dugarzhav M., Bow G. Effect of interleukin-6 (IL-6) on in vitro cultured foal chorion cells. *Animals.* 2025. 15(3):450. doi: 10.3390/ani15030450.
- 12.Antczak D.F., Allen W.R.T. Placentation in ungulates. *Adv Anat Embryol Cell Biol.* 2021; 234:91-128. doi: 10.1007/978-3-030-77360-1_6.
- 13.Citation: Neto da Silva AC, Costa AL, Teixeira A, Alpoim-Moreira J, Fernandes C, Fradinho MJ, Rebordão MR, Silva E, Ferreira da Silva J, Blibernicht M, Alexandre-Pires G and Ferreira-Dias G (2022) Collagen and Microvascularization in Placentas from Young and Older Mares. *Vet. Sci.* 8:772658. doi: 10.3389/fvets.2021.772658.

14. The adaptive potential of newborn calves under conditions of technogenic anthropobio-cenosis / N. Saenko [et al.] // E3S Web of Conferences. 2021. № 265.

15. Canisso I.F., Luks S.K., Lima F.S. Biomarkers of placental diseases in mares. *Theriogenology*. 2020 1; 150:302-307. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.073. Epub 2020 Jan 30. PMID: 32088026.

16. The adaptive potential of newborn calves under conditions of technogenic anthropobio-cenosis / N. Saenko [et al.] // E3S Web of Conferences. 2021. № 265.

REFERENCES

1. Morphogenesis of the placenta in cattle with eclampsia / Prikhodko S. A., Rodin P. V., Avdeenko V. S., Plemyashov K. V. // *Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine*. 2020, No. 1, pp. 117-121.

2. Saenko N. V. Morphology of provisional organs of a horse in relationship with the viability of newborn foals: *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, No. 7, 2024 / - pp. 143-151.

3. Rodin P. V., Avdeenko V. S. Histological changes in the placenta of cattle with gestosis. // *Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine*, 2015, 2: 233-235.

4. Kristoforova B.V., Saenko N.V. Provisional organs and viability of newborn animals: *Monograph*. SPb., 2022. - 158 p.

5. Teixeira A.R., Leao M.T., Costa A.L., Martin S., Abreu P., Blibernicht M. et al. Biometric and weight assessment of newborn foals: the influence of maternal factors. Abstract from the collection of abstracts of the 71st annual Virtual Meeting of the European Livestock Federation, December 1-4. Wageningen: Wageningen Academic Publishers (2020), 469 pp.

6. El-Sheikh Ali H., Legacki E.L., Loux S.C., Esteller-Vico A., Dini P., Scoggin K.E., Conley A.J., Stanley S.D., Ball B.A. Equine placentitis is associated with a down-regulation in myometrial progesterin signaling. *Biol Reprod* 2019; 101:162-176.

7. Neto da Silva A. K., Costa A. L., Teixeira A., Alpoim-Moreira J., Fernandes K., Fradi-

nho M. J., Rebordan M. R., Silva E., Ferreira da Silva J., Blibernicht M., Alexander-Pires G., Ferreira-Diaz G. Collagen and microvascular network in placentas of young and old mares. *Front Vet Sci*. 2022 Jan 4; 8:772658.

8. Wynn M.A., Ball B.A., May J., Esteller-Vico A., Canisso I, Squires E., Troedsson M. Changes in maternal pregnane concentrations in mares with experimentally-induced, ascending placentitis. *Theriogenology* 2018; 122:130-136.

9. Park Y.S., Kim S., Park D.G., Kim D.H., Yoon K.W., Shin W., Han K. Comparison of library construction kits for mRNA sequencing in the Illumina platform. *Genes Genomics* 2019; 41:1233-1240.

10. El-Sheikh Ali H., Boakari Y.L., Loux S.C., Dini P., Scoggin K.E., Esteller-Vico A., Kalbfleisch T., Ball B.A. Transcriptomic analysis reveals the key regulators and molecular mechanisms underlying myometrial activation during equine placentitis. *Biology of Reproduction* 2020; 102:1306-1325.

11. Mu S., Shen Yu., Ren H., Ulaangerel T., Yi M., Zhao B., Hao A., Liu C., Wen S., Dugarzhav M., Bow G. Effect of interleukin-6 (IL-6) on in vitro cultured foal chorion cells. *Animals*. 2025. 15(3):450.

12. Antczak D.F., Allen W.R.T. Placement in ungulates. *Adv Anat Embryol Cell Biol*. 2021; 234:91-128. doi: 10.1007/978-3-030-77360-1_6.

13. Citation: Neto da Silva AC, Costa AL, Teixeira A, Alpoim-Moreira J, Fernandes C, Fradinho MJ, Rebordão MR, Silva E, Ferreira da Silva J, Blibernicht M, Alexandre-Pires G and Ferreira-Dias G (2022) Collagen and Microvascularization in Placentas from Young and Old Mares. *Vet. Sci*. 8:772658. doi: 10.3389/fvets.2021.772658.

14. The adaptive potential of newborn calves under conditions of technogenic anthropobio-cenosis / N. Saenko [et al.] // E3S Web of Conferences. 2021. No. 265.

15. Canisso I.F., Luks S.K., Lima F.S. Biomarkers of placental diseases in mares. *Theriogenology*. 2020 1; 150:302-307.

16. The adaptive potential of newborn calves under conditions of technogenic anthropobio-cenosis / N. Saenko [et al.] // E3S Web of Conferences. 2021. No. 265.