

М. А. Максимова, Е. А. Корочкина

Факторы, определяющие фертильность спермы (обзор)**Аннотация.**

Цель: систематизирование научных данных о факторах, оказывающих влияние на фертильность сперматозоидов.

Фертильность сперматозоидов – это способность половозрелого организма к воспроизведению потомства, ее определяют по показателям подвижности сперматозоидов, а также количеству нормальных и патологических форм в эякуляте. Фертильность самцов-производителей приобретает поэтапно. Придаток семенника играет большую роль в становлении сперматозоидов фертильными. Дозревание сперматозоидов происходит благодаря комплексу веществ, вырабатываемых придатком семенника, способность к оплодотворению яйцеклеток – в половых путях самки. Так, фруктоза, вырабатываемая пузырьковидными железами, оказывает влияние на фертильность животных. Другим веществом, обнаруженным в семенной плазме, является лимонная кислота, которая принимает участие в акросомальной реакции. На фертильность оказывают влияние такие факторы как: возраст животного, порода, здоровье половой системы самца, тепловой стресс и другие. Так, с возрастом в эякуляте увеличивается количество патологических форм сперматозоидов и снижается их активность, то же происходит при воспалительных заболеваниях половой системы самца. Изменения качественных характеристик спермы были зарегистрированы среди быков симментальской и красных пород, а также голштино-фризской и джерсейской пород. Неблагоприятно сказывается на показателях фертильности спермы продолжительный или сильный тепловой стресс, несмотря на наличие компенсаторных механизмов. Компенсаторные механизмы обеспечиваются наличием потовых желез в мошонке, которые иннервированы симпатическими нервами, а также наличием рефлекторной дуги между мошонкой и дыхательным центром. При повышении температуры мошонки происходит учащение частоты дыхания, что способствует охлаждению. Кроме этого, в зависимости от сезона года, изменяется активность сперматозоидов. Так, у животных с сезонной половой активностью, показатели фертильности спермы лучше в период размножения.

Таким образом, фертильность спермы – это многофакторный процесс, успешность которого главным образом обусловлена здоровьем половой системы самцов и наличием множества компенсаторно-приспособительных механизмов.

Ключевые слова: сперма; фертильность; сельскохозяйственные животные; придаток семенника.

Авторы:

Максимова М. А. – e-mail: mariaandreevna72@gmail.com;

Корочкина Е. А. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: e.koga@mail.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург Черниговская, ул., 5.

Введение. Фертильность — это способность половозрелого организма к воспроизведению потомства. Фертильность спермы предположительно можно определить по следующим показателям: подвижность сперматозоидов, количество нормальных и патологических форм сперматозоидов в эякуляте [1, 2, 3].

Как известно, фертильность сперматозоидов — это процесс, складывающийся из нескольких этапов. В начале происходит сперматогенез, состоящий из четырех стадий: размножения, ро-

ста, формирования и созревания. Основные процессы, происходящие в данные стадии — пролиферация, мейоз и дифференцирование. Фаза пролиферации представляет собой митотическое деление сперматогоний, важной частью которой является обновление клеток-предшественников, во время фазы мейоза образуются первичные и вторичные сперматоциты, которые в конечном итоге преобразуются в гаплоидные сперматиды. В последнюю стадию сперматиды претерпевают изменения, заключающиеся в формировании

ферментов и ДНК [3, 4]. Для поддержания сперматогенеза необходим тестостерон, который способствует развитию половых клеток [5].

Затем сперматозоиды выходят в сеть канальцев и попадают в головку придатка семенника через проток придатка. Придаток семенника отвечает за обеспечение оптимальной среды, которая способствует трансформации сперматозоидов и их последующему хранению в жизнеспособном состоянии. При этом в каждом сегменте протока придатка функции немного меняются: в начальном сегменте происходит всасывание тестикулярной жидкости, что приводит к более высокой концентрации сперматозоидов в просвете, а в головке придатка и последующих сегментах происходит синтез и секреция белков. В хвосте придатка проток становится более широким, а эпителиальные клетки этого сегмента проявляют абсорбционную активность [6]. Придаток семенника играет важную роль в формировании фертильности сперматозоидов, так как под контролем андрогенов эпителий придатка выделяет белки, которые обеспечивают подходящую среду для созревания и обеспечения подвижности сперматозоидов [3, 7]. Согласно исследованию Vargachina F. и др. (2022) эпидидимосомы способны снабжать сперматозоиды новым набором белков, полученных из придатка семенника. Данный набор белков участвует в посттестикулярном созревании сперматозоидов, что в итоге влияет на оплодотворяющую способность сперматозоидов [8]. Эпидидимосомы представляют собой мембранные пузырьки, секретируемые по апокриновому типу эпителиальными клетками придатка семенника [9]. Также некоторые авторы связывают фертильность спермы и наличие определенных белков в семенной плазме и сперматозоидах. Так, исследование Karunakaran M., Devanathan T. G. (2015) показало, что наличие гепарин-связывающего белка (HPB) в сперме у быков повышало фертильность [10].

Что касается веществ, вырабатываемых в протоке придатка семенника и влияющих на фертильность сперматозоидов, их существует большое количество. Например, авторы Gerena R. L. et al. (1998) предположительно указывают, что низкое содержание простагландин D2-синтазы связано с более низкой фертильностью быков [11]. Однако другое исследование авторов Fouchescourt S. и др. (2002) показывает, что низкие концентрации простагландин D2-синтазы обнаружены у быков как с низкой, так и высокой фертильностью. Авторы предполагают, что либо это вещество не является необходимым для фертильности животных, либо его функцию берут на

себя другие белки при низкой концентрации простагландин D2-синтазы [12]. Другим веществом, влияющим на процесс созревания сперматозоидов, является гликогенсинтазная киназа 3 (GSK3). Авторы Reid A.T. и др. (2015) показали, что GSK3 присутствует в развивающихся сперматозоидах мыши, однако дополнительно он приобретает в протоке придатка семенника и участвует в регуляции сперматозоидов и акросомальной реакции [13]. Также большую роль в фертильности сперматозоидов играет белок аутофагии ATG5. Исследование авторов Huang Q. и др. (2021) продемонстрировало, что отсутствие белка ATG5 у мышей снижало количество и подвижность сперматозоидов, повышало количество аномальных сперматозоидов, и около 70 % испытуемых животных оказалось бесплодными [14].

По данным Breton S. и др. (2019) придаток семенника также играет роль в предотвращении аутоиммунных реакций против сперматозоидов благодаря наличию иммунных клеток, находящихся в тесном контакте с эпителиальными клетками [15]. Иммунные клетки придатка семенника представляют собой лимфоциты и макрофаги [16], они предотвращают аутоиммунный ответ против сперматозоидов, обеспечивая при этом защиту от патогенов [6].

Сперматозоиды содержат некоторые виды антигенов: аутоантигены, то есть присущие только им, аллоантигены, общие с другими клетками, и ксеноантигены. Фертильные сперматозоиды при созревании в придатке семенника приобретают оболочечный антиген, сходный с антигенами цервикальной слизи, внутриматочной среды и клеток женских половых путей. Благодаря этому фертильные сперматозоиды беспрепятственно продвигаются в половых путях самки [17].

Кроме этого, на фертильность оказывает влияние секрет придаточных половых желез. Так, секрет предстательной железы оказывает влияние на подвижность сперматозоидов [18]. E. Menezes и др. (2018) в своем исследовании показали, что фруктоза, вырабатываемая пузырьковидными железами, оказывает влияние на фертильность животных. Фруктоза является основным источником энергии для сперматозоидов быка, и ее количество коррелирует с показателями оплодотворяемости, что, по-видимому, связано с увеличением подвижности сперматозоидов. Другим веществом, обнаруженным в семенной плазме, является лимонная кислота, которая оказывает влияние на акросомальную реакцию [19].

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что фертильность спермы приобретает по-

степенно по мере развития и созревания половых клеток, а придаток семенника и секрет придаточных половых желез играют важную роль в данном процессе. Однако фертильными становятся сперматозоиды, находящиеся в женских половых путях, благодаря процессу капацитации. Капацитация представляет собой частичное удаление поверхностных молекул, приобретаемых в придатке семенника, что позволяет части молекул соединиться с желточной зоной ооцита. Кроме этого, женские половые пути способствуют транспорту сперматозоидов благодаря повышенному тону и моторике, а цервикальная слизь, благодаря наличию сиаломуцина и сульфомуцина, способствует отсеиванию неподвижных сперматозоидов [3].

Как известно, фертильность спермы зависит от различных факторов. К этим факторам относятся: возраст животного, концентрация сперматозоидов, порода, состояние половой системы самца, тепловой стресс, сезон года [20-24].

Если говорить о возрастном факторе, то у многих животных происходит снижение качества спермы с возрастом, что влияет на фертильность спермы. Например, авторы Baharun A., Said S. и др. (2021) в своем исследовании выявили корреляцию между возрастом быка и средним количеством аномальных сперматозоидов. Так, у быков в возрасте 4-5 лет количество аномальных сперматозоидов составило 3,82 %, в возрасте 6-7 лет — 4,4 %, а в 8-10 лет — 10,2 % [20].

Другое исследование Berlin P. Pardede et al. (2020) также показало снижение общей подвижности сперматозоидов у быков более старшего возраста. Несмотря на это, даже более низкие результаты подвижности соответствовали стандартам искусственного осеменения [25]. Однако авторы Усова Т.П., Козлова О.В. и др. (2012) в проведенном исследовании показали, что возраст быков не оказывает существенного влияния на подвижность сперматозоидов в свежей сперме [26].

Похожее исследование авторов Tsakmakidis I.A. и др. (2012) проводилось на хряках. Результаты исследования показали, что частота опорося свиней спермой, полученной от хряков в возрасте 7-10 месяцев, составила 65 %. При этом частота опорося спермой, полученной от хряков в возрасте 18-33 месяца и 51-61 месяц, составляла 87,2 % и 84,7 %, соответственно [27]. В исследовании Околышева С. М. и др. (2022) лучшие показатели фертильности выявлены у хряков в возрасте 3 и 4 лет — оплодотворяющая способность составляла 95 % и 94 %, соответственно [28].

Alvarez M. и др. (2011) провели исследование, в котором оценили влияние концентрации

сперматозоидов барана на фертильность. Авторы сделали вывод о том, что повышение концентрации до $800 \times 10^6 \text{ мл}^{-1}$ и более отрицательно сказывается на качестве спермы барана [29].

Немаловажным фактором, влияющим на фертильность спермы, также является порода животного. В исследовании Клещева М. А. и др. (2018) было обнаружено, что в сперме быков симментальской и красных пород (английская и красная датская) обнаружено повышенное количество аномалий головки сперматозоида по сравнению с черно-пестрой породой. Присутствие таких сперматозоидов говорит о нарушениях в сперматогенезе и отрицательно сказывается на фертильности спермы несмотря на то, что показатель подвижности сперматозоидов соответствует нормальным значениям [21]. Качество спермы и породные различия также исследовали Lemma A. et al. (2015) у пород голштино-фризская, джерсейская и других. Согласно исследованию, в сперме джерсейской и голштино-фризской породы подвижность сперматозоидов близки по значениям и составляют 79,41 % и 78,69 %, соответственно [30].

Что касается других видов животных, то авторами Hoseini S. A. и др. (2018) проводилась оценка качества спермы у романовской породы баранов и породы Lori Bakhtiari, разводимой в Иране. По результатам исследования было выяснено, что более высокий процент подвижных сперматозоидов (59,47 %), а также высокий процент сперматозоидов с прямолинейно-поступательным движением (52,37 %) наблюдали в сперме баранов романовской породы [31].

Безусловно, состояние здоровья оказывает влияние на фертильность спермы. Так, авторы Тое F. и др. (1994) провели исследование, в котором выяснили, что качество спермы значительно снижается при орхите и эпидидимите: снижается подвижность сперматозоидов и увеличивается количество аномальных сперматозоидов — 24,3 % при орхите, 20,7 % при эпидидимите, по сравнению со здоровыми баранами — 6,4 % [22].

Тепловой стресс также оказывает влияние на фертильность спермы. На коже мошонки имеется большое количество потовых желез, которые иннервированы симпатическими нервами. При повышении температуры гипоталамус посылает импульсы к потовым железам, и потоотделение позволяет мошонке и семенникам охлаждаться. Стоит также отметить, что кожа мошонки обеспечена термочувствительными рецепторами, которые связаны в том числе с частотой дыхания. Так, частота дыхания у барана на-

чинает повышаться при достижении температуры тела и мошонки 36°C, а при температуре 40-42°C у животного развивается полипноэ, которое может достигать 200 движений в минуту [3]. Таким образом, в организме самца существуют рефлексорные дуги между мошонкой и дыхательным центром мозга.

Несмотря на компенсаторные механизмы со стороны организма, продолжительное или сильное воздействие теплового стресса влияет на фертильность животных. Согласно исследованию Garcia-Oliveros L. N. и др. (2020) при воздействии теплового стресса увеличивается число аномальных сперматозоидов, снижается подвижность сперматозоидов и целостность плазматической мембраны, а через 28 дней наблюдается увеличение фрагментации ДНК [23]. Исследование авторов Гутман М. П. и др. (2021) показало, что у хряков разных пород при воздействии теплового стресса концентрация сперматозоидов в эякуляте снизилась на 11,47-34,96 %, а оплодотворяемость свинок, осемененных спермой от хряков, полученной в период теплового стресса, снизилась на 10,3-23,7 % [32].

В зарубежных исследованиях для оценки теплового стресса используется показатель индекса температуры и влажности (ТНІ). В своем исследовании авторы Llamas L. N. и др. (2020) выявили, что высокий индекс температуры и влажности вызывает увеличение гибели сперматозоидов, помимо этого, наблюдалось сни-

жение общего количества blastocysts на 7-й и 8-й день оплодотворения *in vitro* [33].

Кроме теплового стресса на показатели спермы животных оказывает влияние сезон года. Так, авторы Руденко О.В. и др. (2020) в своем исследовании выявили, что показатель активности сперматозоидов у быков разных пород в течение года колеблется: в начале года активность составляет в среднем 5,9 баллов, к июлю повышается до 6,4, а затем в декабре вновь происходит снижение до 5,9 баллов [24]. Похожие результаты ранее были получены при исследовании спермы козлов разных пород авторов Kagiannidis A. и др. (2000). Количественные и качественные характеристики спермы лучше в период размножения (конец лета, осень): выше процент подвижных сперматозоидов и ниже процент аномальных сперматозоидов [34].

Подводя итоги нужно отметить, что фертильность сперматозоидов — это процесс, который складывается из стадийного сперматогенеза и последующего созревания сперматозоидов благодаря действию веществ, поступающих в проток придатка. В свою очередь, придаточные половые железы также оказывают влияние на фертильность спермы благодаря синтезу веществ, положительно воздействующих на подвижность сперматозоидов. Фертильность спермы зависит от многих факторов: возраста животных, породы, сезона года, теплового стресса, здоровья половой системы самца и других факторов.

Литература

1. Атрощенко М. М. Биохимические маркеры качества спермы жеребцов / М. М. Атрощенко, Д. В. Медведев // Сельскохозяйственная биология. — 2023. — Т. 58. — № 2. — С. 249-259.
2. Garcia-V6zquez. Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals / Garcia-V6zquez, Francisco A., Gadea, Joaquin // Asian Journal of Andrology. — 2016. — Vol. 45. — № 4. — P. 844-850.
3. Senger P. L. Pathways to pregnancy and parturition / P. L. Senger // published by Current Conceptions, Inc., 1610, NE, Eastgate Blvd., Pullman. — 2003. — 373 p.
4. Полянцев Н. И. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных: Учебник. — Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2012. — 400 с.
5. Walker W. H. Androgen regulation of spermatogenesis / W. H. Walker // Spermatogenesis. Biology and Clinical Implications. — 2019. — P. 40-51.
6. Zhou W. Characteristics of the Epididymal Luminal Environment Responsible for Sperm Maturation and Storage / W. Zhou, Geoffrey N. De luliis, M. D. Dun, B. Nixon // Frontiers in Endocrinology. — 2018. — Vol. 9. Doi: 10.3389/fendo.2018.00059.
7. Arroteia K. F. The Epididymis: Embryology, Structure, Function and Its Role in Fertilization and Infertility / K. F. Arroteia, P. V. Garcia, M. F. Barbieri, M. L. Justino et al. // Embryology - Updates and Highlights on Classic Topics. — 2012. — P. 41-66.
8. Barrachina F. Sperm acquire epididymis-derived proteins through epididymosomes / F. Barrachina, M.A. Battistone, J. Castillo, C. Mallofre // Human Reproduction. — 2022. — Vol. 37. — № 4. — P. 651-668. Doi: 10.1093/humrep/deac015.

9. Sullivan R. Epididymosomes are involved in the acquisition of new sperm proteins during epididymal transit / R. Sullivan, G. Frenette, J. Girouard // *Asian Journal of Andrology*. — 2007. — Vol. 9. — № 4. — P. 483-491. Doi: 10.1111/j.1745-7262.2007.00281.x.
10. Karunakaran M. Evaluation of bull semen for fertility-associated protein, in vitro characters and fertility / M. Karunakaran, T. G. Devanathan // *Journal of Applied Animal Research*. — 2017. — Vol. 45. — № 1. — P. 136-144.
11. Gerena R. L. Identification of a fertility-associated protein in bull seminal plasma as lipocalin-type prostaglandin D synthase / R. L. Gerena, D. Irikura, Y. Urade, N. Eguchi // *Biology of Reproduction*. — 1998. — Vol. 58. — № 3. — P. 826-833. Doi: 10.1095/biolreprod58.3.826.
12. Fouchecourt S. Mammalian lipocalin-type prostaglandin D2 synthase in the fluids of the male genital tract: putative biochemical and physiological functions / S. Fouchecourt, G. Charpigny, P. Reinaud, P. Dumont // *Biology of Reproduction*. — 2002. — Vol. 66. — № 2. — P. 458-467.
13. Reid A. T. Glycogen synthase kinase 3 regulates acrosomal exocytosis in mouse spermatozoa via dynamin phosphorylation / A. T. Reid, A. L. Anderson, S. D. Roman, E. A. McLaughlin et al. // *The FASEB Journal*. — 2015. — Vol. 29. — № 7. — P. 2872-2882.
14. Huang Q. Autophagy core protein ATG5 is required for elongating spermatid development, sperm individualization and normal fertility in male mice / Q. Huang, Y. Liu, S. Zhang, Y. Tian Yap et al. // *Autophagy*. — 2021. — Vol. 17. — № 7. — P. 1753-1767.
15. Breton S. Epithelial dynamics in the epididymis: role in the maturation, protection, and storage of spermatozoa / S. Breton, A. V. Nair, M. A Battistone // *Andrology*. — 2019. — Vol. 7. — № 5. — P. 631-643. Doi: 10.1111/andr.12632.
16. Da Silva N. Exploring the role of mononuclear phagocytes in the epididymis / N. Da Silva, T. B. Smith // *Asian Journal of Andrology*. — 2015. — Vol. 17. — № 4. — P. 591-596.
17. Студенцов А. П. Акушерство, гинекология и биотехника репродукции животных: учебник для вузов / А. П. Студенцов, В. С. Шипилов, В. Я. Никитин и др. // 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 548 с.
18. Авдеенко В. С. Ветеринарная андрология: Учебное пособие. — Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2022. — 308 с.
19. Cazaux Velho A. L. Metabolomic markers of fertility in bull seminal plasma / A. L. Cazaux Velho, E. Menezes, Dinh T., A. Kaya // *PLoS One*. — 2018. — № 13(4): e0195279. Doi: 10.1371/journal.pone.0195279.
20. Baharun A. Correlation between age, testosterone and adiponectin concentrations, and sperm abnormalities in Simmental bulls / A. Baharun, S. Said, R. I. Arifiantini, N. W. L. Karia. // *Veterinary World*. — 2021. — Vol. 12. — № 8. — P. 2124-2130. Doi: 10.14202/vetworld.2021.2124-2130.
21. Клещев М. А. Влияние породы и генеалогической линии на показатели спермопродукции и разнообразие морфологических форм сперматозоидов у быков-производителей / М. А. Клещев, В. Л. Петухов, Л. В. Осадчук // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. — 2018. — Т. 22. — № 8. — С. 931-938. Doi: 10.18699/VJ18.435.
22. Toe F. Semen characteristics of Ile-de-France rams of different age and physical condition / F. Toe, A. Lahlou-Kassi, E. Mukasa-Mugerwa // *Theriogenology*. — 1994. — Vol. 42. — № 2. — P. 321-326. Doi: 10.1016/0093-691x(94)90276-3.
23. Garcia-Oliveros L. N. Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings / L. N. Garcia-Oliveros, R. P. de Arruda, L. Batissaco, V. H. G. Gonzaga // *International Journal of Biometeorology*. — 2020. — Vol. 64. — № 8. — P. 1367-1378.
24. Руденко О. В. Сезонные изменения воспроизводительных способностей быков-производителей / О. В. Руденко, М. Алмохаммед // *Вестник БГАУ*. — 2020. — № 3. — С. 74-80.
25. Pardede B. P. Decreased bull fertility: age-related changes in sperm motility and DNA fragmentation / B. P. Pardede, I. Supriatna, Y. Yudi, M. Agil // *Web of Conferences*. — 2020. — Vol. 151.
26. Усова Т. П. Влияние породы и возраста на показатели спермопродукции быков / Т. П. Усова, О. В. Козлова, О. В. Першина // *Вестник Российского Государственного аграрного заочного университета*. — 2012. — Т. 12 — № 17. — С. 44-47.

27. Tsakmakidis I. A. Age-related changes in quality and fertility of porcine semen / I. A. Tsakmakidis, T. A. Khalifa, C. M. Boscov // Biological Research. — 2012. — Vol. 45. — № 3. — P. 381-386. Doi: 10.4067/S0716-97602012000400009.
28. Околышев С. М. Влияние возраста на качество спермы хряков разной линейной принадлежности / С. М. Околышев, Ю. И. Тимошенко // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции— Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. — С. 490-491.
29. Alvarez M. Sperm concentration at freezing affects post-thaw quality and fertility of ram semen / M. Alvarez, J. Tamayo-Canul, E. Anel, J. C. Boixo // Theriogenology. — 2012. — Vol. 77. — № 6. — P. 1111-1118.
30. Lemma A. Effect of Age and Breed on Semen Quality and Breeding Soundness Evaluation of Pre-Service Young Bulls / A. Lemma, T. Shemsu // Journal of Reproduction and Infertility. — 2015. — Vol. 6. — № 2. — P. 35-40. Doi: 10.5829/idosi.jri.2015.6.2.94131.
31. Hoseini S. A. Сравнительное изучение семени баранов романовской породы и породы Lori Bakhtari / Сельскохозяйственная биология. — 2018. — Т. 53. — № 2. — С. 318-325.
32. Гутман М. П. Влияние теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород и ее оплодотворяющую способность / М. П. Гутман, Н. Н. Горб, В. М. Сороколетова // Вестник НГАУ. — 2021. — № 2. — С. 106-114.
33. Llamas L. N. Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro / N. L. Llamas, D. de S. R. Angrimani, L. de C. Bicudo, K. J. Szymanska // Theriogenology. — 2020. — Vol. 141. — P. 16-25.
34. Karagiannidis A. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece / A. Karagiannidis, S. Varsakeli, G. Karatzas // Theriogenology. — 2000. — Vol. 53. — № 6. — P. 1285-1293.

Maksimova M, Korochkina E.

Factors determining sperm fertility

Abstract.

The purpose of the work is to systematize scientific data on factors affecting sperm fertility. Sperm fertility is the ability of a sexually mature organism to reproduce offspring. It is determined by parameters such as sperm motility and the quantity of normal and pathological sperm forms in the ejaculate. The fertility of male producers is acquired in stages: spermatogenesis occurs at the beginning, then the spermatozoa mature in the epididymis. The epididymis plays a significant role in making sperm fertile. Maturation occurs due to a complex of substances produced by the epididymis, and the full maturation of spermatozoa occurs in the genital tract of the female. Thus, fructose, produced by the vesicular glands, affects the fertility of animals. Another substance found in seminal plasma is citric acid, which takes part in the acrosomal reaction. Fertility is influenced by such factors as: the age of the animal, breed, the health of the male's reproductive system, heat stress and others. For instance, as animals age, the number of pathological sperm forms increases in the ejaculate, and their motility decreases. The same happens in cases of inflammatory diseases of the male reproductive system. Changes in the qualitative characteristics of sperm were recorded among Simmental and red breeds, as well as Holstein-Frisian and Jersey breeds. Prolonged or severe heat stress can also have a negative impact on fertility, despite the presence of compensatory mechanisms. These mechanisms are maintained by the presence of sweat glands in the scrotum, which are innervated by sympathetic nerves, as well as a reflex arc between the scrotum and the respiratory center. When the scrotum's temperature rises, respiratory rate increases, facilitating cooling. Furthermore, sperm activity can vary depending on the season. In animals with seasonal reproductive activity, sperm fertility parameters are better during the breeding season.

In summary, sperm fertility is a multifactorial process, the success of which is mainly due to the health of the male reproductive system and the presence of many compensatory and adaptive mechanisms.

Key words: sperm; fertility; farm animals; epididymis

Authors:

Maksimova M. – e-mail: mariaandreevna72@gmail.com;

Korochkina E. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: e.kora@mail.ru

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, Chernigovskaya str., 5.

References

1. Atroshchenko M. M. Biochemical markers of the quality of sperm stallions / M. M. Atroshchenko, D.V. Medvedev // *Agricultural Biology*. – 2023. – Vol. 58. – № 2. – P. 249-259.
2. Garcia-Vazquez. Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals / Garcia-Vazquez, Francisco A., Gadea, Joaquin // *Asian Journal of Andrology*. – 2016. – Vol. 45. – № 4. – P. 844-850.
3. Senger P. L. Pathways to pregnancy and parturition / P. L. Senger // published by Current Conceptions, Inc., 1610, NE, Eastgate Blvd., Pullman. – 2003. – 373 p.
4. Polyantsev N. I. Obstetrics, gynecology and biotechnics of animal reproduction: Textbook. -St. Petersburg: Publishing House "Lan". – 2012. – 400 p.
5. Walker W. H. Androgen regulation of spermatogenesis / W. H. Walker // *Spermatogenesis. Biology and Clinical Implications*. – 2019. – P. 40-51.
6. Zhou W. Characteristics of the Epididymal Luminal Environment Responsible for Sperm Maturation and Storage / W. Zhou, Geoffry N. De lullis, M. D. Dun, B. Nixon // *Frontiers in Endocrinology*. – 2018. – Vol. 9. Doi: 10.3389/fendo.2018.00059.
7. Arroteia K. F. The Epididymis: Embryology, Structure, Function and Its Role in Fertilization and Infertility / K. F. Arroteia, P. V. Garcia, M. F. Barbieri, M. L. Justino et al. // *Embryology - Updates and Highlights on Classic Topics*. – 2012. – P. 41-66.
8. Barrachina F. Sperm acquire epididymis-derived proteins through epididymosomes / F. Barrachina, M.A. Battistone, J. Castillo, C. Mallofre // *Human Reproduction*. – 2022. – Vol. 37. – № 4. – P. 651-668. Doi: 10.1093/humrep/deac015.
9. Sullivan R. Epididymosomes are involved in the acquisition of new sperm proteins during epididymal transit / R. Sullivan, G. Frenette, J. Girouard // *Asian Journal of Andrology*. – 2007. – Vol. 9. – № 4. – P. 483-491. Doi: 10.1111/j.1745-7262.2007.00281.x
10. Karunakaran M. Evaluation of bull semen for fertility-associated protein, in vitro characters and fertility / M. Karunakaran, T. G. Devanathan // *Journal of Applied Animal Research*. – 2017. – Vol. 45. – № 1. – P. 136-144.
11. Gerena R. L. Identification of a fertility-associated protein in bull seminal plasma as lipocalin-type prostaglandin D synthase / R. L. Gerena, D. Irikura, Y. Urade, N. Eguchi // *Biology of Reproduction*. – 1998. – Vol. 58. – № 3. – P. 826-833. Doi: 10.1095/biolreprod58.3.826.
12. Fouchecourt S. Mammalian lipocalin-type prostaglandin D2 synthase in the fluids of the male genital tract: putative biochemical and physiological functions / S. Fouchecourt, G. Charpigny, P. Reinaud, P. Dumont // *Biology of Reproduction*. – 2002. – Vol. 66. – № 2. – P. 458-467.
13. Reid A. T. Glycogen synthase kinase 3 regulates acrosomal exocytosis in mouse spermatozoa via dynamin phosphorylation / A. T. Reid, A. L. Anderson, S. D. Roman, E. A. McLaughlin et al. // *The FASEB Journal*. – 2015. – Vol. 29. – № 7. – P. 2872-2882.
14. Huang Q. Autophagy core protein ATG5 is required for elongating spermatid development, sperm individualization and normal fertility in male mice / Q. Huang, Y. Liu, S. Zhang, Y. Tian Yap et al. // *Autophagy*. – 2021. – Vol. 17. – № 7. – P. 1753-1767.
15. Breton S. Epithelial dynamics in the epididymis: role in the maturation, protection, and storage of spermatozoa / S. Breton, A.V. Nair, M.A Battistone // *Andrology*. – 2019. – Vol. 7. – № 5. – P. 631-643.
16. Da Silva N. Exploring the role of mononuclear phagocytes in the epididymis / N. Da Silva, T. B. Smith // *Asian Journal of Andrology*. – 2015. – Vol. 17. – № 4. – P. 591-596.

17. Studsov A.P. Obstetrisms, gynecology and biotechnics of animal reproductions: a textbook for universities / A. P. Studitsov, V. S. Shipilov, V. Ya. Nikitin and others // 12th ed., Sore. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 548 p.
18. Avdeenko V. S. Veterinary andrology: a textbook. -St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2022. – 308 p.
19. Cazaux Velho A. L. Metabolomic markers of fertility in bull seminal plasma / A. L. Cazaux Velho, E. Menezes, Dinh T., A. Kaya // PLoS One. – 2018. – № 13 (4): e0195279.
20. Baharun A. Correlation between age, testosterone and adiponectin concentrations, and sperm abnormalities in Simmental bulls / A. Baharun, S. Said, R. I. Arifiantini, N. W. L. Karia. // Veterinary World. – 2021. – Vol. 12. – № 8. – P. 2124-2130. Doi: 10.14202/vetworld.2021.2124-2130.
21. Kleshchev M. A. The influence of the breed and the genealogical line on the indicators of sperm products and the variety of morphological forms of spermatozoa among manufacturing bulls / M. A. Kleshev, V. L. Petukhov, L.V. Osadchuk // Vavilovsky Journal of Genetics and Schegation. – 2018. – Vol. 22. – P. 931-938. Doi: 10.18699/vj18.435.
22. Toe F. Semen characteristics of Ile-de-France rams of different age and physical condition / F. Toe, A. Lahlou-Kassi, E. Mukasa-Mugerwa // Theriogenology. – 1994. – Vol. 42. – № 2. – P. 321-326. Doi: 10.1016/0093-691x(94)90276-3.
23. Garcia-Oliveros L. N. Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings / L. N. Garcia-Oliveros, R. P. de Arruda, L. Batissaco, V. H. G. Gonzaga // International Journal of Biometeorology. – 2020. – Vol. 64. – № 8. – P. 1367-1378.
24. Rudenko O. V. Seasonal changes in the reproductive abilities of the bull-free bulls / O.V. Rudenko, M. Almohammed // Bulletin of BGAU. – 2020. – № 3. – P. 74-80.
25. Pardede B. P. Decreased bull fertility: age-related changes in sperm motility and DNA fragmentation / B. P. Pardede, I. Supriatna, Y. Yudi, M. Agil // Web of Conferences. – 2020. – Vol. 151.
26. Usova T.P. The influence of the breed and age on the indicators of the sperm products of the bulls / T.P. Usova, O. V. Kozlova, O. V. Pershin // Bulletin of the Russian State Agrarian Useful University. – 2012. – Vol. 12. – № 17. – P. 44-47.
27. Tsakmakidis I. A. Age-related changes in quality and fertility of porcine semen / I. A. Tsakmakidis, T. A. Khalifa, C. M. Boscov // Biological Research. – 2012. – Vol. 45. – № 3. – P. 381-386. Doi: 10.4067/S0716-97602012000400009.
28. Oklevshev S. M. Influence of age on the quality of sperm of the boars of different linear affiliation / S. M. Okryshev, Yu. I. Tymoshenko // Actual problems of veterinary medicine, livestock, biotechnology and expertise of animal and products of animal origin: a collection of works of a scientific and practical conference. – Moscow: Agricultural Technologies, 2022. – P. 490-491.
29. Alvarez M. Sperm concentration at freezing affects post-thaw quality and fertility of ram semen / M. Alvarez, J. Tamayo-Canul, E. Anel, J. C. Boixo // Theriogenology. – 2012. – Vol. 77. – № 6. – P. 1111-1118.
30. Lemma A. Effect of Age and Breed on Semen Quality and Breeding Soundness Evaluation of Pre-Service Young Bulls / A. Lemma, T. Shemsu // Journal of Reproduction and Infertility. – 2015. – Vol. 6. – № 2. – P. 35-40. Doi: 10.5829/idosi.jri.2015.6.2.94131.
31. Hoseini S. A. A comparative study of the seed of the ramovskaya breed and the Lori Bakhtari breed / Agricultural Biology. – 2018. – Vol. 53. – № 2. – P. 318-325.
32. Gutman M.P. The influence of thermal stress on the quality of sperm products of the boars-manufacturers of different breeds and its fertilizing ability / M. P. Gutman, N. N. Gorb, V. M. Sorokoletova // Bulletin of NGAU. – 2021. – № 2. – P. 106-114.
33. Llamas L. N. Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro / N. L. Llamas, D. de S. R. Angrimani, L. de C. Bicudo, K. J. Szymanska // Theriogenology. – 2020. – Vol. 141. – P. 16-25.
34. Karagiannidis A. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece / A. Karagiannidis, S. Varsakeli, G. Karatzas // Theriogenology. – 2000. – Vol. 53. – № 6. – P. 1285-1293.