

Краткое сообщение

УДК 591.463.12

doi:10.18499/2225-7357-2026-15-1-105-111

1.5.22 – клеточная биология



Сравнительное электронно-микроскопическое и микроскопическое исследование сперматид на поздних этапах спермиогенеза у млекопитающих

И. А. Ульянов¹, А. Г. Ульянов², В. И. Котарев³, Н. Т. Алексеева², П. М. Торгун²✉, С. В. Клочкова⁴, Д. Б. Никитюк^{5, 6}, К. А. Лободин², Н. М. Лозовой², Е. Г. Лозовая², Е. И. Мозговая²

¹Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

²Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия

⁴Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

⁵Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

⁶Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования – изучить электронно-микроскопические и микроскопические особенности сперматид на поздних этапах спермиогенеза (фаза акросомы и фаза созревания) у млекопитающих. **Материал и методы.** Использован материал от 7 видов млекопитающих (бык домашний, баран, северный морской котик, калан, речной бобр, норка, черно-бурая лисица). Для электронной микроскопии образцы яичек фиксировали в 2,5% глутаровом альдегиде и в 1% осмиевом фиксаторе. Готовили срезы на ультрамикротоме БС-490 и ЛКБ-4800. Срезы контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца и изучали в электронном микроскопе «Тесла БС-500». **Результаты.** В течение фазы акросомы ядро удлиняется и принимает вытянутую форму, при этом клетки изменяют ориентацию в семенном канальце: они располагаются таким образом, что акросомическая структура обращена к базальной мембране канальца. Акросомный колпачок далее развивается в акросому. В последней фазе созревания митохондрии располагаются по спирали вокруг аксонемы жгутикового аппарата. В каудальной части удлиненной сперматиды из дистальной центриоли формируется жгутиковый аппарат сперматозоида, основной компонент хвоста будущего спермия. **Заключение.** На поздних этапах спермиогенеза завершается конденсация хроматина ядра и формирование акросомы. К концу спермиогенеза контакт между поздними сперматидами и клетками Сертоли уменьшается, сперматозоиды перемещаются в просвет семенного канальца и далее в канал придатка семенника.

Ключевые слова: млекопитающие; спермиогенез; фазы акросомы и созревания; сперматиды; электронная микроскопия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ульянов И.А., Ульянов А.Г., Котарев В.И., Алексеева Н.Т., Торгун П.М., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б., Лободин К.А., Лозовой Н.М., Лозовая Е.Г., Мозговая Е.И. Сравнительное электронно-микроскопическое и микроскопическое исследование сперматид на поздних этапах спермиогенеза у млекопитающих // Журнал анатомии и гистопатологии. 2026. Т. 15, №1. С. 105–111. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2026-15-1-105-111>

Brief article

Comparative Electron and Light Microscopy of Early Spermatids during Mammalian Spermiogenesis

I. A. Ul'yanov¹, A. G. Ul'yanov², V. I. Kotarev³, N. T. Alexeeva¹, P. M. Torgun^{2✉}, S. V. Klochkova⁴, D. B. Nikityuk^{5, 6}, K. A. Lobodin², N. M. Lozovoi², E. G. Lozovaya², E. I. Mozgovaya²

¹N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

²Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russia

³All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy, Voronezh, Russia

⁴Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

⁵The Federal Research Centre of Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

⁶I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract. The aim of the study was to investigate the electron microscopic and microscopic features of spermatids at the late stages of spermiogenesis (acrosome phase and maturation phase) in mammals. **Material and methods.** Material from seven mammalian species (domestic bull, ram, northern fur seal, sea otter, Eurasian beaver, mink, black-brown fox) was used. For electron microscopy, testis samples were fixed in 2.5% glutaraldehyde and 1% osmium fixative. Sections were prepared using BS-490 and LKB-4800 ultramicrotomes. The sections were stained with uranyl acetate and lead citrate and examined with a Tesla BS-500 electron microscope. **Results.** During the acrosome phase, the nucleus elongates and assumes an elongated shape, while the cells change their orientation within the seminiferous tubule: they are positioned so that the acrosomic structure faces the basal membrane of the tubule. The acrosomal cap further develops into the acrosome. In the final maturation phase, mitochondria are arranged in a spiral pattern around the axoneme of the flagellar apparatus. In the caudal part of the elongated spermatid, the flagellar apparatus of the spermatozoon, which is the main component of the future sperm tail, is formed from the distal centriole. **Conclusion.** At the late stages of spermiogenesis, chromatin condensation in the nucleus and acrosome formation are completed. By the end of spermiogenesis, the contact between late spermatids and Sertoli cells diminishes, and spermatozoa move into the lumen of the seminiferous tubule and subsequently into the epididymal duct.

Keywords mammals; spermiogenesis; acrosome phase and maturation phase; spermatids; electron microscopy

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

For citation: Ul'yanov I.A., Ul'yanov A.G., Kotarev V.I., Alexeeva N.T., Torgun P.M., Klochkova S.V., Nikityuk D.B., Lobodin K.A., Lozovoi N.M., Lozovaya E.G., Mozgovaya E.I. Comparative electron microscopic and light microscopic study of spermatids at the late stages of spermiogenesis in mammals. Journal of Anatomy and Histopathology. 2026. V. 15, №1. P. 105–111. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2026-15-1-105-111>

Введение

Как было отмечено ранее [5], циклы сперматогенного эпителия и этапы спермиогенеза изучены у многих животных: северного оленя [1], мыши [2, 3], норки [4], речного бобра [5], калана [6], крысы [7, 8], опоссума [9], верблюда [10], хомяка [11].

Следует отметить, что в отечественной и зарубежной литературе отсутствуют сравнительные электронно-микроскопические и микроскопические исследования сперматогенных клеток на различных этапах спермиогенеза.

В предыдущей работе [5] нами проведены сравнительные цитологические исследования сперматид на ранних этапах спермиогенеза (фазы Гольджи и фазы колпачка).

Целью настоящего исследования является сравнительное электронно-микроскопическое и микроскопическое исследование сперматид на поздних этапах спермиогенеза (фазы акросомы и фазы созревания) у семи видов млекопитающих.

Материал и методы исследования

Место и время проведения исследования. Исследование проведено в гистологической лаборатории и в лаборатории электронной микроскопии кафедры анатомии, гистологии Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра 1 (2000–2011).

Характеристика объекта исследования. Исследования выполнены на половозрелых животных (n=35). Использован материал от 7 видов млекопитающих (бык домашний, баран, северный морской котик, калан, речной бобр, норка, черно-бурая лисица). Материал был собран от быков на Нововоронежском мясокомбинате; от речных бобров – в Воронежском государственном заповеднике (использованы свежие павшие животные); от норки и черно-бурых лис – в Сомовском зверосовхозе Воронежской области; от северных морских котиков материал был взят на лежбищах морских млекопитающих острова Беринга и острова Медный (Командорские

острова) в период (1991–1995 гг.) совместно с сотрудниками лаборатории морских млекопитающих Камчатского отделения Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КОТИНРО»). Были использованы свежие павшие самцы морских котиков в период размножения, которые погибли в результате ожесточенных драк между секачами за право обладать гаремом; от каланов материал был собран в период научной экспедиции, специально созданной для выяснения причин массовой гибели каланов в 1991–1995 гг. на Северном лежбище острова Беринга и на Юго-Восточном и Урильем лежбищах острова Медный. Для исследования использованы свежие павшие животные.

Способ формирования выборки – стратифицированный с применением целенаправленного отбора.

Дизайн эксперимента. Для исследования использованы группы по 5 половозрелых животных каждого вида млекопитающих. У сезонно размножающихся животных (речные бобры, норки, северные морские котики, каланы) материал собран в период гона.

Методы. Для световой микроскопии фрагменты яичек фиксировали в жидкости Буэна. Материал заливали в парафин. На ротационном микротоме Ассу-Сут SRM 200 (Япония) готовили срезы толщиной 5 мкм. Парафиновые срезы окрашивали гематоксилином и эозином (Serva, Германия). Применяли Шик-реакцию и окраску трихром-ШИК.

Для электронной микроскопии образцы яичек фиксировали в 2,5% глютаровом альдегиде и в 1% осмиевом фиксаторе. Материал заливали в смесь смол «Epon 812-Araldite 502-DDSA» (SPI Supplies, USA). Готовили срезы на ультрамикротоме LKB-4800 (Швеция). Срезы контрастировали уранил-ацетатом и цитратом свинца и изучали в электронном микроскопе «Тесла BS-500 (Чехословакия) при увеличении 6000 и 12000 (ускоряющее напряжение 90 кВ).

Статистический анализ. Исследование носило описательный характер.

Этическая экспертиза. Все процедуры выполнялись в соответствии с международными принципами обращения с животными (Директива 2010/63/EU Европейского парламента). Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ВГАУ (протокол №5 от 21.04.11).

Результаты и их обсуждение

Количество этапов спермиогенеза у разных млекопитающих колеблется от 17 до 19. Ниже мы представляем характеристику этапов двух последних фаз спермиогенеза (фазы акросомы и фазы созревания) у млекопитающих, у которых выявлено наибольшее количество (19) этапов спермиогенеза [3, 6].

Фаза акросомы (рис. 1 А–С; рис. 2 А) спермиогенеза начинается с девятого этапа развития сперматид. Акросомальная структура приходит в контакт с цитолеммой, формируя вместе с ней передний контур акросомы. На этом этапе сперматиды имеют разную ориентацию: большинство сперматид акросомальным полюсом обращены к центру канальца, однако часть сперматид изменяют свое расположение на 180 градусов и располагаются перпендикулярно к базальной мембране семенного канальца.

На десятом этапе акросомическая структура покрывает более одной трети поверхности ядра, распространяясь на его боковые поверхности. Ориентировка сперматид завершается: все они обращены апикальным полюсом к базальной мембране семенного канальца.

На одиннадцатом этапе происходит дальнейшее удлинение ядра. Передняя часть ядра покрыта акросомой. Безъядерная часть клетки отгесняется к задней половине клетки и вытягивается в каудальном направлении. В каудальной цитоплазме появляются мелкие трубочки, которые следует рассматривать как каудальную манжетку.

На двенадцатом этапе спермиогенеза в отдельных участках сперматид ядерная мембрана истончается, мембраны ядерной оболочки сливаются, перинуклеарное пространство редуцируется. Именно в этих участках ядра наблюдается выход жидкого вещества из ядра в цитоплазму, при этом хроматин ядра уплотняется, происходит конденсация хроматина. В подакросомальной зоне ядра увеличивается светлая полость, в которой содержится вещество по строению сходное с веществом цитоплазмы клетки. По-видимому, светлые образования ядра представляют собою инвагинации участков цитоплазмы клетки в полость ядра. Функциональное значение этих светлых образований ядра не исследовано.

Тринадцатый этап спермиогенеза является переходным к периоду созревания. Головка сперматиды четко отграничена от каудальной цитоплазмы. Внешне она состоит из двух частей – ядерной и акросомической. Ядерная часть содержит уплотненный хроматин. В ядерной части обнаруживаются светлые вакуоли. В акросомической части сперматиды формируется конус с отходящим от него отростком. Акросома покрывает более половины поверхности ядра.

На этом заканчивается третья фаза спермиогенеза, в течение которой совершаются главные процессы образования акросомы сперматид.

С четырнадцатого этапа начинается фаза созревания (рис. 1 D, рис. 2 B). Ядра сперматид удлиняются, впереди ядра располагается акросома, покрывающая более половины поверхности ядра. В ядре завершаются процессы конденсации и уплотнения хроматина.

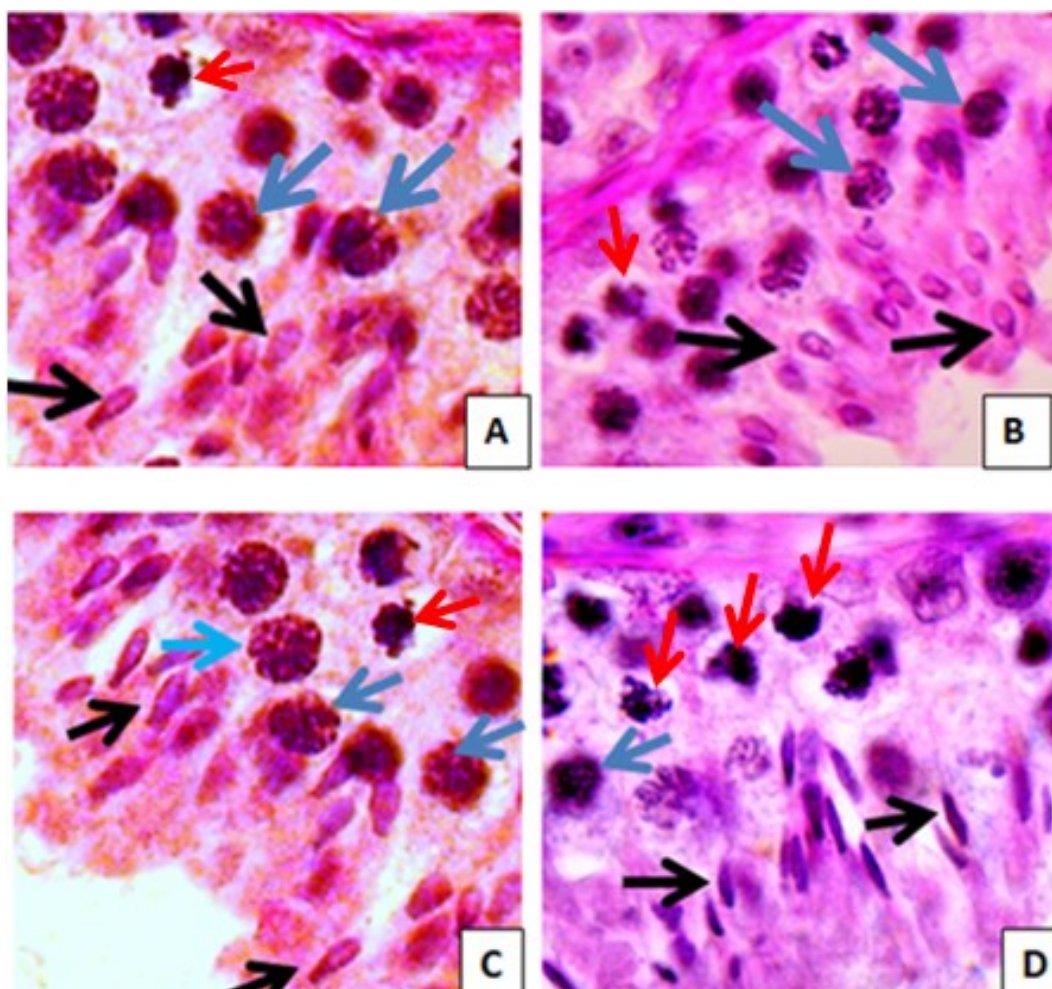


Рис. 1. Световая микроскопия сперматогенных клеток барана (A, D), северного морского котика (B), калана (C). Фаза акросомы спермиогенеза – А–С; фаза созревания – D. Голубыми стрелками обозначены pachytene первичные сперматоциты; черными стрелками – удлиненные сперматиды; красными стрелками – zygotene первичные сперматоциты с характерной структурой ядра (хромосомы смещены к одному полюсу, вторая половина ядра светлая). Фиксация – жидкость Буэна; окраска – трихром-ШИИК, $\times 960$.

Fig. 1. Light microscopy of ram spermatogenic cells (A, D), northern fur seal (B), sea otter (C). Acrosome phase of spermiogenesis – A–C; maturation phase – D. Blue arrows indicate pachytene primary spermatocytes; black arrows – elongated spermatids; red arrows – zygotene primary spermatocytes with a characteristic nuclear structure (chromosomes are shifted to one pole, the second half of the nucleus is light). Fixation – Buehner's fluid; staining – trichrome-PAS, $\times 960$.

На пятнадцатом этапе развития сперматид образуется акросомический отросток, который растет по направлению к ядру клетки Сертоли. Хвостовой отдел сперматид начинается от основания головки и представлен узким цитоплазматическим телом, в котором располагается манжетка. Митохондрии перемещаются в связующий отдел и располагаются спирально вокруг осевых нитей (рис. 2 В).

На шестнадцатом этапе спермиогенеза акросомический отросток достигает околоядерной зоны клетки Сертоли.

На семнадцатом этапе спермиогенеза

отмечаются процессы инволюции акросомического отростка.

На восемнадцатом этапе спермиогенеза деструкция временного акросомического отростка завершается. В этот период ядро уменьшается. Хроматин в ядре представлен в виде темной, электронно-плотной массы, в подакросомном пространстве ядра выделяются мелкие и крупные вакуоли, заполненные темными гранулами.

На девятнадцатом этапе заканчивается последняя фаза спермиогенеза – фаза созревания. Сперматозоиды перемещаются в канал придатка семенника.

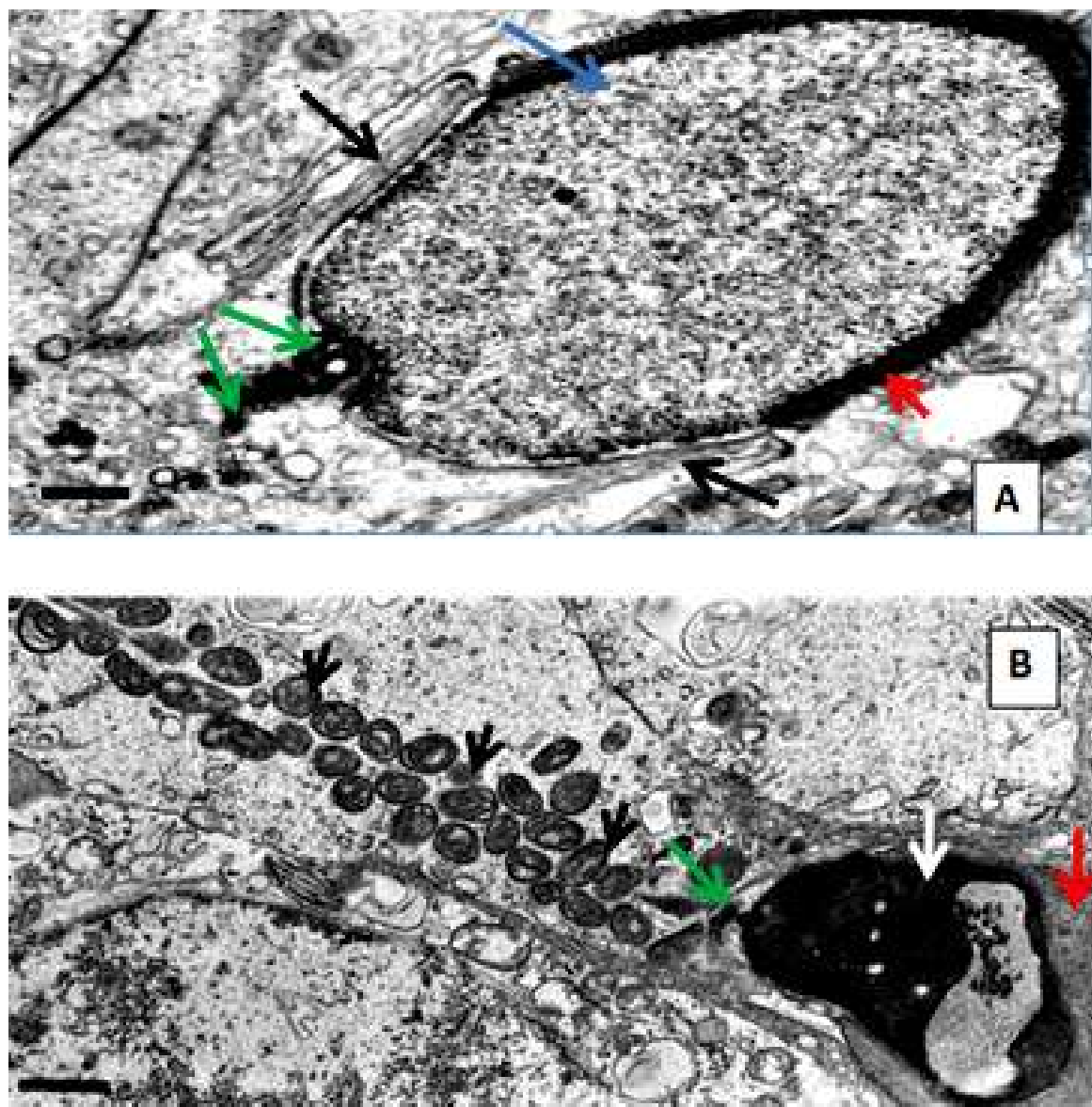


Рис. 2. Электронная микроскопия сперматид северного морского котика (А – фаза акросомы), речного бобра (В – фаза созревания). Стрелки на рис. А – красная – акросома, синяя – ядро, черные – манжетка, зеленые – клеточный центр. Стрелки на рис. В – красная – акросома, белая – ядро с вакуолью, зеленая – клеточный центр, черные – митохондрии. Крупная вакуоль ядра содержит темные, электронноплотные гранулы, сходные по строению с хроматином ядра. Шкала – 1 мкм.

Fig. 2. Electron microscopy of spermatids of the northern fur seal (A – acrosome phase) and Eurasian beaver (B – maturation phase). Arrows in Fig. A: red – acrosome, blue – nucleus, black – manchette, green – cell center. Arrows in Fig. B: red – acrosome, white – nucleus with vacuole, green – cell center, black – mitochondria. The large nuclear vacuole contains dark, electron-dense granules similar in structure to nuclear chromatin. Scale bar – 1 μ m.

Заключение

В период фазы акросомы отмечаются процессы конденсация хроматина. Отмечается уменьшение объема ядра, перемещение центриолей клеточного центра и митохондрий в каудальную часть сперматиды.

В период фазы созревания происходит уменьшение ядерной части головки сперматиды и увеличение ее акросомической части. Образуется временный акросомический отросток, контактирующий с ядрами клеток Сертоли. К концу спермиогенеза акросомический отросток подвергается инволюции, сперматозоиды перемещаются в просвет се-

менного канальца и далее в канал придатка семенника.

Список источников / References

1. Бороздин Э.К. Сперматогенез и цикл семенного эпителия у северного оленя. Архив. Анатомии. 1964;16(5):33-39. Borozdin EK. Spermatogenez i tsikl semennogo epiteliya u severnogo olenya. [Spermatogenesis and the cycle of seminiferous epithelium in reindeer]. ArkhivAnatomii. 1964;16(5):33-9. (In Russ).
2. Сурикова К.К. Цитохимическое изучение цикла семенного эпителия у белой мыши. Доклады АН СССР. 1957;112(4):756-759.

- Surikova KK. Tsitokhimicheskoe izuchenie tsikla semennogo epiteliya u beloi myshi. [Cytochemical study of the seminiferous epithelial cycle in a white mouse]. Doklady AN SSSR. 1957;112(4):756-9. (In Russ).
3. Ульянов И.А., Ульянов А.Г., Котарев В.И., Алексеева Н.Т., Торгун П.М., и др. Сравнительное электронно-микроскопическое и микроскопическое исследование сперматид на ранних этапах спермиогенеза у млекопитающих. Журнал анатомии и гистопатологии. 2025;14(4):70–76.
Ulianov IA, Ulianov AG, Kotarev VI, Alekseeva NT, Torgun PM, Klochkova SV, et al. Sravnitel'noe elektronno-mikroskopicheskoe i mikroskopicheskoe issledovanie spermatid na rannikh etapakh spremiogeneza u mlekopitayushchikh. [Comparative electron microscopic and microscopic study of spermatids at early stages of spermiogenesis in mammals]. Journal of Anatomy and Histopathology. 2025;14(4):70-6. (In Russ). doi: 10.18499/2225-7357-2025-14-4-70-76.
 4. Торгун П.М. Горшкова Н.А. Цикл сперматогенного эпителия у калана Морфология 2010;137(4):191.
Torgun PM, Gorshkova NA. Tsikl spermatogenennogo epiteliya u kalana [The cycle of spermatogenic epithelium in sea otters]. Morfologiya. 2010;137(4):191. (In Russ).
 5. Clermont Y, Bustos-Obregon E. Re-examination of spermatogonial renewal in the rat by means of seminiferous tubules mounted "in toto". Am J Anat. 1968 Mar;122(2):237-47. doi: 10.1002/aja.1001220205.
 6. Leblond Cp, Clermont Y. Definition of the stages of the cycle of the seminiferous epithelium in the rat. Ann N Y Acad Sci. 1952 Nov 20;55(4):548-73. doi: 10.1111/j.1749-6632.1952.tb26576.x.
 7. Orsi AM, Ferreira AL. Definition of the stages of the cycle of the seminiferous epithelium of the opossum (Didelphis azarae, Temminck, 1825). Acta Anat (Basel). 1978;100(1):153-60. doi: 10.1159/000144894.
 8. Osman DI, Moniem KA, Tingari MD. Histological observations on the testis of the camel, with special emphasis on spermatogenesis. Acta Anat (Basel). 1979;104(2):164-71. doi: 10.1159/000145065.
 9. Oud JL, de Rooij DG. Spermatogenesis in the Chinese hamster. Anat Rec. 1977 Jan;187(1):113-24. doi: 10.1002/ar.1091870109

Информация об авторах

Ульянов Игнатий Андреевич – аспирант; Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко;

<https://orcid.org/0000-0003-1414-5406>

SPIN 5515-6885

Ульянов Андрей Григорьевич – канд. с.-х. наук, доцент кафедры частной зоотехнии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I;

agu16@mail.ru

SPIN 8349-9042

Котарев Вячеслав Иванович – д-р. с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории гематологии и биохимии отдела клинико-лабораторных исследований; Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии;

kotarev60@ya.ru

SPIN 6492-4315

Алексеева Наталия Тимофеевна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной анатомии человека Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко; alexeevant@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1510-8543>

SPIN 4846-3772

Торгун Петр Макарович – д-р. ветеринар. наук, профессор кафедры акушерства, анатомии и хирургии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия

pet.torgun@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8232-4858>

SPIN 4310-4233

Клочкова Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии человека Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы; swetlana.chava@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>

SPIN 1528-6250

Никитюк Дмитрий Борисович – д-р мед. наук, профессор, акад. РАН, директор ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи; dimitrynik@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>

SPIN 1236-8210

Лободин Константин Алексеевич – д-р. ветеринар. наук, зав. кафедрой акушерства, анатомии и хирургии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I;

SPIN 7034-7581

Information about the authors

Inatii A. Ulyanov – postgraduate; N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; germanort@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1414-5406>

SPIN 5515-6885

Andrei G. Ulyanov – Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor at the Department of Private Animal Science; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University;

agu16@mail.ru

SPIN 8349-9042

Vyacheslav I. Kotarev – Doct. Sci. (Agric.), Chief Researcher of the Laboratory of Hematology and Biochemistry of the Department of Clinical Laboratory Research; All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy;

kotarev60@ya.ru

SPIN 6492-4315

Nataliya T. Alexeeva – Doct. Sci. (Med.), Professor, Head of Human Anatomy Department of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University;

alexeevant@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1510-8543>

SPIN 4846-3772

Petr M. Torgun – Doct. Sci. (Veterinary), Professor at the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University; ul.

Michurina, 1, Voronezh, 394087, Russia

pet.torgun@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8232-4858>

SPIN 4310-4233

Svetlana V. Klochkova – Doct. Sci. (Med.), Professor of Human Anatomy Department of Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia;

swetlana.chava@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>

SPIN 1528-6250

Dmitrii B. Nikityuk – Doct. Sci. (Med.), Professor, Acad. of RAS, head of Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; dimitrynik@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>

SPIN 1236-8210

Konstantin A. Lobodin – Doct. Sci. (Veterinary), Head of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University;

SPIN 7034-7581

Лозовой Никита Михайлович – аспирант кафедры акушерства, анатомии и хирургии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; <https://orcid.org/0009-0002-0029-0143>
SPIN 5622-3671

Лозовая Елена Геннадиевна – доцент кафедры акушерства, анатомии и хирургии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; llozovaja@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5001-4963>
SPIN 4466-8261

Мозговая Елена Ивановна – старший преподаватель кафедры акушерства, анатомии и хирургии; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; mosgovaja59@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-4543-0135>
SPIN 6077-9850

Nikita M. Lozovoi – postgraduate of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University;
<https://orcid.org/0009-0002-0029-0143>
SPIN 5622-3671

Elena G. Lozovaya – Associate Professor of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University;
llozovaja@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5001-4963>
SPIN 4466-8261

Elena I. Mozgovaya – senior lecturer of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery; Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University;
mosgovaja59@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-4543-0135>
SPIN 6077-9850

Статья поступила в редакцию 22.01.2026; одобрена после рецензирования 27.02.2026; принята к публикации 30.03.2026.
Submitted 22.01.2026; Revised 27.02.2026; Accepted 30.03.2026.
