



**ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И
ТОКСИКОЛОГИЯ/ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND
TOXICOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.7> EDN: QCJRER

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПЛАЦЕНТЫ ТАБУННЫХ КОБЫЛ ПРИ ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ РОДАХ,
СВЯЗАННЫХ С ПЛАЦЕНТАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ**

Научная статья

Авдеенко В.С.^{1,*}, Нифонтов К.Р.², Федоров В.И.³, Сафронов Д.И.⁴, Лукаевский А.Ж.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-6154-275X;

² ORCID : 0000-0002-3414-127X;

³ ORCID : 0000-0002-8454-6531;

⁴ ORCID : 0009-0001-9508-2656;

⁵ ORCID : 0000-0003-3799-2456;

^{1,4} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

^{2,3,5} Якутская государственная сельскохозяйственная академия, Якутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (avdeenko0106[at]mail.ru)

Аннотация

В данной работе оценивалась площадь хориоаллантаоиса, толщина хориоаллантаоиса и аллантаоамниона, плотность ворсин (на единицу площади и поверхности хориона), а также характеристика сосудов в фетальной части плаценты. Анализ выявил, что плацентарная недостаточность, проявляющаяся в виде преждевременных родов, ассоциируется с дезорганизацией клеточных структур. В аллантаоамнионе наблюдались облитерированные сосуды, спиралевидной структуры.

Средняя толщина аллантаоамниона оценивалась в 6,2 мм ($\pm 0,58$ мм), а его габариты варьировались в диапазоне 5... 10 мм. Сосуды были распределены по всей поверхности аллантаоамниона неравномерно, с диаметром от 4 до 6 мм. Плотность сосудистой сети составляла от 5 до 10 сосудов на 100² сантиметров. Ворсины на поверхности хориона мелкие, слабо разветвленные и тусклые. Их плотность снижена, в среднем составляя 30 штук на квадратный сантиметр. Стромальная часть плаценты, представлена преимущественно коллагеновыми волокнами. Толщина хориоаллантаоиса варьировалась от 5 до 10 мм, а плотность ворсин составляла от 38 до 46 на квадратный сантиметр. Участки плаценты, при преждевременных родах, занимают значительную площадь — более 10 800 см². У лошадей этого типа пуповина обычно достигает в длину 60 сантиметров, а её толщина — приблизительно 3,6 сантиметра. Вена отличается большим размером просвета (12 мм) по сравнению с двумя артериями (11 мм и 8 мм).

Внутренний объём сосудов пупочного канатика уменьшен, и стенка вены представляется более плотной, чем стенки артерий. Ворсины хориоаллантаоиса укорочены, а трофобластический слой истончен. Соединительная ткань характеризуется увеличенным объемом внеклеточного матрикса и деградацией коллагеновых волокон. Активированные фибробласты превращаются в миофибробласты, которые стимулируют образование соединительной ткани, ремоделирование и постепенное разрушение структуры фетальной части плаценты. Таким образом, гистоморфометрические показатели, особенно топология клеточных сетей, могут служить ценными биомаркерами для диагностики и оценки степени плацентарной недостаточности у кобыл.

Ключевые слова: плацента кобыл, преждевременные роды, плацентарная недостаточность, морфометрия, анализ клеточных плацентарных структур.

**FEATURES OF PLACENTA MORPHOLOGY IN HERD MARES DURING PREMATURE BIRTH ASSOCIATED
WITH PLACENTAL INSUFFICIENCY**

Research article

Avdeenko V.S.^{1,*}, Nifontov K.R.², Fedorov V.I.³, Safronov D.I.⁴, Lukaevskii A.Z.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-6154-275X;

² ORCID : 0000-0002-3414-127X;

³ ORCID : 0000-0002-8454-6531;

⁴ ORCID : 0009-0001-9508-2656;

⁵ ORCID : 0000-0003-3799-2456;

^{1,4} St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

^{2,3,5} Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russian Federation

* Corresponding author (avdeenko0106[at]mail.ru)

Abstract

In this work, the area of the chorioallantois, the thickness of the chorioallantois and allantoamnion, the density of villi (per unit area and surface of the chorion), as well as the characteristics of blood vessels in the fetal part of the placenta were evaluated. The analysis revealed that placental insufficiency, manifested in the form of premature birth, is associated with disorganization of cellular structures. Obliterated vessels of spiral structure were observed in the allantoamnion.



The average thickness of the allantoamnion was estimated at 6.2 mm (± 0.58 mm), and its dimensions varied in the range of 5-10 mm. The vessels were distributed unevenly over the entire surface of the allantoamnion, with a diameter of 4 to 6 mm. The density of the vascular network ranged from 5 to 10 vessels per 1002 centimeters. The villi on the surface of the chorion are small, slightly branched and dull. Their density is reduced, averaging 30 pieces per square centimeter. The stromal part of the placenta is mainly represented by collagen fibers. The thickness of chorioallantois ranged from 5 to 10 mm, and the density of villi ranged from 38 to 46 per square centimeter. Areas of the placenta, in case of premature birth, occupy a significant area — more than 10,800 cm². In horses of this type, the umbilical cord usually reaches a length of 60 centimeters, and its thickness is approximately 3.6 centimeters. The vein has a large lumen size (12 mm) compared to the two arteries (11 mm and 8 mm).

The internal volume of the vessels of the umbilical cord is reduced, and the vein wall appears to be denser than the walls of the arteries. Chorioallantois villi are shortened, and the trophoblastic layer is thinned. Connective tissue is characterized by an increased volume of extracellular matrix and degradation of collagen fibers. Activated fibroblasts turn into myofibroblasts, which stimulate the formation of connective tissue, remodeling and gradual destruction of the structure of the fetal part of the placenta. Thus, histomorphometric parameters, especially the topology of cellular networks, can serve as valuable biomarkers for the diagnosis and assessment of placental insufficiency in mares.

Keywords: placenta of mares, premature birth, placental insufficiency, morphometry, analysis of cellular placental structures.

Введение

В эмбриологии и перинатологии лошадей [1] установилось устойчивое положение, что на ранних сроках беременности, примерно с 12-го по 15-й день, эмбрион лошади имеет округлую форму и свободно перемещается по просвету обоих рогов матки в ответ на сокращения матки. Считается [2], что такое движение и контакт между эмбрионом и эндометрием играют важную роль в распознавании беременности матерью у лошадей. Примерно на 16-й день беременности из-за увеличения эмбриона и повышения тонуса матки эмбрион закрепляется в одном месте внутри матки [3]. У эмбриона лошади развивается полный набор внезародышевых оболочек [4]. В это время большая часть поверхности эмбриона состоит из хориовителлинового слоя. До 35-го дня эмбриональные оболочки не прикрепляются к эндометрию. К 40-му дню начинает формироваться плацентарный круг кровообращения, что указывает на начало плацентации [5]. На данном этапе эмбрионального развития специфической чертой выступает преобразование эндометрия, сопровождающееся формированием небольших перегородок, покрытых однослойным кубическим эпителием и разветвляющихся, создавая углубления. В направлении образованных углублений в эндометрии перемещаются ворсины хориона, которые, в свою очередь, делаются, проникая в эти углубления. Некоторые ученые [6] отмечают наличие на передней стенке маточной слизистой оболочки выпячивания, напоминающего по очертаниям «эндометральную чашу» овальной формы. Внутри этой структуры расположены маточные железы, окруженные хорионическими клетками, фибробласты и похожих на них клеток, а также макрофаги и макрофагоподобные клетки.

Хорионические клетки, glanduloциты и плазмоциты обладают высоким содержанием РНК, нейтральных и сульфатированных гикопотеинов, и их секрет содержат все компоненты, составляющие гонадотропин, которые покрыты простым кубическим эпителием. Среди этих клеток обнаруживаются, до 18...20% гибридных клеток с тремя ядрами. Таким образом формируется плацента эпителиохориального типа обеспечивая прямой контакт эпителия эндометрия с поверхностью хориона через шесть слоев ткани, разделяющих кровообращение матери и плода на протяжении всей беременности [7], [8]. Плацента обеспечивает питание плода за счет метаболического обмена питательными веществами, снабжения кислородом и выведения продуктов жизнедеятельности, а также защищает его от внутренних и внешних воздействий [9]. С четвертого месяца беременности «эндометральные чаши» вакуолизируются и формируется микрокотиледонная диффузная эпителиохориальная плацента. Она охватывает всю поверхность хориоаллантаиса, за исключением небольшого участка, прилегающего к шейке матки, который называется «шейковая звезда» и где прикрепление невозможно [10]. Микрокотиледоны, основная единица взаимодействия плода и матери в плаценте лошади, которые представляют собой скопление хорошо васкуляризованных ворсинок хориона, которые проникают в сложные инвагинации эндометрия. Будучи микрокотиледонной и диффузной плацентой, она также характеризуется равномерным распределением ворсинок по поверхности хориона, который находится в контакте с эндометрием. Эпителиохориальная природа этого интерфейса сохраняется на протяжении всей беременности, но что происходит на последних сроках гестации и во время родов интерпретации в доступной литературе представлены единичными работами или вовсе отсутствуют.

В клинической практике у лошадей тщательный осмотр плаценты проводится с помощью макроскопического исследования и является стандартной процедурой [11]. По данным [12], у кобыл изменения в плаценте могут быть следствием заболевания вагенок в период беременности или морфофункциональными нарушениями плодных оболочек или плода. Несмотря на диагностические исследования крови, опыт врача, осматривающего кобылу, имеет большое значение [13], поскольку проведенная визуализация плодной части плаценты имеет большое клиническое значение. Хорошо известно, что внутриутробное питание плода влияет как на здоровье [14], [15], так и на результаты индивидуального неонатального развития жеребенка. Ряд исследований [16] показывает, что нарушения в структуре и функциях плаценты могут приводить к нарушению развития и роста плода, а также к снижению массы тела новорожденных. Поэтому была выдвинута гипотеза, что у кобыл в отличие других животных в плаценте усиливается фиброз и снижается микроциркуляция, что приводит к снижению массы тела новорожденных жеребят с очень серьезными последствиями для их дальнейшего существования.

Для оценки адекватности функционирования плаценты используют морфологические показатели, [17]. К ним относятся: во-первых, способность эпителиальных и мезенхимальных клеток оказывать иммуномодулирующее

воздействие как на этапе имплантации, так и в течение последующей беременности; во-вторых, особенности метаболических процессов в системе «мать-плацента-плод», а также скорость деления клеток диффузной эпителиохориальной плаценты (митотический индекс) на разных стадиях внутриутробного развития. У тяжеловозных лошадей эта спайка зависит от фиброза, чрезмерного развития соединительной ткани и менее развитыми аллантохориальными ворсинками [18], [19], [20]. Восполнение недостающих сведений в этой научной сфере даст возможность определить ключевые механизмы, прямо или косвенно влияющие на развитие плацентарной дисфункции и механизмы возникновения репродуктивных нарушений у женских особей, а также снижение порога устойчивости генетического потенциала популяции.

Целью работы является проведение сравнительного морфологического анализа плаценты кобыл на последних сроках беременности методом гистоморфометрии при преждевременных родах, связанных с плацентарной недостаточностью.

Методы и принципы исследования

Экспериментальные процедуры настоящего исследования были проведены с учетом стандартов Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины при проведении экспериментов на животных и получил одобрение Комитета по этике исследований и экспериментов на животных (Протокол № 19/2025-СПБГУВМ). В 2025 году исследовали образцы плаценты, полученных от табунных конематок на территории Якутии на последних сроках гестации (1 жеребая кобыла, возраст 6 — лет, беременность без осложнений, роды в срок, живая масса новорожденного жеребенка 34,6 кг и две кобылы, возраста 6 и 7 лет), преждевременные роды — плацентарная недостаточность, диагноз был поставлен нами постфактум на основании полученных данных ультразвукового исследования фетальной части плаценты перед родами (УЗ-сканер Mindray M6).

Патологические признаки включали аномалии развития плода, скопления жидкости между хориоаллантоисной мембраной и эндометрием, а также повышенную экзогенность амниотической и аллантоидной жидкостей. Вес околоплодных провизорных оболочек измерялся с точностью до десятой доли грамма. Площадь фетальной области плаценты рассчитывалась планиметрическим способом, основанном на подсчете количества квадратных миллиметров, занимаемых фетальной частью, нанесенных на миллиметровую бумагу. Длина пупочного канатика определялась измерительной лентой от точки его соединения с фетальной стороной плаценты до места обрыва. Для оценки количества ворсин на квадратный сантиметр хориальной пластинки применялась увеличительная лупа и специальная палетка с квадратным вырезом в 1 см². Процесс гистологического анализа плаценты начинался с фиксации образцов в 10% нейтральном формалине при 4°C в течение 4–5 дней.

Для гистологического анализа ткани подвергались стандартизированной подготовке. Сначала проводилась их дегидратация и последующее просветление в хлороформе с использованием автоматизированного гистопротектора Cytadel 2000. После этого образцы заливались в парафин с помощью системы HistoMix (Биовитрум, РФ). Полученные парафиновые блоки были нарезаны на тонкие срезы толщиной 5 микрометров на микротоме MICROM HM340E и закреплены на предметных стеклах. Для общей оценки клеточной и тканевой структуры срезы окрашивали гематоксилином и эозин-флюксинном по стандартной процедуре. Для выявления и характеристики компонентов внеклеточного матрикса применялась окраска по Masson. Исследование содержания кислых и нейтральных гликозаминогликанов проводилось с помощью двух методов окрашивания: альциановый синий (при pH=3,0) по Сиддмену позволял идентифицировать сульфатированные мукоидные вещества, гиалуроновые кислоты и сиаломуцины, что проявлялось темно-синим цветом. ШИК-реакция по Мак-Манусу, в свою очередь, обнаруживала гекозосодержащие мукопротеины, окрашивая их в ярко-малиновый цвет. Для лучшей визуализации ядер дополнительно применялся гематоксилин Майера.

Первоначальная обработка образцов плаценты включала фиксацию фрагментов (толщиной ≥ 5 мм, площадью ≤ 3 см²) в 10% нейтральном забуференном формалине HistoSafe в течение 24 часов. Далее проводилась дегидратация материала путем последовательной обработки растворами Изопреп с возрастающей концентрацией, с экспозицией 30 минут в каждом растворе. Следующим этапом была инфильтрация и заливка в парафин с использованием двух серий парафиновых сред Гистомикс, каждая продолжительностью 50 минут. Гистологические срезы толщиной 5 мкм изготавливались на ротационном микротоме «Ротмик-2».

Для общего гистологического анализа применялось окрашивание гематоксилином и эозином. Идентификация кислых гликозаминогликанов проводилась с помощью альцианового синего, а нейтральных гликозаминогликанов — с помощью ШИК-реакции. Все процедуры выполнялись в соответствии с общепринятыми протоколами. Визуализация и анализ изображений проводились на микроскопе AxioScore.A1 с цифровой камерой AxioCam MRC5. Статистический анализ включал описательную статистику: среднее арифметическое и стандартное отклонение для количественных переменных с нормальным распределением, и межквартильный размах для категориальных переменных. Нормальность распределения непрерывных переменных оценивалась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для анализа категориальных данных при ожидаемом количестве наблюдений в ячейках менее 5 применялся точный тест Фишера. Статистическая значимость определялась при уровне $p < 0,05$. Анализ данных проводился в программных пакетах IBM SPSS Statistics 26 и Microsoft Excel.

Основные результаты

Исследование фетальной поверхности плаценты у кобыл включало визуальный анализ ее морфологических признаков. Оценивались такие параметры, как сохранность структуры, цвет, наличие участков с редуцированными ворсинками, отложений солей кальция, а также зон некротических изменений и инфарктов.

У кобыл, чья беременность и роды протекали без патологий, были зафиксированы следующие характеристики пупочного канатика: его длина составляла $(57,68 \pm 0,75)$ см, а толщина — $(3,76 \pm 0,07)$ см. Сосуды пупочного канатика,



представленные артериями и веной, имели сопоставимый диаметр (11–12 мм) и узкий просвет. Толщина стенок артерий и вены варьировалась в пределах (5–6 мм), табл. 1.



Таблица 1 - Сравнительная характеристика пупочного канатика кобыл при преждевременных родах, связанных с плацентарной недостаточностью

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.7.1>

Длина пупочного канатика, см	Толщина пупочного канатика, см	Диаметр артерий/вены, мм	толщина стенки пупочных артерий / вены, мм
Физиологическая беременность и роды в срок			
$57,68 \pm 0,75$	$3,76 \pm 0,07$	11/12	5/6
Преждевременные роды, плацентарная недостаточность			
59,43	$3,43 \pm 0,03$	10/5	8/6



Аллантамнион представлял собой желеобразное вещество бело-серого оттенка. В его структуре обнаруживались крупные, толстостенные кровеносные сосуды, табл. 2.

В аллантамнионе наблюдались в основном суженные (облитерированные) сосуды, отличающиеся характерной спиралевидной структурой. Средняя толщина аллантамниона оценивалась в 6,2 мм ($\pm 0,58$ мм), а его габариты варьировались в диапазоне 5–10 мм. Сосуды были распределены по всей поверхности аллантамниона неравномерно, с диаметром от 4 до 6 мм. Плотность сосудистой сети составляла от 5 до 10 сосудов на 100 квадратных сантиметров (см. табл. 2).



Таблица 2 - Сравнительная характеристика пупочного канатика кобыл при преждевременных родах, связанных с плацентарной недостаточностью

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.7.2>

Масса плодных оболочек, кг	Площадь хориоаллантаиса, см ²	Толщина хориона, мм/ аллантамниона, мм	Количество ворсин на 1 см ² хориона	Диаметр сосудов и кол-во сосудов на алланта-амниона площадью 100 см ²
Физиологическая беременность и роды в срок				
8,02 ± 0,24	14287,48 ± 311,72	8,00 ± 0,91/ 6,20 ± 0,58	41,80 ± 1,56	4/6; 5/10
Преждевременные роды, плацентарная недостаточность				
5,9±0,24	7854,92 ±407,67	2,95±0,37/ 4,06 ±0,45	28,41±1,17	4/6; 3/7

Оболочка хориоаллантаоиса выделялась своим серо-розовым цветом. Поверхность, обращенная к развивающемуся организму, имела гладкую и блестящую структуру. Со стороны материнского организма хориоаллантаоис обладал насыщенным темно-красным цветом, отличаясь при этом блеском и бархатистой текстурой.

Вся поверхность хориальной оболочки была однородно покрыта небольшими, слабо разветвленными ворсинками. Толщина хориона колебалась в пределах от пяти до десяти миллиметров. Плотность расположения ворсин составляла от тридцати восьми до сорока шести штук на один квадратный сантиметр (рис. 1).

Исследования показывают, что средняя масса плодной части плаценты составляет приблизительно 8,02 килограмма. Этот показатель имеет погрешность в 0,24 килограмма, что позволяет определить минимальное значение в 7,35 кг и максимальное в 8,85 кг.

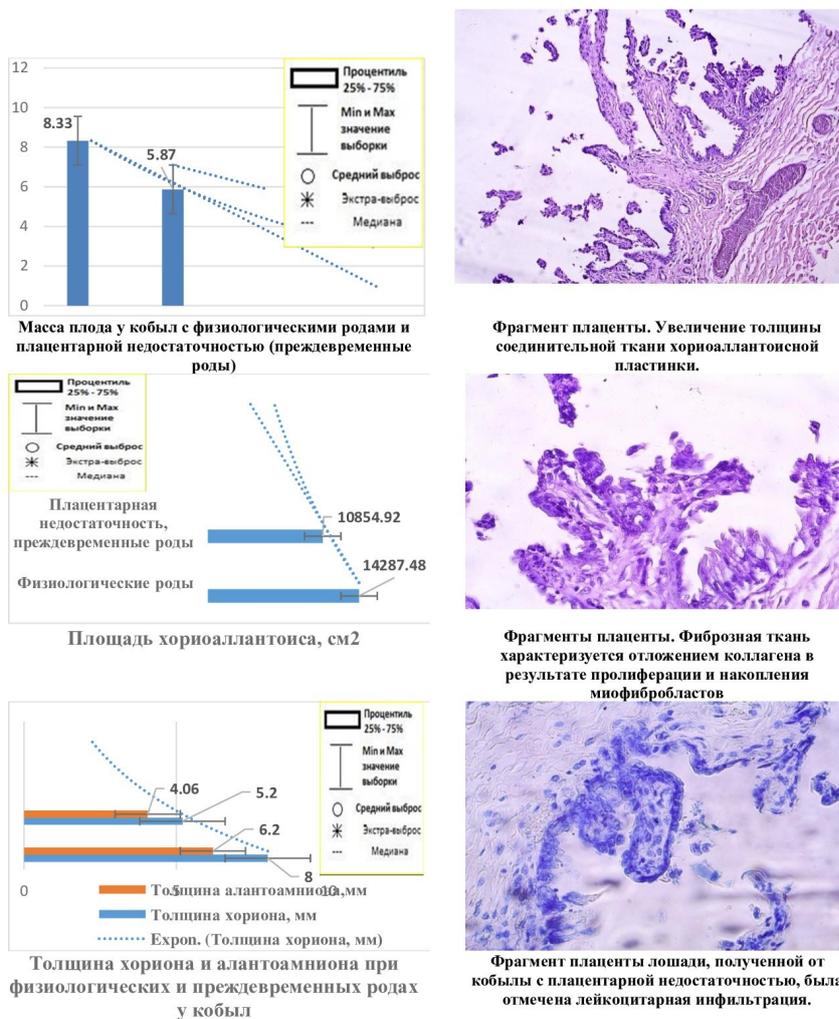


Рисунок 1 - Морфологические и гистохимические изменения в плодной части плаценты у кобыл с плацентарной недостаточностью (преждевременные роды)

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.7.3>

Что касается хориоаллантаоиса, наружной оболочки плода, его площадь в среднем достигает 14 287,48 квадратных сантиметров, с возможным отклонением в 311,72 квадратных сантиметра. Гистотопографический анализ фетальной плаценты продемонстрировал ее отличное кровоснабжение. Сосуды плаценты были полностью заполнены кровяными компонентами, при этом не было выявлено никаких признаков тромбообразования. Плацентарные ворсинки, играющие важнейшую роль в обеспечении плода кислородом и питательными веществами, демонстрировали хорошее развитие, значительную длину и отсутствие явных повреждений сосудов или участков некроза. Трофобластические клетки, из которых формируется хориоаллантаоис, имели округлую форму и формировали скопления, активно участвуя в процессе создания эпителиального синцития. Данный синцитий, в свою очередь, был образован клетками с отчетливой призматической организацией.

Для плацент, подверженных плацентарной недостаточности, типичны следующие морфологические характеристики: густо усеяна мелкими ворсинками, равномерно распределенными и незначительно разветвленными, с плотностью от 36 до 42 ворсинок на квадратный сантиметр хориона (в среднем $38,40 \pm 1,17$). Тем не менее,

наблюдались области с уменьшенной высотой и концентрацией ворсинок. Толщина хориона уменьшилась до 4–6 мм (среднее значение $5,20 \pm 0,37$ мм), что соответствует уменьшению на 35%.

При плацентарной недостаточности аллантамнион, приобретает бледно-серый цвет, становится менее студенистым и истончается до примерно 4 мм. Сосуды аллантамниона, диаметром 4–6 мм, встречаются редко — 3–7 на 100 см². Общая масса плодной части плаценты составляет около 6 кг. Обширные зоны плаценты (более 10 800 см²), ассоциированные с плацентарной недостаточностью и рождением слабых жеребят, свидетельствуют о серьезных нарушениях. У таких кобыл пупочный канатик укорочен (около 60 см) и утолщен (около 3,6 см), с суженными сосудами и более толстой стенкой вены по сравнению с артериями.

Гистологическое исследование выявляет существенные адаптивные изменения в плодовой части плаценты. Ворсины хориоаллантаиса укорочены, а трофобластический слой истончен. Соединительная ткань характеризуется увеличенным объемом внеклеточного матрикса и деградацией коллагеновых волокон. Наблюдается расширение сосудов и признаки их дисфункции, что приводит к дистрофическим изменениям в клетках трофобласта и уплотнению межклеточного вещества. В норме хориоаллантаис имеет красноватый цвет.

Однако в данном случае он менее насыщен кровью и, соответственно, имеет более бледную окраску. 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. Сосудистая сеть аллантамниона имеет древовидный тип ветвления, суженные стенки (до 3,5 мм в диаметре) и меньшее количество сосудов (3–5 на 100 см²), рис. 2. Установлено, что высота терминальных ворсин хориоаллантаиса составила в среднем $2649,53 \pm 423,04$ мкм, с колебаниями от 2264,55 до 4286,15 мкм. Относительная площадь соединительной ткани хориоаллантаиса плацентомы занимала у кобыл $4156,43 \pm 10,04$ мкм², а эпителия ворсин хориоаллантаиса фетальной части плаценты — $324,16 \pm 0,99$ мкм². Количество капилляров составляет $9,25 \pm 0,86$ на единицу площади хориоаллантаиса (см. табл. 2). Исследование микроскопических срезов тканей (гистопрепаратов) позволило количественно оценить структуру ворсин хориона при преждевременных родах, связанных с плацентарной недостаточностью.

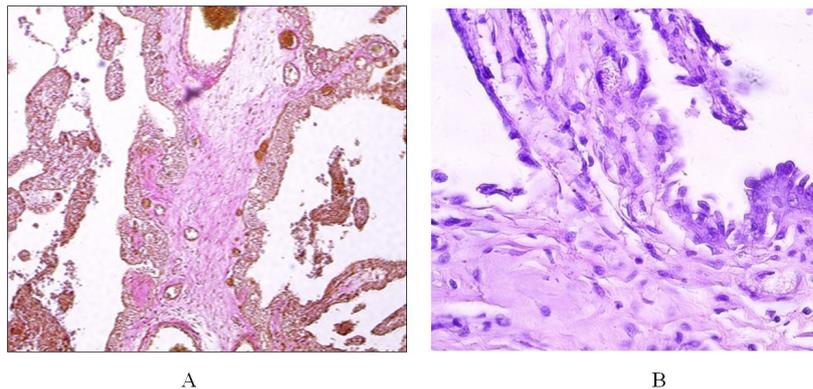


Рисунок 2 - Патоморфологическое исследование плаценты кобылы при преждевременных родах выявило следующие отклонения: а) ворсины хориоаллантаиса подверглись дистрофическим изменениям и некрозу; в) нарушена дифференцировка клеток трофобласта: наблюдается наличие двуядерных клеток на различных стадиях развития, но отсутствуют трехядерные клетки

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.7.4>

Анализ показал, что ствольные ворсины хориона в среднем имели длину 370 микрометров, но их размеры могли сильно отличаться, варьируясь от 246,53 до 1131,50 мкм. Конечные участки ворсин, называемые терминальными, имели ширину около 39 мкм. Слой клеток, покрывающий эти ворсины (трофобласт), в среднем достигал толщины 7 мкм. 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 (двуядерные клетки или диплокарициты). Эти клетки находились на разных этапах своего развития и были особенно многочисленны среди цилиндрических клеток, в особенности на вершинах ворсин плодной части плаценты. У кобыл наблюдается образование специфической структуры, которая служит барьером между ворсинами хориона и промежуточной пластиной, направляясь к аллантахориону. Цитоплазма этих симпластов отличалась высокой плотностью и выраженной оксифильной окраской, содержала многочисленные ядра округлой или овальной формы с варибельной конденсацией хроматина. На фоне всех этих наблюдений отмечается при данном осложнении увеличение количества гигантских клеток Кащенко-Гофбауэра. 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 аллантахорионе формируются микроскопические участки пикринофилии, что свидетельствует о молекулярных перестройках в коллагене.



Обсуждение

Несмотря на то, что визуальный осмотр плаценты (макроскопическое исследование) может не выявить повреждений [21], микроскопические изменения, которые могут быть связаны с проблемами у плода (например, смертью, низким весом при рождении, болезнями), обнаруживаются только при более детальном анализе, таком как гистологическое исследование или электронная микроскопия [12]. У кобыл, помимо этих микроскопических изменений, часто наблюдается усиление фиброза эндометрия, что также отражается в плаценте [22]. Во время беременности у кобыл, фиброзная ткань характеризуется избыточным накоплением компонентов внеклеточного матрикса, таких как коллаген, фибронектин и гиалуроновая кислота и разрастаясь в органе, способна нарушать его нормальную работу и структуру [23]. Развитие фиброза обусловлено длительным воспалением, в котором задействованы механизмы как врожденного, так и приобретенного иммунитета [5].

Активированные фибробласты превращаются в миофибробласты, которые стимулируют образование соединительной ткани, ремоделирование и постепенное разрушение структуры органа [2]. На основании этих данных мы предположили, что у кобыл при преждевременных родах фиброз в плаценте усиливается, а микроциркуляция ухудшается. Это, в свою очередь, может приводить к аборт, и осложнениям в родах (задержке последа), проблемам с репродуктивным здоровьем после родов (метрит, эндометрит) и заболеваниями у жеребят.

Заключение

Для кобыл, подверженных плацентарной недостаточности (преждевременные роды), типичны следующие морфологические характеристики:

- ствольные ворсины хориона в среднем имеют длину 370 микрометров, однако размеры могут отличаться, варьируясь от 246,53 до 1131,50 мкм, терминальные имели ширину около 39 мкм;
- плацента густо усеяна мелкими ворсинками, равномерно распределенными и незначительно разветвленными, слой клеток, покрывающий ворсины (трофобласт), в среднем достигал толщины 7 мкм, на каждом квадратном сантиметре поверхности хориона располагалось в среднем 12,5 ворсин;
- толщина хориона уменьшилась до 4–6 мм (среднее значение $5,20 \pm 0,37$ мм), что соответствует уменьшению на 35%, по сравнению с нормой;
- аллантамнион, приобретает бледно-серый цвет, становится менее студенистым и истончается до 4 мм;
- сосуды аллантамниона, диаметром 4-6 мм, встречаются редко — 3–7 на 100 см², общая масса плодной части плаценты составляет около 6 кг;
- цитоплазма симпластов отличалась высокой плотностью и выраженной оксифильной окраской, содержала многочисленные ядра округлой или овальной формы с вариабельной конденсацией хроматина.

Финансирование

Исследование выполнено за счет регионального гранта Российского научного фонда № 25-16-20118.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was carried out at the expense of a regional grant from the Russian Science Foundation No. 25-16-20118.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pozor M. Placenta in horses is the doctor's view. Part 1: Normal placenta – physiology and evaluation / M. Pozor // *Equine Veterinary Education*. — 2016. — Vol. 28. — P. 327–334. — DOI: 10.1111/eve.12499.
2. Foden A.L. Physiological development of the horse fetus in late pregnancy / A.L. Foden, D.A. Giussani, A.J. Forhead // *Equine Veterinary Journal*. — 2020. — Vol. 52. — P. 165–173. — DOI: 10.1111/evj.13206.
3. El-Sheikh Ali H. Transcriptomic analysis reveals the key regulators and molecular mechanisms underlying myometrial activation during equine placentitis / H. El-Sheikh Ali, Y.L. Boakari, S.C. Loux et al. // *Biology of Reproduction*. — 2020. — Vol. 102. — P. 1306–1325.
4. El-Sheikh Ali H. Steroid synthesis and metabolism in the equine placenta during placentitis / H. El-Sheikh Ali, E.L. Legacki, K.E. Scoggin et al. // *Reproduction*. — 2020. — Vol. 159. — P. 289–302.
5. Canisso I.F. Biomarkers for placental disease in mares / I.F. Canisso, S.C. Loux, F.S. Lima // *Theriogenology*. — 2020. — Vol. 150. — P. 302–307. — DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.073.
6. Krishtoforova B.V. Pharmacological organs and viability of newborn animals: monograph / B.V. Krishtoforova, N.V. Saenko. — St. Petersburg, 2022. — 158 p.
7. Teixeira A.R. Biometric and weight assessment of newborn foals: the influence of maternal factors / A.R. Teixeira, M.T. Leao, A.L. Costa et al. // *Book of Abstracts of the 71st Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Virtual Meeting, December 1–4, 2020*. — Wageningen : Wageningen Academic Publishers, 2020. — P. 469.
8. Allen W.R. The effect of mother's size on the growth of the placenta, fetus, and postnatal growth in horses: I. Intrauterine development / W.R. Allen, S. Wilshere, K. Turnbull et al. // *Reproduction*. — 2002. — Vol. 123. — P. 445–453. — DOI: 10.1530/rep.0.1230445.



9. Wilsher S. Factors influencing the development and functioning of the placenta in mares / S. Wilsher, W.R. Allen // *Equine Veterinary Journal Supplement*. — 2012. — Vol. 41. — P. 113–119. — DOI: 10.1111/j.2042-3306.2011.00452.x.
10. Beithien E. The influence of the season on the development of the placenta, fetus and newborn in horses / E. Beithien, K. Aurich, M. Wulf et al. // *Theriogenology*. — 2017. — Vol. 15. — P. 98–103. — DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.04.027.
11. El-Sheikh Ali H. Equine placentitis is associated with a downregulation in myometrial progesterone signaling / H. El-Sheikh Ali, E.L. Legacki, S.C. Loux et al. // *Biology of Reproduction*. — 2019. — Vol. 101. — P. 162–176.
12. Neto da Silva A.K. Collagen and microvascular network in placentas of young and old mares / A.K. Neto da Silva, A.L. Costa, A. Teixeira et al. // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2022. — Vol. 8. — P. 772658. — DOI: 10.3389/fvets.2021.772658.
13. Wynn M.A. Changes in maternal progesterone concentrations in mares with experimentally-induced, ascending placentitis / M.A. Wynn, B.A. Ball, J. May et al. // *Theriogenology*. — 2018. — Vol. 122. — P. 130–136.
14. Fernandes C.B. Uterine cervix as a fundamental part of the pathogenesis of pregnancy loss associated with ascending placentitis in mares / C.B. Fernandes, B.A. Ball, S.C. Loux et al. // *Theriogenology*. — 2019.
15. Pereira S. Transcriptomic analysis of fetal membranes reveals pathways involved in preterm birth / S. Pereira, C. Sosa, B. Bertoni // *BMC Medical Genomics*. — 2019. — Vol. 12. — P. 53.
16. Park Y.S. Comparison of library construction kits for mRNA sequencing in the Illumina platform / Y.S. Park, S. Kim, D.G. Park et al. // *Genes & Genomics*. — 2019. — Vol. 41. — P. 1233–1240.
17. Fedorka C.E. The foeto-maternal immune response to equine placentitis / C.E. Fedorka, B.A. Ball, K.E. Scoggin et al. // *American Journal of Reproductive Immunology*. — 2019. — Vol. 82. — P. e13179.
18. Dini P. Equine hydrallantois is associated with impaired angiogenesis in the placenta / P. Dini, M. Carossino, A.T. Loynachan et al. // *Placenta*. — 2020. — Vol. 93. — P. 101–112.
19. Rebordão M.R. The components of extracellular neutrophil traps cause collagen formation in the endometrium of mares in vitro / M.R. Rebordão, A. Amaral, K. Lukasik et al. // *Theriogenology*. — 2018. — Vol. 113. — P. 8–18. — DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.02.001.
20. Mu S. Effect of interleukin-6 (IL-6) on in vitro cultured foal chorion cells / S. Mu, Yu. Shen, H. Ren et al. // *Animals*. — 2025. — Vol. 15, № 3. — P. 450. — DOI: 10.3390/ani15030450.
21. Antczak D.F. Placentation in ungulates / D.F. Antczak, W.R. Allen // *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*. — 2021. — Vol. 234. — P. 91–128. — DOI: 10.1007/978-3-030-77360-1_6.
22. Saenko N. The adaptive potential of newborn calves under conditions of technogenic anthropobiocenosis / N. Saenko [et al.] // *E3S Web of Conferences*. — 2021. — № 265.
23. Saenko N.V. Morphology of the horse's provender organs in relation to the viability of newborn foals / N.V. Saenko // *Bulletin of the Red State Agrarian University*. — 2024. — № 7. — P. 143–151.