

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕРМАТОГЕНЕЗА У РУССКОЙ ВЫХУХОЛИ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

И.А. УЛЬЯНОВ*, З.А. ВОРОНЦОВА*, П.М. ТОРГУН**, Н.Т. АЛЕКСЕЕВА*, А.В. УЛЬЯНОВА*,
К.А. ЛОБОДИН**, Е.Г. ЛОЗОВАЯ**, Е.И. МОЗГОВАЯ**

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко,
ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Россия

**ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. Актуальность. Половые железы у млекопитающих чрезвычайно чувствительны к действию различных факторов внешней среды. Деструкцию и гибель претерпевают все типы сперматогенных клеток. В литературе используют различные методы определения сперматогенной активности семенника. Одним из объективных критериев определения функционального состояния семенника у млекопитающих является эффективность сперматогенеза. В литературе отсутствуют сведения об эффективности сперматогенеза у самцов русской выхухоли, определение которой имеет теоретическое и важное практическое значение. **Цель исследования** – изучение эффективности сперматогенеза у русской выхухоли в различные сезоны года. **Материалы и методы исследования.** Сбор материала осуществлялся в Хоперском заповеднике в весенний (4), летний (4) и осенний периоды (4). Использовали материал от павших животных в первые часы после гибели. Для фиксации материала использовали жидкости Штыве, Буэна, Ценкера. Материал фиксировали в жидкостях Штыве, Буэна, Ценкера. После фиксации материал заливали в парафин. Парафиновые срезы окрашивали гематоксилин-эозином, азаном по Гейденгайну, применяли ШИК-реакцию, окраску трихромом и тетрахром-ШИК. На поперечных срезах извитых семенных канальцах подсчитывали количество зиготенных, пахитенных первичных сперматоцитов 1 порядка, сперматид круглых (50 канальцев для каждого животного). По специальной формуле определяли эффективность сперматогенеза. Одновременно принимали во внимание численность гибнущих сперматогенных клеток у русской выхухоли в различные сезоны года. Измеряли с помощью винтового окуляр-микрометра диаметр извитых семенных канальцев, диаметр канала придатка семенника (50 измерений для каждого животного). **Результаты и их обсуждение.** Ядра зиготенных сперматоцитов принимают характерную букетную конфигурацию (форма парашюта), располагаются эти клетки в первом ряду. Сперматоциты первичные в стадии пахитены отличаются максимальными по величине ядрами и выявляются во втором ряду сперматогенных клеток. Сперматиды ранние с круглыми ядрами формируют три или четыре ряда клеток и располагаются ближе к просвету семенных канальцев. Подсчет численности трех типов сперматогенных клеток позволяет получить объективную количественную характеристику эффективности сперматогенеза. Эффективность сперматогенеза у русской выхухоли в весенний период составила 78,9%, в летний период выявлено статистически значимое ($P < 0.05$) снижение эффективности сперматогенеза до 56,2%. В осенний период эффективность сперматогенеза у самцов русской выхухоли возрастает до 75,0%. **Заключение:** в летний период у самцов русской выхухоли увеличивается количество гибнущих сперматогенных клеток и снижается эффективность сперматогенеза.

Ключевые слова: русская выхухоль, сперматогенные клетки, эффективность сперматогенеза, сезон.

EFFICIENCY OF SPERMATOGENESIS IN THE RUSSIAN DESMAN IN DIFFERENT SEASONS OF THE YEAR

I.A. ULYANOV*, Z.A. VORONTSOVA*, P.M. TORGUN**, N.T. ALEKSEEVA*, A.V. ULYANOVA*,
K.A. LOBODIN**, E.G. LOZOVAYA**, E.I. MOZGOVAYA**

*Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,
Studentskaya Str., 10, Voronezh, 394036, Russia

**Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Michurin Str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. Relevance. The gonads in mammals are extremely sensitive to the action of various environmental factors. All types of spermatogenic cells undergo destruction and death. The number of dying spermatogonia in mature bulls is 7%, in rats - 10% and in mice - 25%. Primary and secondary spermatocytes die in the amount of 27.4% in rats, 13% in mice. In mature bulls and 12% spermatocytes die in the amount of 12% [1]. The maximum number of dying spermatids (24%) was found in rabbits [1]. A sharp decrease in the spermatogenic activity of the testis was found in humans [1,3,4]. In the fifties of the last century, the concentra-

tion of sperm in a healthy person normally averaged 100 million / ml. After 10–15 years, this figure was reduced to 60 million/ml [4], and at the beginning of the third millennium, to 20 million/ml [1]. In the literature, various methods are used to determine the spermatogenic activity of the testis [16, 17, 20, 24]. One of the objective criteria for determining the functional state of the testis in mammals is the efficiency of spermatogenesis. There is no information in the literature on the efficiency of spermatogenesis in male Russian muskrat. Determining the effectiveness of the spermatogenic process is of theoretical and practical importance, since the spermatogenic productivity of the testis as a whole depends on the number of mature spermatozoa in the convoluted seminiferous tubules. **The purpose of this study** is to study the efficiency of spermatogenesis in the Russian muskrat in different seasons of the year. **Material and methods of research.** The material was collected in the Khopersky Reserve in spring (4), summer (4) and autumn (4). Material from dead animals was used in the first hours after death. To fix the material, Shteve, Bouin, and Zenker liquids were used. The material was fixed in Shteve, Bouin, and Zenker liquids. After fixation, the material was embedded in paraffin. Paraffin sections were stained with hematoxylin-eosin, azan according to Heidenhain, PAS reaction, trichrome and tetrachrome PAS stains were used. The number of zygotenous, pachytenic primary spermatocytes of the 1st order, round spermatids (50 tubules for each animal) was counted on transverse sections of convoluted seminiferous tubules. According to a special formula, the efficiency of spermatogenesis was determined. At the same time, the number of dying spermatogenic cells in the Russian desman in different seasons was taken into account. The diameter of the convoluted seminiferous tubules and the diameter of the canal of the epididymis were measured using a screw eyepiece micrometer (50 measurements for each animal). **Results and its discussion.** The cytological characteristics of spermatogenic cells are presented: zygotenous spermatocytes, pachytic spermatocytes, round spermatids. The nuclei of zygotenous spermatocytes take on a characteristic bouquet configuration (parachute shape), these cells are located in the first row. Primary spermatocytes in the pachytene stage are characterized by the largest nuclei and are detected in the second row of spermatogenic cells. Early spermatids with round nuclei form three or four rows of cells and are located closer to the lumen of the seminiferous tubules. Counting the number of three types of spermatogenic cells makes it possible to obtain an objective quantitative characteristic of the efficiency of spermatogenesis, which reflects the level of activity of the spermatogenic process. The efficiency of spermatogenesis in the Russian desman in the spring was 78.9%; in the summer, a statistically significant decrease in the efficiency of spermatogenesis to 56.2% was revealed. In autumn, the efficiency of spermatogenesis in Russian muskrat males increases to 75.0%. **Conclusion:** in the summer period, the number of dying spermatogenic cells in males of the Russian desman increases and the efficiency of spermatogenesis decreases.

Keywords: Russian desman, spermatogenic cells, efficiency of spermatogenesis, season.

Актуальность. В последние годы внимание многих исследователей привлекает проблема качества сперматогенного процесса у млекопитающих. Резкое снижение сперматогенной активности семенника обнаружено у человека. Отмечается резкое снижение сперматогенной активности семенника у человека [2, 3, 5]. В пятидесятые годы прошлого столетия концентрация спермиев у здорового человека в норме составляла в среднем 100 млн. /мл. Спустя 10-15 лет этот показатель был снижен до 60 млн./мл [4], а вначале третьего тысячелетия – до 20 млн./мл [1]. По данным многих авторов деструкцию и гибель претерпевают все типы сперматогенных клеток. Количество гибнущих сперматогоний у половозрелых быков составляет 7%, у крыс – 10% и у мышей – 25%. Сперматоциты первичные и вторичные гибнут в количестве 27,4% у крыс, 13% – у мышей. У половозрелых быков сперматоциты гибнут в количестве 12% [5]. Максимальное количество гибнущих сперматид (24%) выявлено у кролика [5].

В литературе используют различные методы определения сперматогенной активности семенника [3, 5]. Одним из объективных критериев определения функционального состояния семенника у млекопитающих является эффективность сперматогенеза [3]. В литературе отсутствуют сведения об эффективности сперматогенеза у самцов русской выхухолы. Определение эффективности сперматогенного процесса имеет теоретическое и важное практическое значение, так как от количества вызреваемых спермиев в извитых семенных канальцах зависит сперматогенная продуктивность семенника в целом.

Цель исследования – изучение эффективности сперматогенеза у русской выхухолы в различные сезоны года.

Материалы и методы исследования. Использован материал от половозрелых самцов русской выхухолы. Средний возраст животных составлял 2 года. Сбор материала осуществлялся в Хоперском заповеднике в весенний, летний и осенний периоды. Для фиксации материала использовали жидкости Штиве, Буэна, Ценкера. Материал фиксировали в первые часы после гибели животного. Всего использовано 12 самцов русской выхухолы (по 4 самца в каждый сезон года). В зимние месяцы собрать материал не представилась возможность. После фиксации материал заливали в парафин. Парафиновые срезы окрашивали гематоксилин-эозином, азаном по Гейденгайну, применяли ШИК-реакцию, окраску трихром и тетрачром-ШИК. На поперечных срезах извитых семенных канальцах подсчитывали количество зиготенных, пахитенных первичных сперматоцитов 1 порядка, сперматид круглых (50 канальцев для каждого животного). По специальной формуле определяли эффективность сперматогенеза. Одновременно при-

нимали во внимание численность гибнущих сперматогенных клеток у русской выхухолы в различные сезоны года.

Результаты подсчета количества различных сперматогенных клеток обрабатывали с помощью параметрического *t*-критерия Стьюдента [4,6], так как распределения исследуемых показателей удовлетворяли двум обязательным условиям применения параметрического *t*-критерия Стьюдента: нормальность распределения в обеих группах сравнения и равенство двух генеральных дисперсий в группах сравнения. Различия между средними показателями считали статистически значимыми при уровне значимости $P < 0.05$. Для оценки характера распределения цифровых результатов измерения использовали тесты Колмогорова-Смирнова. Для обработки результатов измерения диаметра семенных канальцев и канала придатка семенника мы применили не параметрический *T*-критерий Уайта [6,9], так как эти показатели не имели нормального распределения и не было выявлено равенства дисперсий в сравниваемых группах. Статистически значимыми различия между двумя группами принимали при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Эффективность сперматогенеза определяется путем сопоставления численности сперматогенных клеток на ранних и поздних стадиях их развития с учетом двукратного и четырехкратного увеличения их количества в период мейотических и митотических делений сперматоцитов.

Самыми ранними клетками являются стволовые сперматогонии типа A_0 , размножение которых приводит к образованию дифференцирующихся сперматогоний A_{1-4} , промежуточных сперматогоний и сперматогоний типа В. Численность последних зависит от числа делений предшествующих клеток и возможной их гибели. Учет численности сперматогоний требует особого исследования. По нашим многолетним наблюдениям сперматогенные клетки гибнут, главным образом, в период профазы мейоза и, особенно, в период раннего развития сперматид (первые этапы спермиогенеза). Прелептотенные сперматоциты, образующиеся в результате деления сперматогоний типа В, превращаются в лептотенные, зиготенные и пахитенные сперматоциты (рис. 1, 2). Эти клетки уже не делятся и поэтому соотношение прелептотенных, лептотенных, зиготенных и пахитенных сперматоцитов должно быть как 1:1:1:1. В действительности это соотношение не соответствует фактическому количеству клеток в связи с гибелью части клеток в процессе превращения прелептотенных сперматоцитов в пахитенные сперматоциты.

Пахитенные сперматоциты претерпевают стадии диплотены и диакинеза и вступают в первое мейотическое деление, в результате которого образуются вторичные сперматоциты с гаплоидным набором хромосом. Из каждого первичного сперматоцита образуется два вторичных сперматоцита. Вторичные сперматоциты не проходят интерфазу и претерпевают второе обычное митотическое деление. Каждый вторичный сперматоцит образует две сперматиды, которые вступают в последний период сперматогенеза- период формирования. В литературе период формирования обозначают как спермиогенез, который состоит из этапов. Количество этапов различное у млекопитающих. С помощью этапов спермиогенеза определяют стадии цикла сперматогенного эпителия.

В результате двух последовательных делений теоретически количество сперматид должно быть в четыре раза больше количества первичных сперматоцитов (соотношение между первичными сперматоцитами и сперматидами в норме должно быть, как 1:4). Фактически это соотношение изменяется в сторону уменьшения в связи с гибелью сперматогенных клеток в процессе двух делений.

Следует отметить, что идентифицировать вторичные сперматоциты очень трудно. Сперматоциты вторичные отличаются небольшой величиной, содержат мелкие округлые ядра. Эти клетки встречаются на одной лишь стадии цикла сперматогенного, когда происходит мейотическое деление первичных сперматоцитов. Канальцы, в которых можно обнаружить вторичные сперматоциты, встречаются очень редко. Некоторые авторы [1] отмечают, что «на препаратах сперматоциты 11 почти не встречаются». Это не соответствует действительности. Канальцы, в которых выявляются вторичные сперматоциты, постоянно присутствуют в семенниках, но не в большом количестве. Учитывая, что у большинства млекопитающих выявлено 12-14 стадий сперматогенного эпителия [7], а вторичные сперматоциты выявляются лишь на одной стадии ЦСЭ, общее количество канальцев, в которых могут быть вторичные сперматоциты, составляет не более 7-8%. Следовательно, чтобы найти каналец, в котором присутствуют вторичные сперматоциты, необходимо просмотреть несколько полей зрения в световом микроскопе. Вторичные сперматоциты выявляются в канальцах, в которых сперматоциты первичные находятся либо в стадии первого мейотического деления, либо уже разделились и на их месте располагаются вторичные сперматоциты (рис. 1).

У многих млекопитающих [7] диаметр ядер сперматоцитов пахитенных отличается наибольшей величиной и составляет 10.95 ± 0.16 мкм, сперматоциты вторичные имеют диаметр 7.14 ± 0.22 мкм, сперматиды круглые – 7.38 ± 0.14 мкм. Сперматиды содержат более крупные ядра по сравнению со вторичными сперматоцитами. Сперматиды выявляются в большом количестве. После деления первичных сперматоцитов и образования вторичных сперматоцитов сперматоциты зиготенные переходят из первого ряда сперматогенных клеток во второй ряд, превращаясь в пахитенные сперматоциты. Сперматоциты первич-

ные в стадии пахитены легко обнаруживаются на гистологических препаратах (рис. 1, 2). Они отличаются максимальными по величине ядрами и всегда располагаются во втором ряду сперматогенных клеток.

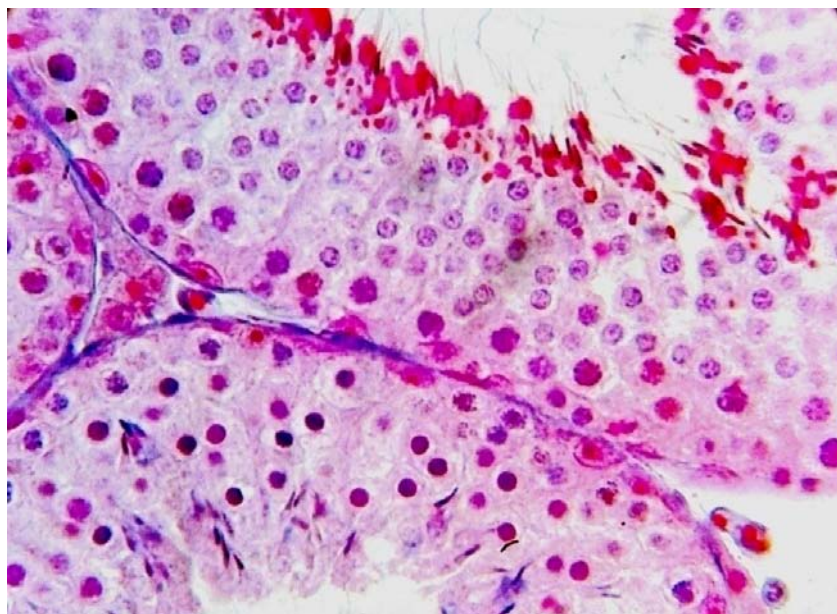


Рис. 1. Фрагмент двух извитых семенных канальца. Верхний каналец содержит зрелые сперматозоиды; ниже располагаются три-четыре ряда сперматид ранних; во втором ряду видны сперматоциты пахитенные и в первом ряду несколько клеток- лептотенные сперматоциты. Нижний каналец содержит зиготенные сперматоциты (первый ряд клеток) и ниже сперматоциты вторичные с темными ядрами. Ближе к центру видны поздние сперматиды с удлинненными ядрами. Фиксация: жидкость Штыве. Окраска: азан по Гейденгайну. Ув. об.40, ок. 10

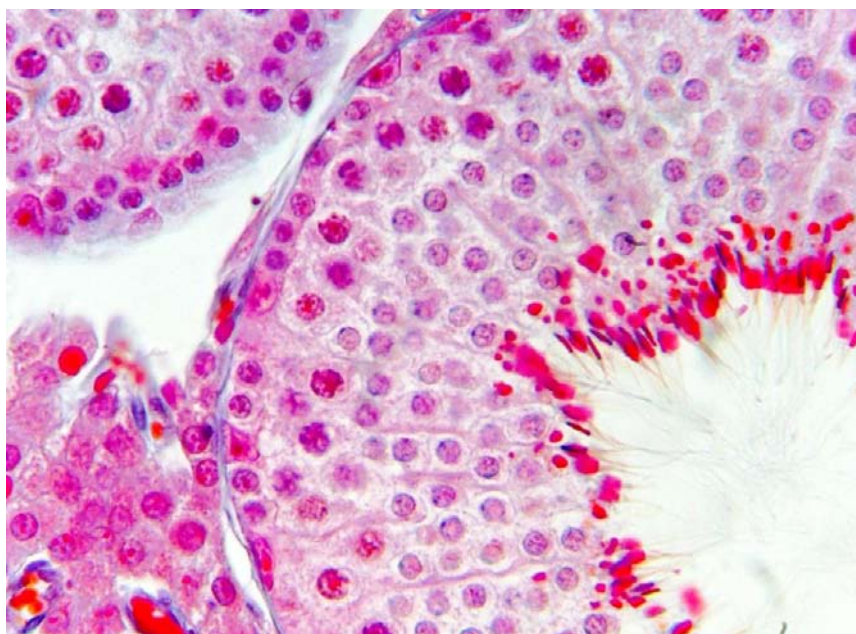


Рис. 2. Фрагмент извитого семенного канальца. В центре видны зрелые сперматозоиды с хорошо выраженными хвостиками. Непосредственно у базальной мембраны (первый ряд клеток) располагаются мелкие темные клетки – лептотенные сперматоциты. Во втором ряду располагаются крупные клетки пахитенные сперматоциты. Далее ближе к центру видны многочисленные (3-4 ряда) сперматиды ранние (круглые). Фиксация: жидкость Штыве. Окраска: азан по Гейденгайну. Ув. об.40, ок. 10

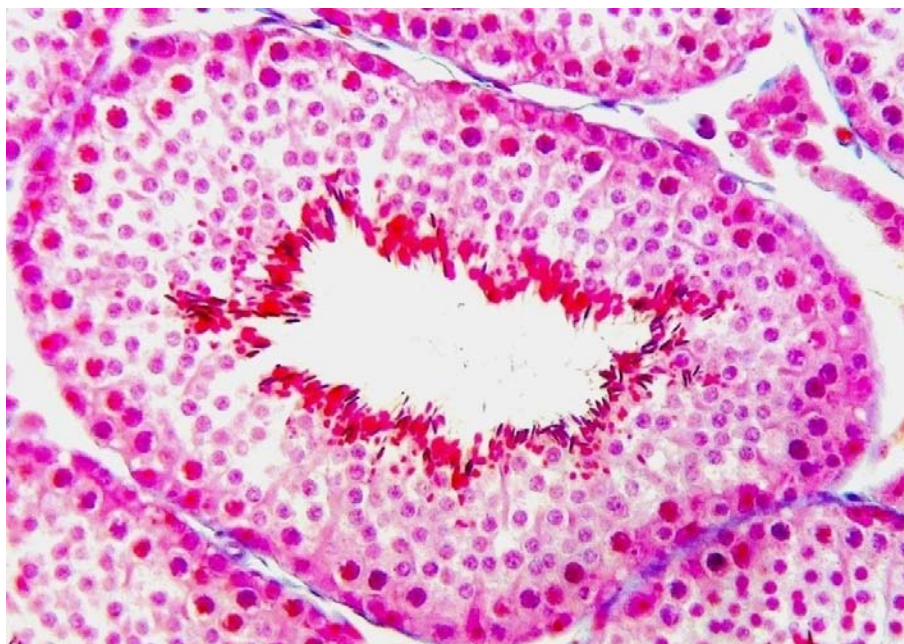


Рис. 3. Семенник русской выхухолы. Весенний период. Извитой семенной каналец. Во втором ряду располагаются крупные клетки пахитенные сперматоциты. Ближе к центру канальца видны многочисленные (3-4 ряда) сперматиды ранние. В центре канальца видны зрелые сперматозоиды. Фиксация: жидкость Штиве. Окраска: азан по Гейденгайну. Ув. об.40, ок. 10

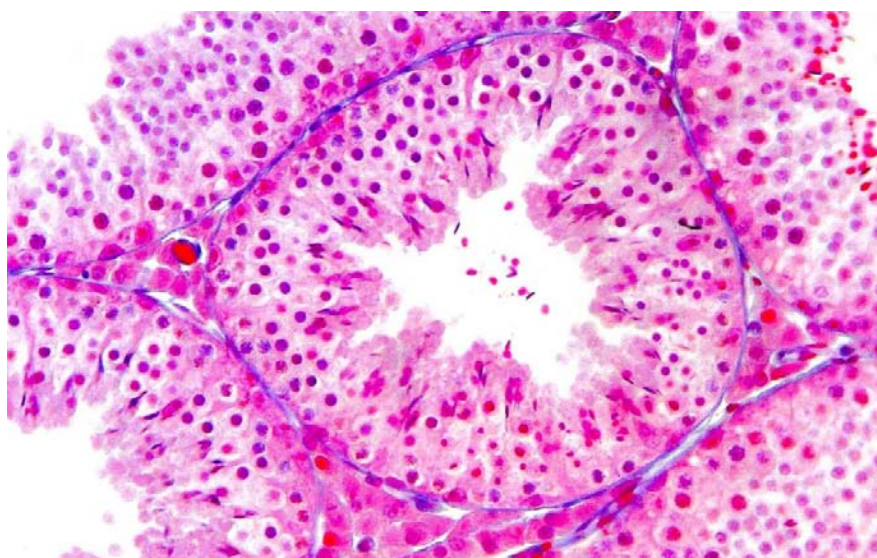


Рис. 4. Семенник русской выхухолы. Летний период. Извитой семенной каналец. Видны мелкие клетки сперматоциты вторичные и делящиеся сперматоциты первичные. В центре сперматиды поздние с удлинненными ядрами. Сперматозоиды отсутствуют. Фиксация: жидкость Штиве. Окраска: азан по Гейденгайну. Ув. об.40, ок. 10

Сперматоциты прелептотенные, лептотенные и зиготенные располагаются в первом базальном слое клеток (базальный ряд клеток). Лептотенные сперматоциты имеют округлые ядра, окрашенные в темный цвет. Сперматоциты в стадии зиготены имеют отличительные особенности (рис. 2, 3). Хроматин в ядрах этих клеток смещается в одну сторону, и они принимают характерную букетную конфигурацию. Некоторые авторы сравнивают форму ядер зиготенных сперматоцитов с формой парашюта [7]. В базальном ряду клеток располагаются так же клетки Сертоли (рис. 1).

Для определения эффективности сперматогенеза мы учитывали количество трех типов клеток, которые легко выявляются в световом микроскопе: зиготенные, пахитенные сперматоциты и сперматиды ранние. На основании подсчета количества трех типов клеток (зиготенных, пахитенных сперматоцитов и сперматид) определяли эффективность сперматогенеза по формуле: Эффективность сперматогенеза (%)

$= N1 \times 100 / N2$, где $N1$ – фактическое количество сперматид круглых (ранних); $N2$ — теоретически возможное количество сперматид; количество сперматид увеличивается в четыре раза по сравнению с количеством сперматоцитов, поэтому $N2 = 4 N$ (N – количество зиготенных сперматоцитов). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность сперматогенеза у самцов русской выхухолы в различные сезоны года

Типы сперматогенных клеток	Количество клеток		
	ВЕСНА	ЛЕТО	ОСЕНЬ
Сперматоциты зиготенные (N)	33,3±0.25	38,0±0.32	31,4±0.26
Сперматоциты пахитенные	29,4±0.26*	35,2±0.9*	29,4±0.27*
Сперматиды ранние (фактическое количество – N_1)	105,3±1.23	85,4±0.81	94,2±1.22
Сперматиды (теоретически возможное количество – $N_2 = N \times 4$)	133,3±1.28	152,0±1.22	125,6±1.22
Количество гибнущих сперматид	28,0±0.26	66,6±0.36	31,4±0.25
Эффективность сперматогенеза (%) ($N_1 \times 100 : N_2$)	78,9±0.27	56,2±0.32*	75,0±0.64*

Примечание: * – $P < 0.05$

Как показали результаты подсчета клеток (табл. 1), количество сперматоцитов пахитенных у самцов русской выхухолы меньше, чем количество зиготенных сперматоцитов, часть клеток за этот короткий период погибла.

У самцов русской выхухолы в весенний период количество пахитенных сперматоцитов уменьшилось в 1.13 раза по сравнению с численностью зиготенных сперматоцитов. Соотношение зиготенных сперматоцитов и пахитенных должно быть как 1:1, фактически это соотношение 1: 0.88. Часть зиготенных сперматоцитов (11.7%) погибла в процессе превращения в пахитенные сперматоциты. Теоретически количество сперматид у самцов русской выхухолы в весенний период должно быть 133,3±1.28 (в четыре раза больше количества зиготенных сперматоцитов). Фактическое количество сперматид в одном извитом семенном канальце составило 105,3±1.23. Значительная часть пахитенных сперматоцитов (21.1%) погибла. Эффективность сперматогенеза у самцов русской выхухолы в весенний период равна 78.9%. Соотношение зиготенных, пахитенных сперматоцитов и сперматид у самцов русской выхухолы в весенний период должно быть как 1:1:4. Действительное соотношение этих клеток составило 1:0.88: 0.78.

У самцов русской выхухолы в летний период количество пахитенных сперматоцитов уменьшилось на 7.36% по сравнению с численностью зиготенных сперматоцитов. Соотношение зиготенных сперматоцитов и пахитенных составило 1: 0.92. Теоретически количество сперматид у самцов русской выхухолы в летний период должно быть 152.0. Фактически выявлено 105,3 сперматид в одном извитом семенном канальце. Гибель пахитенных сперматоцитов в летний период составила 43.8%. Эффективность сперматогенеза у самцов русской выхухолы в летний период снижается в 1.40 раза по сравнению с весенним периодом (различия по сравнению с весенним периодом статистически значимы).

В осенний период количество пахитенных сперматоцитов по сравнению с зиготенными сперматоцитами уменьшается в 1.06 раза ($P < 0.05$). Гибель пахитенных сперматоцитов составила 6.36%. Теоретически количество сперматид у самцов русской выхухолы в осенний период должно быть 125.6±1.22 (в четыре раза больше количества зиготенных сперматоцитов). Фактическое количество сперматид в одном извитом семенном канальце составило 94.2±1.22. Значительная часть пахитенных сперматоцитов (25%) погибла. Эффективность сперматогенеза у самцов русской выхухолы в осенний период равна 75.0% (различия по сравнению с летним периодом статистически значимы ($P < 0.05$)).

Таблица 2

Морфофункциональные показатели семенников у русской выхухолы в различные сезоны года

Показатели	Сезоны года		
	Весна	Лето	Осень
Диаметр семенных канальцев (мкм)	211,7±2,52	199±2,56*	209,7±2,46 *
Диаметр канала придатка (мкм)	189,5±2,84	151±2,44*	192,5±2,65*

Морфометрические показатели семенников (рис. 4) русской выхухолы (табл. 2) так же свидетельствуют о том, что в летний период активность половых желез снижается: диаметр семенных канальцев уменьшается в 1.06 раза ($P < 0.05$) по сравнению с весенним периодом; диаметр канала придатка умень-

шается в 1.25 ($P < 0.05$). В канале придатка семенника содержится небольшое количество спермиев. В отдельных участках канал придатка полностью лишен зрелых половых клеток. В семеннике уменьшается количество канальцев со сперматозоидами. Их количество составляет 4.6% (в весенний период количество канальцев, в которых выявляются сперматозоиды – 6.6%). В летний период в семеннике преобладают канальцы, в которых представлены сперматиды поздние с овальными ядрами.

Заключение. В летний период у самцов русской выхухолы сперматогенная активность семенника снижается, при этом увеличивается количество гибнущих сперматогенных клеток и уменьшается эффективность сперматогенеза.

Литература

1. Андреева М.В., Хаят С.Ш., Шилейко Л.В., Черных В.Б., Штаут М.И., Остроумова Т.В., Сорокина Т.М., Курило Л.Ф. Количественный кариологический анализ незрелых половых клеток из эякулята как часть протокола обследования мужчин с бесплодием в браке // Андрология и генитальная хирургия. 2017. Т. 18, №18. С. 62–68.
2. Быков В. Л. Современные тенденции изменения активности сперматогенеза у человека // Морфология. 1999. Т. 116, №6. С. 78–86.
3. Котарев В.И., Ульянов А.Г., Торгун П.М. Эффективность сперматогенеза как показатель воспроизводительных качеств баранов // Ветеринарный фармакологический вестник. 2019. №3 (8). С. 117–130.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 291 с.
5. Торгун П. М., Болтнев А. И. Сравнительно-морфологическое и электронно-микроскопическое исследование сперматогенеза у млекопитающих. Воронеж: ВГАУ, 2004. 200 с.
6. Урбах В.Ю. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.
7. Ryu B.Y., Orwig K.E., Oatley J.M. Effects of aging and niche microenvironment on spermatogonial stem cell self-renewal // Stem Cells. 2006. Vol. 24. P. 1505–1511.
8. Zhang X.S., Ebata K.T., Robaire B., Naga-no M.C. Aging of male germ line stem cells in mice // Biol. Reprod. 2006. Vol. 74. P. 119–124.

References

1. Andreeva MV, Khayat SSh, Shileiko LV, Chernykh VB, Shtaut MI, Ostroumova TV, Sorokina TM, Kurilo LF. Kolichestvennyj kariologicheskij analiz nezrelyh polovyh kletok iz jeja-kuljata kak chast' protokola obsledovanija muzhchin s besplodiem v brake [Quantitative karyological analysis of immature germ cells from the ejaculate as part of the protocol for the examination of men with infertility in marriage]. Andrology and genital surgery. 2017;18(18):62-8. Russian.
2. Bykov VL. Sovremennye tendencii izmenenija aktivnosti spermatogeneza u cheloveka [Current trends in the activity of spermatogenesis in humans]. Morphology. 1999;116(6):78-86. Russian.
3. Kotarev VI, Ulyanov AG, Torgun PM. Jefferktivnost' spermatogeneza kak pokazatel' vosproizvoditel'nyh kachestv Baranov [The efficiency of spermatogenesis as an indicator of the reproductive qualities of sheep]. Veterinary pharmacological bulletin. 2019;3(8):117-30. Russian.
4. Lakin GF. Biometrija [Biometrics]. Moscow: Higher school; 1980. Russian.
5. Torgun PM, Boltnev AI. Sravnitel'no-morfologicheskoe i jelektronno-mikroskopicheskoe issledovanie spermatogeneza u mlekopitajushhh [Comparative morphological and electron microscopic study of spermatogenesis in mammals of Voronezh State Agrarian University]; 2004. Russian.
6. Urbakh VYu. Biometricheskie metody [Biometric methods]. Moscow: Science; 1964. Russian.
7. Ryu BY, Orwig KE, Oatley JM. Effects of aging and niche microenvironment on spermatogonial stem cell self-renewal. Stem Cells. 2006;24:1505-11.
8. Zhang XS, Ebata KT, Robaire B, Nagano MC. Aging of male germ line stem cells in mice. Biol. reproduction. 2006;74:119-24.

Библиографическая ссылка:

Ульянов И.А., Воронцова З.А., Торгун П.М., Алексеева Н.Т., Ульянова А.В., Лободин К.А., Лозовая Е.Г., Мозговая Е.И. Эффективность сперматогенеза у русской выхухолы в различные сезоны года // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2022. №1. Публикация 3-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-1/3-4.pdf> (дата обращения: 02.02.2022). DOI: 10.24412/2075-4094-2022-1-3-4*

Bibliographic reference:

Ulyanov IA, Vorontsova ZA, Torgun PM, Alekseeva NT, Ulyanova AV, Lobodin KA, Lozovaya EG, Mozgovaya EI. Jefferktivnost' spermatogeneza u russkoj vyuhoholi v razlichnye sezony goda [Efficiency of spermatogenesis in the russian desman in different seasons of the year]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2022 [cited 2022 Feb 02];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-1/3-4.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-1-3-4

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-1/e2022-1.pdf>