

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕПАТОЦИТОВ КОЗЫ АНГЛО-НУБИЙСКОЙ ПОРОДЫ

Анна Валерьевна Прусакова^{1✉}

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹канд. ветеринар. наук, ассистент кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины, prusakova_av@mail.ru, orcid.org/0009-0000-0881-7486

РЕФЕРАТ

Патологии печени являются одними из самых распространенных болезней. Учитывая, что от морфофункционального состояния печени зависит продуктивность животных, они являются серьезной проблемой для молочного и мясного скотоводства. Их развитие в первую очередь сопряжено со структурными изменениями гепатоцитов. Последние представляют собой эпителиальные паренхиматозные клетки печени на уровне которых выполняются все ее основные функции. При этом точную оценку их состояния можно провести только на основании данных касающихся их ультраструктурной организации, которые являются базовыми при выявлении механизмов развития патологий печени. Учитывая вышеизложенное была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организации гепатоцитов козы англо-нубийской породы. Материалом для проведения исследований послужили образцы тканей печени, полученные от трех взрослых коз в возрасте старше одного года, не имевших при жизни клинических признаков, указывающих на ее патологии. Его обработку для проведения электронномикроскопического исследования проводили по общепринятой методике. Было установлено, что в зависимости от числа органелл и включений в составе цитоплазмы, обуславливающих оптическую плотность клеток, у козы англо-нубийской породы можно выделить два морфологических вида гепатоцитов – темные и светлые. Темные гепатоциты в цитоплазме содержат более развитый синтетический аппарат и множество включений. В отличие от светлых они локализованы преимущественно по периферии печеночных долек. В свою очередь светлые гепатоциты лежат в центре печеночной дольки, окружая ее центральную вену и имеют больший размер. Их цитоплазма содержит меньшее число органелл и включений, что обуславливает их меньшую оптическую плотность, а их митохондрии имеют больший размер, и более оптически темный матрикс, пронизанный множеством тонких и коротких крист. При этом в наборе органелл и в ультраструктурной организации ядер, ярко выраженных различий между темными и светлыми гепатоцитами не прослеживается.

Ключевые слова: печень, гепатоциты, морфология, электронная микроскопия, ультраструктура.

Для цитирования: Прусакова А.В. Особенности ультраструктурной организации гепатоцитов козы англо-нубийской породы. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025;4:253-256. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.4.253>

FEATURES OF ULTRASTRUCTURAL ORGANIZATION OF HEPATOCYTES IN THE ANGLO-NUBIAN GOAT

Anna V. Prusakova^{1✉}

¹St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Assistant Professor, Department of Pathological Anatomy and Forensic Veterinary Medicine, prusakova_av@mail.ru, orcid.org/0009-0000-0881-7486

ABSTRACT

Liver pathologies are among the most common animal diseases. Considering that the productivity of animals depends on the morphofunctional state of the liver, they are a serious problem for dairy and beef cattle breeding. Their development is primarily associated with structural changes in hepatocytes. The latter are epithelial parenchymal cells of the liver at the level of which all its basic functions are performed. At the same time, an accurate assessment of their condition can be carried out only on the basis of data concerning their ultrastructural organization, which are basic in identifying the mechanisms of development of liver pathologies. Considering the above, the goal was set to establish the features of the ultrastructural organization of the hepatocytes of the Anglo-Nubian goat breed. It has been established that, depending on the number of organelles and inclusions in the cytoplasm that determine the optical density of cells, two morphological types of hepatocytes can be distinguished in the Anglo-Nubian goat breed – dark and light. Dark hepatocytes in the cytoplasm contain a more developed synthetic apparatus and many inclusions. Unlike light ones, they have a more developed synthetic apparatus and are localized mainly along the periphery of the liver lobules. In turn, light hepatocytes lie in the center of the hepatic lobule, surrounding its central vein and have a larger size. Their cytoplasm contains fewer organelles and inclusions, which causes their lower optical density, and their mitochondria have a larger size and a darker optically dark matrix, riddled with many thin and short crystals. At the same time, there are no pronounced differences between dark and light hepatocytes in the set of organelles and in the ultrastructural organization of the nuclei.

Key words: liver, hepatocytes, morphology, electron microscopy, ultrastructure.

ВВЕДЕНИЕ

Патологии печени одна из наиболее часто регистрируемых групп болезней [1,5,6,10]. Большинство из них имеют незаразную этиологию, однако достаточно часто встречаются патологии инфекционного и инвазионного генеза [3, 13]. От состояния печени зависит не только здоровье животных и домашней птицы [3, 7], но и их продуктивность. Именно поэтому данный орган постоянно привлекает внимание ученых морфологов [7] и клиницистов [11]. В молочном и мясном животноводстве в настоящее время остро стоит проблема гепатозов, обусловленная в первую очередь погрешностями в кормлении и содержании животных [2,9,15,16]. Данные негативные факторы приводят к поражению паренхимы печени, сформированной из печеночных клеток – гепатоцитов. Гепатоциты – эпителиальные паренхиматозные клетки печени на уровне которых выполняются все ее основные функции, заключающиеся в синтезе и секреции веществ, а также детоксикации организма. Эффективность работы гепатоцитов напрямую зависит от их морфофункционального состояния [14], точную оценку которого можно провести прежде всего опираясь на данные, полученные при проведении электронномикроскопических исследований. Последние позволяют оценить состояние органелл клеток, а также их цитоплазматической мембраны. Они являются базовыми при выявлении механизмов развития патологий печени. Именно поэтому с целью определения границы развития патологии необходимы точные знания о ультраструктурной организации гепатоцитов в пределах нормы. Учитывая вышеизложенное нами была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организации гепатоцитов козы англо-нубийской породы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили образцы тканей печени, полученные от трех взрослых коз в возрасте старше одного года, не имевших при жизни клинических признаков, указывающих на ее патологии. Обработку образцов с целью изготовления ультратонких срезов для проведения электронномикроскопического исследования проводили по общепринятой методике [12]. Срезы получали на ультрамикротоме (LKB-III – Швеция) и контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца. Их изучение проводили на электронном микроскопе Jem-1011 (JEOL, Япония) при увеличениях 2500-3000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На ультраструктурном уровне в составе паренхимы печени у козы англо-нубийской породы различимы два морфологических вида гепатоцитов. Исходя из оптической плотности их можно подразделить на гепатоциты светлого и темного типов (рисунок 1, 2). Каждый из них представляет собой клетку полигональной или округлой формы. Их цитоплазматическая мембрана сфор-

мирована из двух слоев липидов между которыми располагается оптически светлое пространство ширина которого колеблется в пределах от 2 до 3 нм. Контактируя друг с другом гепатоциты формируют ряды – печеночные балки. Последние берут начало от центральной вены и радиально расходятся в сторону периферии печеночной дольки.

Темные гепатоциты имеют признаки ярко выраженной синтетической активности и локализованы по периферии печеночных долек. В отличие от светлых гепатоцитов данные клетки имеют меньший диаметр и большую оптическую плотность. Их цитоплазма содержит множество цистерн гранулярного эндоплазматического ретикула, несущих на внешней мембране рибосомы, а также множество гранул гликогена, рибосом и полирибосом. Помимо этого, в составе их цитозоля выявляется развитый агранулярный ретикулум и множество вторичных лизосом. В случае расположения гепатоцитов темного типа в непосредственной близости к желчным канальцам их цитоплазма содержит включения желчных пигментов, комплекс Гольджи и многочисленные митохондрии. В матриксе последних выявляются тонкие кристы. При этом в остальных гепатоцитах темного типа митохондрии более мелкие и имеют темный матрикс, с темными кристами.

Светлые гепатоциты преимущественно локализованы вокруг центральной вены печеночной дольки и имеют больший диаметр чем светлые. В составе их цитоплазмы различимы крупные липидные капли и множество включений желчных пигментов. Также определяется умеренное количество канальцев гранулярного и агранулярного эндоплазматического ретикула. При этом следует отметить, что митохондрии гепатоцитов светлого типа имеют больший размер, а их матрикс средней оптической плотности пронизан множеством тонких и коротких крист.

В каждом из типов гепатоцитов различимо ядро, размер которого зависит от плоидности клетки. Ядра имеют округлую форму, а в их составе выявляются от одного до двух ядрышек. При больших увеличениях можно отметить что ядерная оболочка сформирована наружной и внутренней мембранами, разделенными оптически светлым перинуклеарным пространством. Местами в ее составе различимы ядерные поры. Ядра заполнены преимущественно светлой карิโอплазмой. При этом гетерохроматин в небольшом количестве локализуется вдоль внутренней ядерной мембраны.

В соответствии с расположением гепатоцитов в составе печеночных балок на них можно выделить базальную (билиарную) и апикальную (синусоидную) поверхности, отличающиеся друг от друга своей структурной организацией, обусловленной выполняемыми функциями. Первая из них участвует в формировании желчного капилляра, представляющего собой щелевидное

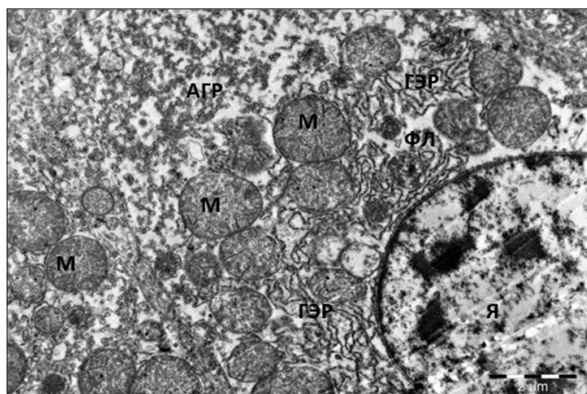


Рисунок 1. Ультраструктура гепатоцита светлого типа. Электронная микрофотография: Я – ядро клетки; М – митохондрии; ГЭР – гранулярный эндоплазматический ретикулум; АГР – агранулярный эндоплазматический ретикулум; ФЛ – фаголизосома.

Figure 1. Ultrastructure of a light-type hepatocyte. Electron micrograph: Я – cell nucleus; М – mitochondria; ГЭР – granular endoplasmic reticulum; АГР – agranular endoplasmic reticulum; ФЛ – phagolysosome.

межклеточное пространство, расположенное между двумя рядами гепатоцитов формирующей печеночную балку. Она несет на себе множество инвагинаций и микроворсинок. При этом апикальные части клеток в области своих боковых поверхностей контактируют при помощи плотных десмосом.

В свою очередь базальная поверхность гепатоцитов обращена в сторону синусоидного капилляра и отделена от его стенки перисинусоидальным пространством – пространством Диссе. Она покрыта слоем гликокаликса и формирует два типа микроворсинок – короткие и длинные. Первые располагаются в пространстве Диссе, а вторые пронизывают стенку капилляра через поры эндотелиоцитов и проникают в его просвет, контактируя непосредственно с кровью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в зависимости от количества

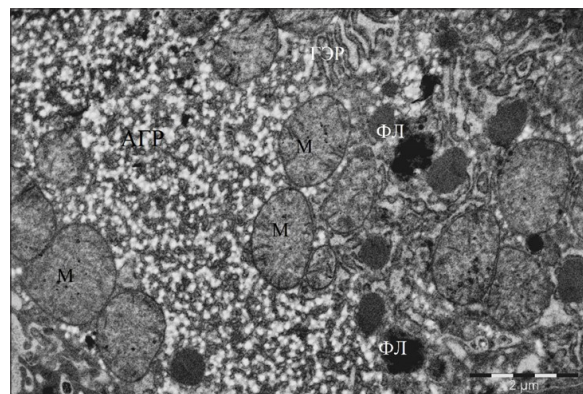


Рисунок 2. Ультраструктура гепатоцита темного типа. Электронная микрофотография: М – митохондрии; ГЭР – гранулярный эндоплазматический ретикулум; АГР – агранулярный эндоплазматический ретикулум; ФЛ – фаголизосома.

Figure 2. Ultrastructure of a dark-type hepatocyte. Electron micrograph: М – mitochondria; ГЭР – granular endoplasmic reticulum; АГР – agranular endoplasmic reticulum; ФЛ – phagolysosome.

органелл и включений в составе цитоплазмы, обуславливающих оптическую плотность, в составе паренхимы печени у козы англо-нубийской породы различимы два морфологических вида гепатоцитов. Темные гепатоциты имеют признаки ярко выраженной синтетической активности, содержат более развитый синтетический аппарат и множество включений, и локализованы по периферии печеночных долек. В отличие от светлых гепатоцитов данные клетки имеют меньший диаметр и большую оптическую плотность. Светлые гепатоциты преимущественно лежат вокруг центральной вены печеночной доли. Следует отметить, что их митохондрии в отличие от гепатоцитов светлого типа имеют больший размер, и более оптически темный матрикс, пронизанный множеством тонких и коротких крист. При этом в наборе органелл и в ультраструктурной организации ядер, ярко выраженных различий между темными и светлыми гепатоцитами не прослеживается.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанова В.И., Кудряшов А.А. Патологоанатомическая диагностика болезней свиней групп дорастивания и откорма. Санкт-Петербург : Институт ветеринарной биологии, 2019. 100 с. ISBN 978-5-9902656-0-8. DOI 10.12731/978-5-9902656-0-8
2. Голодяева М.С., Прусаков А.В., Яшин А.В., Раднатаров В.Д. Влияние гепатопротектора "Гепалан" на клинико-морфологические показатели крови у коров-первотелок при гепатозе. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2021;2(63):136-140. DOI 10.34655/bgsha.2021.63.2.019
3. Гаврилова Н.А., Белова Л.М., Забровская А.В. Ларвальные цестодозы лосей в Ленинградской области. Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2024;1(61):15-18. DOI 10.24412/2074-5036-2024-161-15-18
4. Дроздова Л.И., Кундрюкова У.Б. Печень - "живая лаборатория" оценки здоровья птицы. АгроРынок. 2012;2:7-8.
5. Кудряшов А.А., Гречухин А.Н. Атлас патологической анатомии свиней. Санкт-Петербург : Типография Любавич. 2014. 250 с. ISBN 978-5-86983-544-4.
6. Кудряшов А.А., Пудовкин Д.Н. Патологоанатомическая диагностика болезней крупного рогатого скота / А. А. Кудряшов. Москва : ООО «Пре 100 принт». 2018. 288 с. ISBN 978-5-9909367-4-4.
7. Щипакин М.В., Прусаков А.В., Пишванов С.Ю. и др. Особенности желчевыводящей системы печени таксы. Международный вестник ветеринарии. 2016;2:66-70.
8. Попова О.С. Оценка эффективности сорбционно-метаболической кормовой добавки в условиях птицефабрики. Международный вестник ветеринарии. 2024;1:106-111. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.106
9. Голодяева М.С., Батраков А.Я. Ранняя диагностика биохимического статуса у коров-первотелок при гепатозе // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018;4:126-128.
10. Голодяева М.С., Прусаков А.В. Ранняя диагностика и профилактика болезней печени у нетелей в условиях промышленного производства. Актуальные проблемы ветеринарной медицины : Сборник научных трудов, посвя-

щенный объявленному в 2021 году президентом РФ Путиным В.В. году науки и технологий / .. Том 152. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. С. 17-19.

11. Карпенко Л.Ю., Пилаева Н.В., Васильев Р.М., Васильева С.В. Сравнительная оценка динамики основных показателей метаболизма у коров с разной молочной продуктивностью. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018;3:190-192. DOI 10.17238/issn2072-6023.2018.3.190

12. Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. Москва: Издательство «Мир», 1975 324 с.

13. Белова Л.М., Гаврилова Н.А., Забровская А.В. и др. Цестодозы животных. Санкт-Петербург : Перифирия, 2022. 107 с.

14. Шкуратова И.А., Дроздова Л.И., Белоусов А.И. Морфофункциональные изменения печени у коров и их плодов при повышенном содержании в рационе свинца и кадмия. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2016;3:162-164.

15. Kalugniy I.I., Markova D.S., Yashin A.V. et al. Diagnosis of hepatopathy in Holstein cattle with metabolic disorders. IOP conference series: earth and environmental science : Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Сер. 2, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. Smolensk, 2021. P. 022029.

16. Moiseeva K., Anipchenko P., Vasil'eva S. et al. Dynamics of cholesterol and triglycerides in the serum of cows with liver lipidosis // Journal of Animal Science. 2019;97(S3): 208. DOI 10.1093/jas/skz258.427

REFERENCES

1. Balabanova V.I., Kudryashov A.A. Pathological Diagnostics of Diseases in Growing- and Finishing-Fatted Pigs. Saint Petersburg: Institute of Veterinary Biology, 2019. 100 p. ISBN 978-5-9902656-0-8. DOI 10.12731/978-5-9902656-0-8

2. Golodyaeva M.S., Prusakov A.V., Yashin A.V., Radnatarov V.D. Effect of the Hepatoprotector "Gepalan" on Clinical and Morphological Blood Parameters in First-Cow Heifers with Hepatosis. Bulletin of the Filippov Buryat State Agricultural Academy. 2021; 2(63):136-140. DOI 10.34655/bgsha.2021.63.2.019

3. Gavrilova N.A., Belova L.M., Zabrovskaya A.V. Larval cestodiasis of elk in the Leningrad region. Current issues of veterinary biology. 2024;1(61):15-18. DOI 10.24412/2074-5036-2024-161-15-18

4. Drozdova L.I., Kundryukova U.B. The liver - a "living laboratory" for assessing poultry health. AgroRynok. 2012;2:7-8.

5. Kudryashov A.A., Grechukhin A.N. Atlas of pathological anatomy of pigs. St. Petersburg: Lyubavich Printing House. 2014. 250 p. ISBN 978-5-86983-544-4.

6. Kudryashov A.A., Pudovkin D.N. Pathological Diagnostics of Cattle Diseases / A. A. Kudryashov. Moscow: OOO Pre 100 Print. 2018. 288 p. ISBN 978-5-9909367-4-4.

7. Shchipakin M.V., Prusakov A.V., Pishvanov S.Yu. et al. Features of the Dachshund Liver Biliary System. International Veterinary Bulletin. 2016; 2: 66-70.

8. Popova O.S. Evaluation of the Efficiency of a Sorption-Metabolic Feed Additive in a Poultry Farm. International Veterinary Bulletin. 2024; 1: 106-111. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.106

9. Golodyaeva M.S., Batrakov A.Ya. Early diagnosis of biochemical status in first-calf heifers with hepatosis // Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2018; 4:126-128.

10. Golodyaeva M.S., Prusakov A.V. Early diagnosis and prevention of liver diseases in heifers in industrial production conditions. Actual problems of veterinary medicine: Collection of scientific papers dedicated to the year of science and technology declared in 2021 by the President of the Russian Federation V.V. Putin / .. Volume 152. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. pp. 17-19.

11. Karpenko L. Yu., Pilaeva N. V., Vasiliev R. M., Vasilyeva S. V. Comparative assessment of the dynamics of the main metabolic parameters in cows with different milk productivity. Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2018; 3: 190-192. DOI 10.17238/issn2072-6023.2018.3.190

12. Weekley B. Electron Microscopy for Beginners. Moscow: Mir Publishing House, 1975, 324 p.

13. Belova L. M., Gavrilova N. A., Zabrovskaya A. V., et al. Animal Cestodoses. Saint Petersburg: Perifiriya, 2022, 107 p.

14. Shkuratova I. A., Drozdova L. I., Belousov A. I. Morphofunctional changes in the liver of cows and their fetuses with elevated lead and cadmium levels in the diet. Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2016;3:162-164.

15. Kalugniy I.I., Markova D.S., Yashin A.V. et al. Diagnosis of hepatopathy in Holstein cattle with metabolic disorders. IOP conference series: earth and environmental science : Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Сер. 2, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. Smolensk, 2021. P. 022029.

16. Moiseeva K., Anipchenko P., Vasil'eva S. et al. Dynamics of cholesterol and triglycerides in the serum of cows with liver lipidosis // Journal of Animal Science. 2019;97(S3): 208. DOI 10.1093/jas/skz258.427

Поступила в редакцию / Received: 30.10.2025

Поступила после рецензирования / Revised: 19.11.2025

Принята к публикации / Accepted: 24.12.2025