



БИОХИМИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ

УДК: 636.1:617.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.296

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЖИ МЕЖПАЛЬЦЕВОЙ ОБЛАСТИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ДЕРМАТИТЕ

Борхунова Е.Н. – д-р биол. н., проф., зав. кафедрой анатомии и гистологии им. проф. А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-2355-8616); **Белогуров В.В.*** – канд. ветеринар. н., доц. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0003-0204-3808); **Позябин С.В.** – д-р ветеринар. н., проф., ректор, зав. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0002-3825-6082); **Качалин М.Д.** – канд. ветеринар. н., доц. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0001-5942-8771); **Кузнецова М.А.** – асс. каф. анатомии и гистологии животных им. проф. А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-2031-12907); **Лясковский И.Д.** – асс. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0009-0000-5299-4172).

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА им. К.И. Скрябина»

*kalancha123@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, кожа, морфология, межпальцевый дерматит.

Keywords: cattle, skin, morphology, interdigital dermatitis.

Финансирование. Исследования проведены в рамках выполнения работы по гранту Российского научного фонда №23-16-00023 «Метаболические и морфофункциональные взаимосвязи при ортопедических патологиях у высокопродуктивного крупного рогатого скота как научная основа разработки методов их коррекции и профилактики».

Поступила: 14.06.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025

РЕФЕРАТ

Структурные изменения дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота проявляются не только артрозами суставов пальцев, нарушениями роста копытцевого рога, но и деструктивными изменениями кожного покрова в этой области. При этом состояние суставов и копытец описано в ряде работ, в то время как морфологические изменения кожи при дерматитах межпальцевой области недостаточно изучены. При этом хронизация дерматита и постоянное поддержание очага хронического воспаления, несомненно, оказывает негативное влияние на состояние окружающих тканей и, кроме того, является индикатором изменений кожи в области пальцевого органа. В статье представлены результаты исследования морфологических изменений кожи у молочных коров при межпальцевом дерматите.



Цель работы – представить данные о морфологических изменениях кожи межпальцевой области у молочных коров при хроническом дерматите. Изучены препараты кожи межпальцевой области, полученные при исследовании секционного материала от 50-ти молочных коров в возрасте 3-х и 4-х лет, у которых наблюдались признаки хронического межпальцевого дерматита, нарушения роста копытцевого рога, а также артрозы пальцевых суставов. Фрагменты кожи подвергали гистологическому исследованию по общепринятой методике. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Jenamed-2 и MicroScreen. В результате проведенных исследований получены данные о вариантах микроскопических изменений кожи межпальцевой области у молочных коров при хроническом дерматите, показано, что процесс может протекать с аллергическим компонентом, что следует учитывать при лечении больных животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Патологии дистального отдела конечностей широко распространены у крупного рогатого скота, отличаются сочетанным течением артрозов, межпальцевого дерматита, нарушения роста копытцевого рога; они сопровождаются, в частности, развитием болевого синдрома и приводят к значительному снижению продуктивности животных [4, 7, 9, 10, 11]. Инцидентность межпальцевого дерматита может достигать 70% среди поголовья, при этом нередко он с трудом поддается лечению, что обуславливает необходимость изучения морфологических изменений, возникающих в коже при данной патологии [3].

Несмотря на многочисленные исследования в области патологий дистального отдела конечностей у молочных коров, сведения о морфологических изменениях кожи межпальцевой области при межпальцевом дерматите фрагментарны и касаются, главным образом, описания клинической картины [1, 2, 3]. В этой связи изучение особенностей морфологической картины при межпальцевых дерматитах у коров имеет значение для совершенствования лечебно-профилактических мероприятий, которые должны базироваться на современных данных об этиологии и патогенезе заболевания [5, 6, 8].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены на кафедрах ветеринарной хирургии и анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. В работе использовали изолированные конечности от

50-ти коров молочного направления продуктивности в возрасте 3-х - 4-х лет. Секционный материал подвергали осмотру, при этом у всех животных регистрировали признаки хронического межпальцевого дерматита, нарушения роста копытцевого рога, а при дальнейшем препарировании определяли признаки артрозов суставов пальцев. Для гистологических исследований отбирали фрагменты кожи из межпальцевой области. Исследования проводили по общепринятой методике: материал фиксировали в 10%-м растворе формалина, заливали в парафин, готовили срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином для оценки общей морфологической картины и изучали с помощью микроскопов Jenamed-2 и MicroScreen.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При исследовании кожи межпальцевой области во всех случаях выявлены признаки хронического дерматита, который в одних случаях протекал с аллергическим компонентом, в других – без него.

В случаях хронического дерматита, в которых при микроскопических исследованиях признаки аллергической реакции не были выявлены, клинически наблюдали утолщенную кожу с гладкой, блестящей поверхностью (слабо выражен рельеф), лишенную волос, без покраснений и явлений гиперкератоза (рис.1 А). В случаях с аллергическим компонентом наблюдали более выраженный отек и покраснение кожи (рис.1 Б). У многих животных наблюдали явления гиперкератоза (рис.1 В, Г).

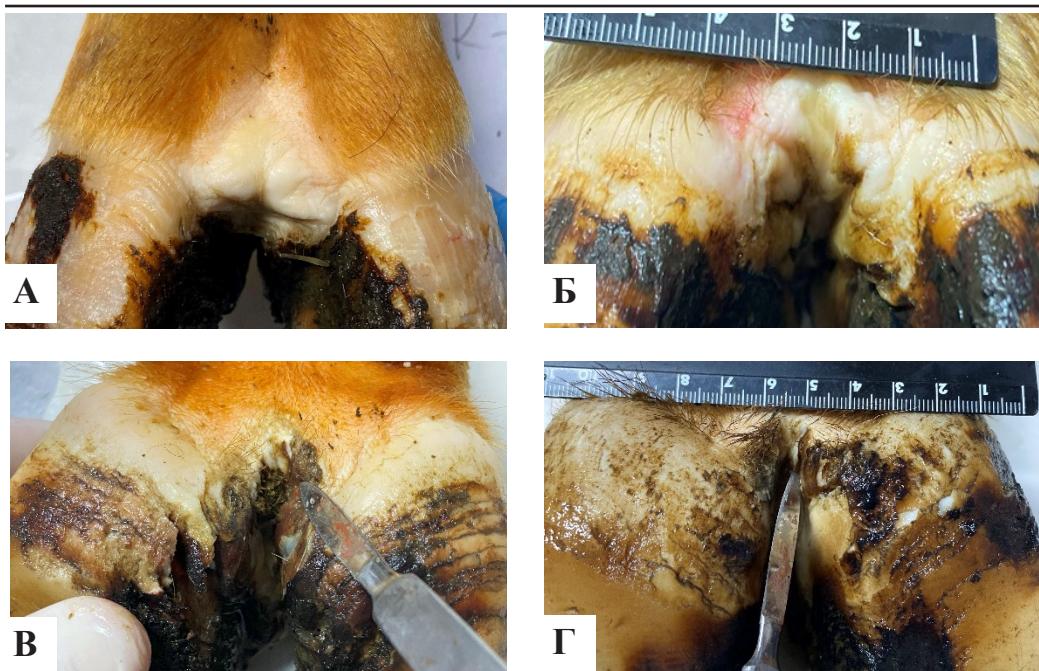


Рисунок 1 – Варианты клинического проявления хронического дерматита в межспальцевой области у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. А – кожа утолщена, папиллярный рисунок сглажен, рост волос отсутствует, что указывает на рубцовые изменения; Б – утолщение кожи, трещины, локальная гиперемия; В – утолщение кожи, явления гиперкератоза; Г – явления гиперкератоза, трещины в межспальцевой области.

Эпидермис в одних случаях был истончен, имел сглаженные гребешки, роговой слой был тонок. При этом иногда наблюдали папилломатозные разрастания и инфильтрацию лимфоцитами (рис. 2, 3). Кератиноциты базального слоя имели призматическую форму, некоторые из них находились в состоянии вакуольной белковой дистрофии. В клетках шиповатого слоя идентифицировались филаменты кератина, ядра некоторых клеток были пикнотичны. В этом слое наблюдали разъединение клеток за счет отека с формированием межклеточных пространств – спонгиоз. Зернистый слой в одних случаях отсутствует, что указывает на дискератоз. В других случаях идентифицируются клетки, содержащие немногочисленные зерна кератогиалина. В роговом слое

наблюдается слоистое расположение рогового вещества, контуры роговых чешуек в большинстве случаев не определяются (должны быть четко видны). Все это указывает на дискератоз.

Рисунок сосочкового слоя дермы также был не выражен, в нем наблюдали признаки склероза и диффузную лимфоидно-макрофагальную инфильтрацию. Кровеносные сосуды расширены, с паравазальной лимфоидно-макрофагальной инфильтрацией.

Сетчатый слой дермы с признаками склероза, видна умеренная паравазальная лимфоидно-макрофагальная инфильтрация и очаги мукоидного набухания с макрофагальной резорбцией.

Подкожная жировая клетчатка не имела видимых изменений.

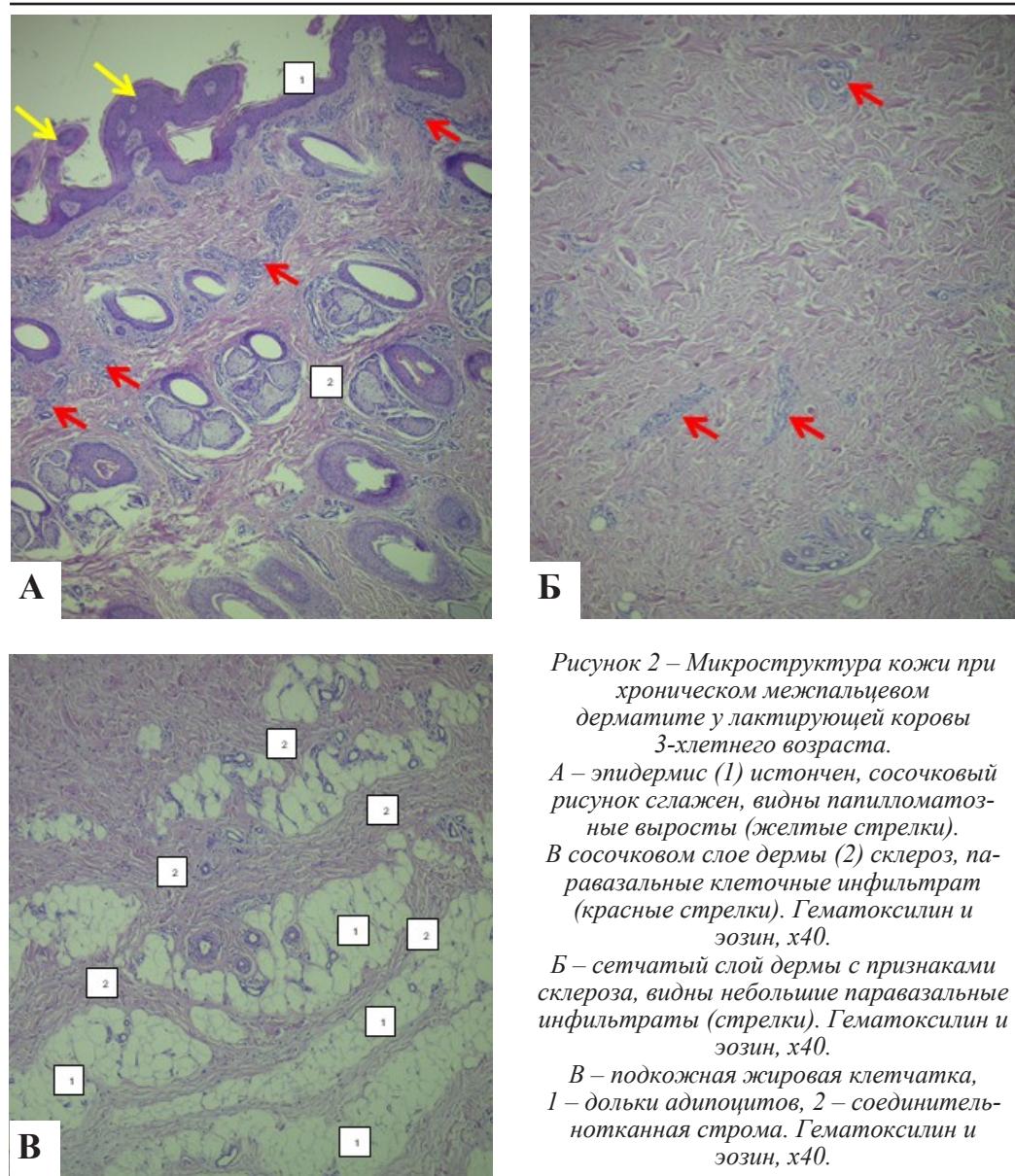


Рисунок 2 – Микроструктура кожи при хроническом межстальцевом дерматите у лактирующей коровы 3-хлетнего возраста.

А – эпидермис (1) истончен, сосочковый рисунок слажен, видны папилломатозные выросты (желтые стрелки).

В – сосочковом слое дермы (2) склероз, паравазальные клеточные инфильтраты (красные стрелки). Гематоксилин и эозин, $\times 40$.

Б – сетчатый слой дермы с признаками склероза, видны небольшие паравазальные инфильтраты (стрелки). Гематоксилин и эозин, $\times 40$.

В – подкожная жировая клетчатка, 1 – доли адипоцитов, 2 – соединительнотканная стroma. Гематоксилин и эозин, $\times 40$.

В случаях хронического дерматита с гистологически подтвержденным аллергическим компонентом клинически наблюдали утолщенную кожу с покраснениями, трещинами, нередко кожа была покрыта корочками (рис. 1 Б, В, Г).

При микроскопических исследованиях в эпидермисе регистрировали акантоз, вакуольную белковую дистрофию кератиноцитов, явления деструкции кератиноцитов базального слоя, признаки паракертона и дискератоза (рис. 6).

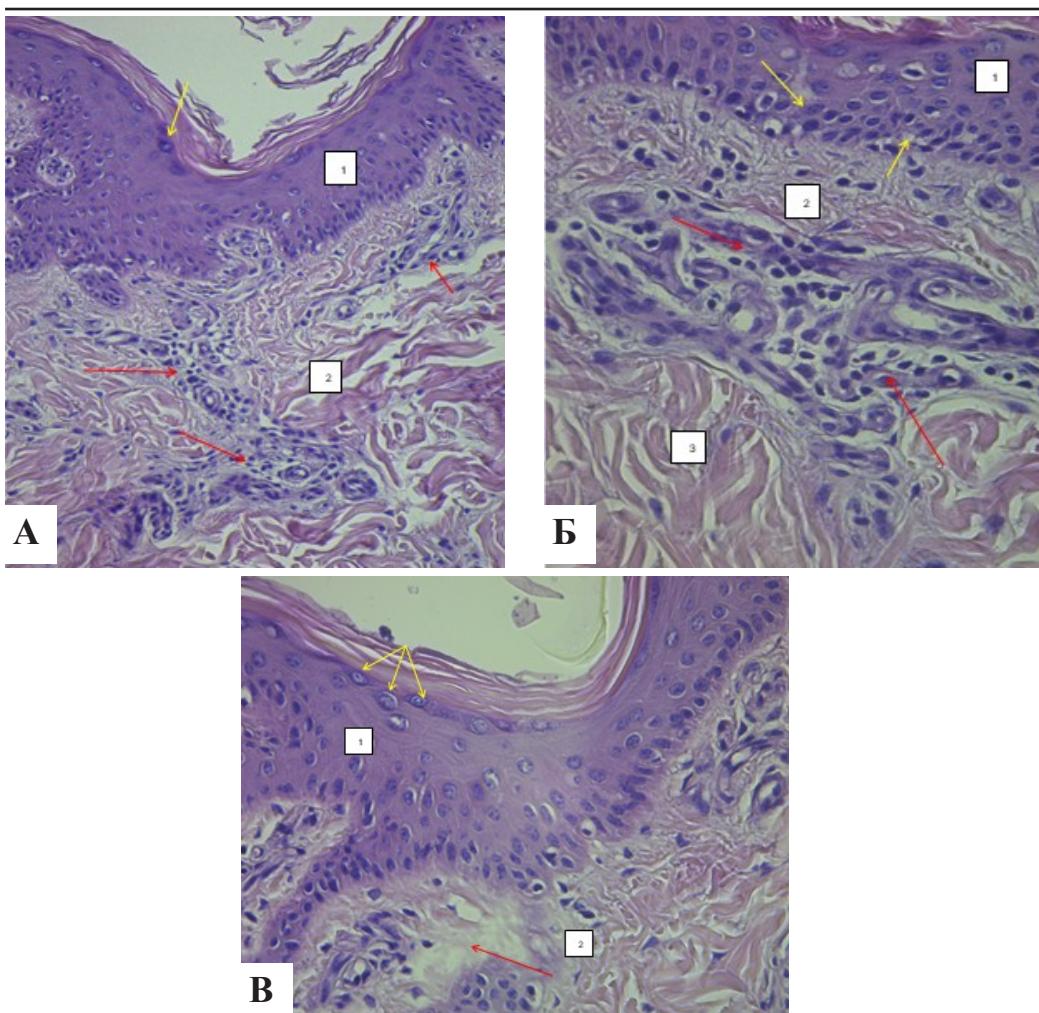


Рисунок 3 – Микроструктура кожи при хроническом межспальцевом дерматите у лактирующей коровы 3-х летнего возраста.

A – эпидермис (1) со сложенным сосочковым рисунком, виден очаговый дискератоз (стрелка), в дерме (2) отек, паравазальная клеточная инфильтрация (стрелки).
Гематоксилин и эозин, x100.

Б – эпидермисе (1) некоторые кератиноциты базального слоя в состоянии некроза (стрелки), виден спонгиоз, среди кератиноцитов наблюдаются лимфоциты.

2 – сосочковый слой содержит уплотненные пучки коллагеновых волокон (склероз), виден диффузный макрофагальный инфильтрат. 3 – в сетчатом слое дермы регистрируются признаки отека (увеличение межволоконных пространств), умеренный паравазальный лимфоидно-макрофагальный инфильтрат (стрелка).

Гематоксилин и эозин, x200.

В – в эпидермисе (1) дискератоз (зернистый слой эпидермиса отсутствует, стрелками показаны кератиноциты с нарушениями процесса ороговения). 2 - сосочковый слой дермы с признаками отека, стрелкой показана субэпидермальная булла.

Гематоксилин и эозин, x200.

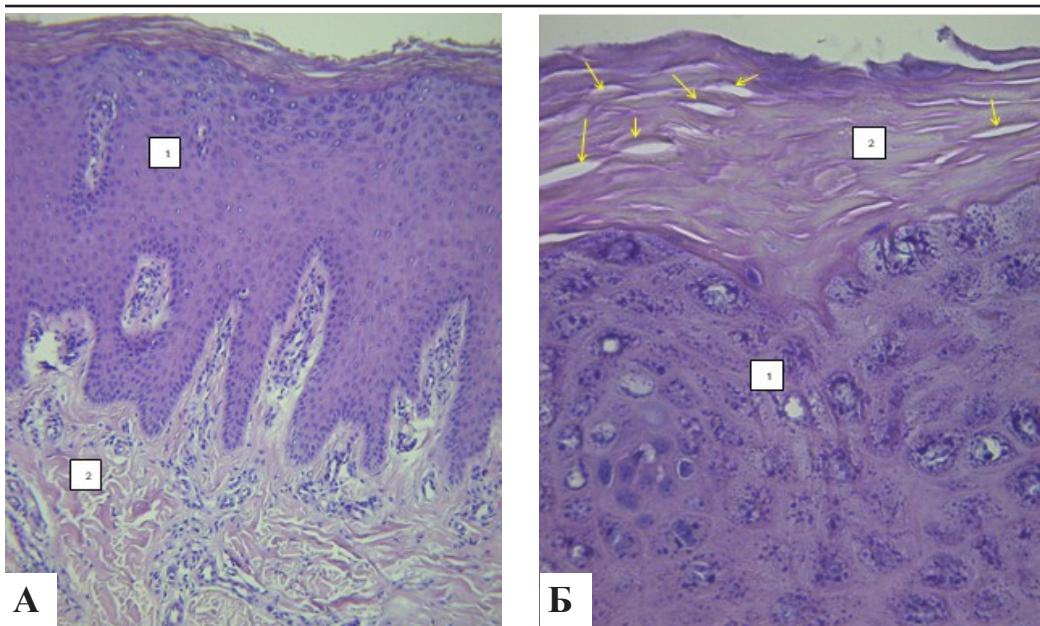


Рисунок 4 – Состояние эпидермиса при хроническом межспальцевом дерматите у 3-х летней лактирующей коровы.

А – эпидермис (1) с признаками акантоза, в дерме (2) видны признаки склероза, наблюдается умеренный паравазальный клеточный инфильтрат.

Гематоксилин и эозин, x100.

Б – в эпидермисе кератиноциты зернистого слоя (1) содержат незначительное количество зерен кератогиалина, что указывает на дискератоз. 2 – в роговом слое наблюдается расслоение рогового вещества (стрелками показаны трещины).

Гематоксилин и эозин, x400.

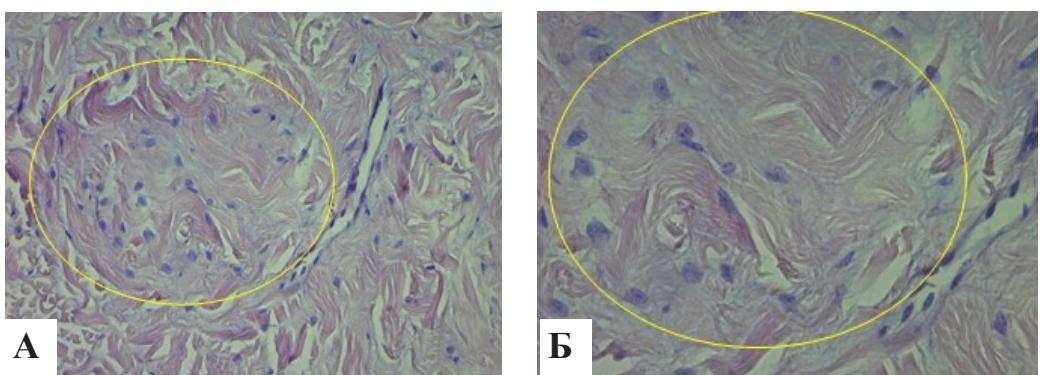


Рисунок 5 – Очаг мукOIDного набухания (обведен) в сетчатом слое дермы у лактирующей коровы 3-х летнего возраста. Гематоксилин и эозин, А – x100, Б – x400.

В некоторых случаях при хроническом течении дерматита в эпидермисе отмечали признаки акантоза и гиперкератоза (рис. 4), дерма и подкожная жировая

клетчатка имели признаки склероза, при этом в дерме регистрируются очаги мукOIDного набухания с макрофагальной инфильтрацией (рис. 5).

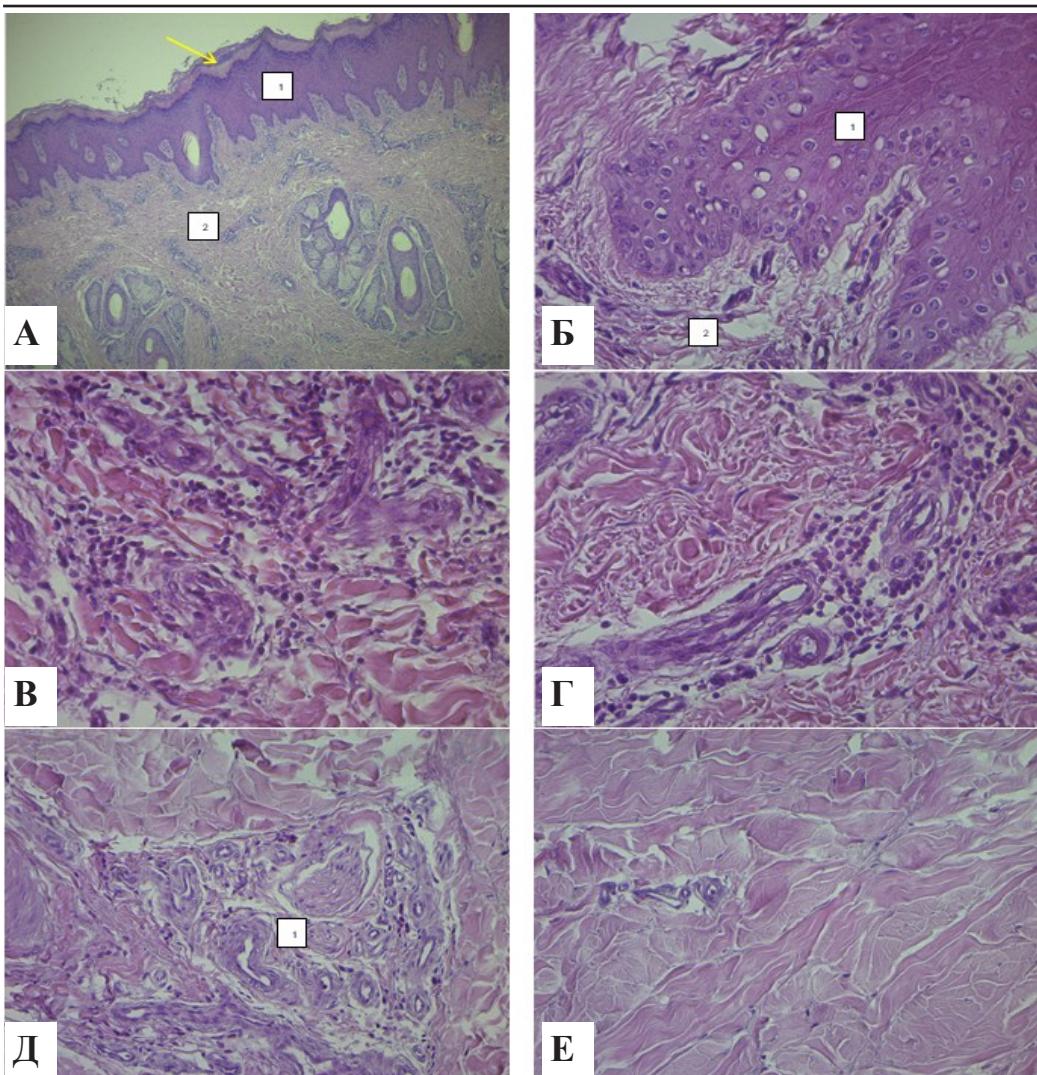


Рисунок 6 – Микроструктура кожи при хроническом межспаццевом дерматите с аллергическим компонентом у лактирующей коровы 4-х летнего возраста. А – эпидермис (1) с признаками акантоза, роговой слой (стрелка) неравномерно окрашен, что указывает на дискератоз. З – дерма с признаками умеренной паравазальной инфильтрации. Гематоксилин и эозин, х40. Б – в эпидермисе (1) наблюдается белковая вакуольная дистрофия, спонгиоз, в сосочковом слое дермы (2) выражен отек. Гематоксилин и эозин, х200. В – диффузный и паравазальный лимфоидно-макрофагально-эозинофильный инфильтрат в сосочковом слое дермы. Гематоксилин и эозин, х200. Г – паравазальный лимфоидно-макрофагально-эозинофильный инфильтрат в сетчатом слое дермы. Гематоксилин и эозин, х200. Д – очаги склероза в глубоких слоях сетчатого слоя дермы, 1 – сосудисто-нервный пучок. Гематоксилин и эозин, х100. Е – глубокие слои сетчатого слоя дермы склерозированы: пучки коллагеновых волокон толстые, расположены плотно. Гематоксилин и эозин, х200.

В – диффузный и паравазальный лимфоидно-макрофагально-эозинофильный инфильтрат в сосочковом слое дермы. Гематоксилин и эозин, х200. Г – паравазальный лимфоидно-макрофагально-эозинофильный инфильтрат в сетчатом слое дермы. Гематоксилин и эозин, х200. Д – очаги склероза в глубоких слоях сетчатого слоя дермы, 1 – сосудисто-нервный пучок. Гематоксилин и эозин, х100. Е – глубокие слои сетчатого слоя дермы склерозированы: пучки коллагеновых волокон толстые, расположены плотно. Гематоксилин и эозин, х200.

В сосочковом слое дермы наблюдали явления фиброза, наряду с этим - отек, паравазальные и диффузные лимфоидно-макрофагальные инфильтраты с большим содержанием эозинофилов.

В сетчатом слое дермы видны паравазальные инфильтраты, менее обильные, чем в сосочковом слое. При этом определяются выраженные признаки фиброза: утолщение и плотная упаковка пучков коллагеновых волокон.

Подкожная жировая клетчатка имеет обычное строение, однако в соединительной ткани стrome визуализируются сосуды с умеренной паравазальной инфильтрацией.

ВЫВОДЫ/CONCLUSION

Деструктивные изменения в области дистального отдела конечности у крупного рогатого скота характеризуются хроническим течением и вовлечением в патологический процесс комплекса структур. В наших исследованиях установлено, что нарушение формирования копытцевого рога во всех исследованных случаях сочетались с хроническим межпалцевым дерматитом. У одних животных дерматит сопровождался значительным склерозом дермы, сглаживанием рельефа эпидермиса, исчезновением волоссяных фолликулов, тогда как у других протекал с аллергическим компонентом, проявляясь значительными отеками и наличием в клеточном инфильтрате большого количества эозинофилов. Этот фактор может, среди прочих, обуславливать хронизацию дерматитов и отсутствие положительной динамики при проведении лечения. Выявленные особенности морфологической картины при межпалцевых дерматитах у коров дополняют систему знаний о патогенезе данной патологии, в связи с чем их целесообразно учитывать при выборе схемы лечения животных.

MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE SKIN OF THE INTERDIGITAL AREA IN CATTLE WITH CHRONIC DERMATITIS

Borkhunova E.N. – D.Biol.N., Professor, Head of the Department of Anatomy

and Histology named after Prof. A.F. Klimov
<https://orcid.org/0000-0003-2355-8616>;

Belogurov V.V. * – K. Vet N., Associate Professor of Veterinary Surgery <https://orcid.org/0000-0003-0204-3808>; **Pozyabin S.V.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Rector of the K.I. Scriabin Moscow State Medical University, Head of the Department of Veterinary Surgery <https://orcid.org/0000-0002-3825-6082>; **Kachalin M.D.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Veterinary Surgery <https://orcid.org/0000-0001-5942-8771>; **Kuznetsova M.A.** – ass. kaf. anatomy and histology of animals named after Prof.A.F. Klimov <https://orcid.org/0000-0002-2031-12907>; **Lyaskovsky I.D.** – ass. of the Department of Veterinary Surgery <https://orcid.org/0009-0000-5299-4172>

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»

*kalancha123@mail.ru

Financing. The research was carried out as part of a grant from the Russian Science Foundation №23-16-00023 "Metabolic and morphofunctional relationships in orthopedic pathologies in highly productive cattle as a scientific basis for the development of methods for their correction and prevention."

ABSTRACT

Structural changes in the distal part of the limbs in cattle are manifested not only by arthrosis of the finger joints, but also by destructive changes in the skin in this area. At the same time, the condition of the hooves and signs of damage to the hoof horn have been described in a number of studies, while the condition of the skin in the interdigital area has not been sufficiently studied at the microscopic level. However, the chronicity of dermatitis and the constant presence of a chronic inflammatory focus undoubtedly have a negative impact on the surrounding tissues and serve as an indicator of changes

in the skin in the hoof area. This article presents the results of a study of morphological changes in the skin of dairy cows. The purpose to present data on morphological changes in the skin of the interdigital area in dairy cows with chronic dermatitis. The skin preparations of the interdigital area were studied in the study of the sectional material from 50 cows aged 3 and 4 years, which had signs of chronic interdigital dermatitis, disorders of the growth of the hoof horn, as well as arthrosis of the finger joints. The skin fragments were subjected to histological examination according to the generally accepted methodology. The micropreparations were studied using Jenamed-2 and MicroScreen microscopes. As a result of the conducted research, data was obtained on the variants of microscopic changes in the skin of the interdigital area in dairy cows with chronic dermatitis. It was shown that the process can occur with an allergic component, which should be taken into account when treating sick animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Журба, В. А. Деформация копытец и дефектов копытцевого рога у крупного рогатого скота / В. А. Журба, В. М. Руколь, И. А. Ковалев // Современные технологии сельскохозяйственного производства: Сборник научных статей по материалам XXIV Международной научно-практической конференции, Гродно, 14–20 мая 2021 года / Министерство Сельского Хозяйства И Продовольствия Республики Беларусь; Учреждение Образования «Гродненский Государственный Аграрный Университет». – Гродно: ГГАУ, 2021. – С. 29-31. – EDN LVAAVK.
2. Веремей, Э. И. Уход за копытцами / Э. И. Веремей, В. А. Журба, В. М. Руколь, А. А. Стекольников, Б. С. Семенов // Животноводство России. – 2018. – № 2. – С. 67-69.
3. Марьин, Е. М. Характеристика ортопедических патологий у крупного рогатого скота / Е. М. Марьин, В. А. Ермолаев, О. Н. Марьина, И. С. Раксина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 66-69.
4. Позябин, С. В. Сравнительная характеристика структуры ортопедических патологий коров голштинско-фризской и голштинизированной черно-пестрой пород / С. В. Позябин, Ю. И. Филиппов, М. Д. Качалин, В. В. Белогуров, М. С. Борисов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 11. – С. 19-24.
5. Волотко, И. Профилактика и лечение болезней дистального отдела конечностей коров / И. Волотко, А. Безин, Н. Бутакова // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2015. – № 1-2. – С. 40-45. – EDN VWPHNK.
6. Руколь, В. М. Профилактика и лечение коров при болезнях конечностей / В. М. Руколь, А. А. Стекольников // Ветеринария. – 2011. – № 11. – С. 50-53. – EDN OIJJLN.
7. Позябин С.В., Белогуров В.В., Азарнова Т.О., Качалин М.Д. Оксидативный стресс и реализация продуктивных качеств дойных коров при патологии копытец. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2023, №6 (108). С., 190-196, DOI 10.21515/1999-1703-108-190-196.
8. Гимранов, В. В. Распространенность, ущерб от болезней в области пальцев у крупного рогатого скота в Республике Башкортостан / В. В. Гимранов, Р. Р. Вахитов, Н. В. Фисенко // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – № 1. – С. 12-14. – EDN TFBMHF.
9. Amory, J. R. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003 –November 2004 / J. R. Amory, Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, L. E. Green. // Preventive veterinary medicine. – 2008. – V. 83 (3-4). – P. 381-391, DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.09.007.
10. Bicalho, R. C. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example / R. C. Bicalho, L. D. Warnick, C. L. Guard // Journal of dairy science. – 2008. – V. 91. – No. 7. – 2653-

-
- 2661, DOI: 10.3168/jds.2007-0744.
11. Warnick, L. D. The effect of lameness on milk production in dairy cows / L. D. Warnick, D. Janssen, C. L. Guard, Y. T. Grifhn // Journal of dairy science. – 2001. – V. 84. – №. 9. – P. 1988-1997, DOI:10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5.
- REFERENCES**
- 1.Zhurba, V. A. Deformation of Hooves and Defects of Hoof Horn in Cattle / V. A. Zhurba, V. M. Rukol, and I. A. Kovalev // Modern Technologies of Agricultural Production: Collection of scientific articles based on the materials of the 24th International Scientific and Practical Conference, Grodno, May 14–20, 2021 / Ministry of Agriculture and Food of The Republic of Belarus; Grodno State Agrarian University. – Grodno: GSAU, 2021. – Pp. 29-31. – EDN LVAAVK.
- 2.Veremey, E. I. Foot care / E. I. Veremey, V. A. Zhurba, V. M. Rukol, A. A. Stekolnikov, and B. S. Semenov // Animal Husbandry of Russia. – 2018. – №. 2. – Pp. 67-69.
- 3.Maryin, E. M. Feature of orthopedic pathologies in cattle / E. M. Maryin, V. A. Ermolaev, O. N. Maryina, I. S. Raksina // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2012. – №. 4. – P. 66-69.
- 4.Pozyabin, S. V. Comparative characteristics of the structure of orthopedic pathologies of Holstein-Friesian and Holsteinized Black-Beast cows / S. V. Pozyabin, Yu. Belogurov, M. S. Borisov // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2018. – №. 11. – P. 19-24.
- 5.Volotko, I. Prevention and Treatment of Diseases of the Distal Limb of Cows / I. Volotko, A. Bezin, N. Butakova // Veterinary Medicine of Farm Animals. – 2015. – №. 1-2. – Pp. 40-45. – EDN VWPHNK.
- 6.Rukol, V. M. Prevention and Treatment of Cows with Limb Diseases / V. M. Rukol, A. A. Stekolnikov // Veterinary Medicine. – 2011. – №. 11. – Pp. 50-53. – EDN OIJJLN.
- 7.Pozyabin, S. V. Oxidative stress and realization of productive qualities of dairy cows in hoof pathology / Pozyabin S.V., Belogurov V.V., Azarnova T.O., Kachalin M.D.// Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2023, №.6 (108). pp. 190-196. [in Russ.], DOI 10.21515/1999-1703-108-190-196.
- 8.Gimranov, V. V. Prevalence and Damage Caused by Finger Diseases in Cattle in the Republic of Bashkortostan / V. V. Gimranov, R. R. Vakhitov, and N. V. Fisenko // Veterinaria, Zootechnia, and Biotechnology. – 2015. – №. 1. – Pp. 12-14. – EDN TFBMHF.
- 9.Amory, J. R. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003 – November 2004 / J. R. Amory, Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, L. E. Green. // Preventive veterinary medicine. – 2008. – V. 83(3-4). – P. 381-391, DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.09.007.
10. Bicalho, R. C. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example / R. C. Bicalho, L. D. Warnick, C. L. Guard // Journal of dairy science. – 2008. – V. 91. – №. 7. – 2653-2661, DOI: 10.3168/jds.2007-0744.
11. Warnick, L. D. The effect of lameness on milk production in dairy cows / L. D. Warnick, D. Janssen, C. L. Guard, Y. T. Grifhn // Journal of dairy science. – 2001. – V. 84. – №. 9. – P. 1988-1997, DOI:10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5.