

УДК: 577.164.16:612.6:636-055.1

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА В₁₂ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ САМЦОВ

Бахтурина Елизавета Игоревна

Студент 3-го курса, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

Никитин Владимир Вячеславович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

Корочкина Елена Александровна

Доктор ветеринарных наук, доцент

e-mail: e.kora@mail.ru

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Целью данной работы является анализ литературных данных о влиянии витамина В₁₂ на репродуктивную систему самцов. На данную тему было изучено 16 научных статей, проведена систематизация данных. Согласно результатам проведенной работы, определено положительное влияние витамина В₁₂ на репродуктивную функцию, качество спермы и морфологию сперматозоидов. Цианокобаламин способствует увеличению количества сперматозоидов, повышению их подвижности и снижению индекса фрагментации ДНК. Положительное влияние витамина В₁₂ на качество спермы связано с улучшением функциональности репродуктивных органов, снижением токсичности гомоцистеина, снижением уровня окислительного стресса для сперматозоидов, уменьшением количества энергии, вырабатываемой мужскими гаметами. Витамин В₁₂ способствует восстановлению сперматогенного эпителия, а также благоприятно влияет на сперматогенез.

Ключевые слова: витамин В₁₂, цианокобаламин, репродуктивный потенциал самцов, сперма.

THE EFFECT OF VITAMIN B₁₂ ON THE MALE REPRODUCTIVE SYSTEM

Bakhturina Elizaveta Igorevna

3rd year student, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia

Nikitin Vladimir Vyacheslavovich

Assistant, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia

Korochkina Elena Korochkina

Doctor of Veterinary Medicine, Associate professor

e-mail: e.kora@mail.ru

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The purpose of this work is to analyze the literature data on the effect of vitamin B₁₂ on the reproductive system of males. On this topic, 16 scientific articles were studied, and the data were systematized. The results of the work showed a positive effect of vitamin B₁₂ on reproductive function, sperm quality, and sperm morphology. Cyanocobalamin helps to increase the number of spermatozoa, increase their motility and reduce the DNA fragmentation index. The positive effect of vitamin B₁₂ on sperm quality is associated with an improvement in the functionality of the reproductive organs, a decrease in homocysteine toxicity, a decrease in the level of oxidative stress for spermatozoa, and a decrease in the amount of energy produced by male gametes. Vitamin B₁₂ promotes the restoration of the spermatogenic epithelium, and also has a beneficial effect on spermatogenesis.

Keywords: vitamin B₁₂, cyanocobalamin, reproductive potential, sperm, spermatozoa.

Введение. Репродуктивный потенциал животных — это показатель, отражающий максимально возможное число потомков от одной пары (или одной особи) определённого вида за единицу времени (за год, за весь жизненный цикл и т.п.). При оценке репродуктивной способности животных преследуют следующие задачи: 1. определение уровня воспроизводства у животных для планирования численности поголовья и прогнозирования продуктивности; 2. обнаружение причин возникновения патологических процессов, происходящих в репродуктивной системе, обусловленные генетикой, болезнями, стрессом и неправильным питанием; 3. подбор оптимальных условий содержания и сбалансированного питания для повышения репродуктивной функции, здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных; 4. разработка стратегий лечения и профилактики заболеваний репродуктивной системы; 5. анализ

эффективности использования производителей для улучшения породных характеристик и генетического разнообразия; 6. наблюдение за влиянием различных факторов на репродуктивную систему с целью обеспечения населения безопасной продукцией животноводства.

Факторов, влияющих на репродуктивный потенциал животных, очень много, но стоит обратить особое внимание на оптимальное количество витаминов в организме. Витамины выполняют важную роль в организме животных. Они участвуют в различных биохимических процессах, поддерживают иммунную систему, способствуют нормальному функционированию клеток и органов, а также помогают в поддержании энергетического баланса. В число таких органических соединений входит цианокобаламин. Несмотря на большое количество проведенных исследований, механизм влияния данного витамина на репродуктивную систему самцов животных остаётся не до конца изученным.

Целью данной работы явился анализ литературных данных о влиянии витамина B₁₂ на репродуктивную систему самцов.

Материалы и методы исследования: систематизация и анализ научной информации о влиянии витамина B₁₂ на репродуктивную систему самцов. Поиск литературы по данной теме проводился с использованием поисковых систем: Google (<https://www.google.ru>) и Yandex (<https://ya.ru/>); онлайн-каталога GoogleScholar (<https://scholar.google.ru/>); библиотечных ресурсов и баз данных PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>); eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>); ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>); CyberLeninka (<https://cyberleninka.ru/>); Scopus (<https://www.scopus.com/>); Web of Science ([https://apps.who.int/](https://apps.who.int/knowledge/)).

Результаты и обсуждение.

Витамин B₁₂.

Известно, что витамин B₁₂ / цианокобаламин / внешний фактор Касла (Касла) / кобаламин – водорастворимый витамин, в состав которого входит металл – кобальт. Данный витамин является коферментом цепи реакций биологического окисления белков и жиров, а также превращения аминокислот.

Витамин B₁₂ поступает в организм двумя способами: экзогенным и эндогенным. При эндогенном пути цианокобаламин вырабатывается благодаря деятельности микроорганизмов кишечника или рубца, в зависимости от вида животного. При экзогенном пути у животных витамин B₁₂ поступает из продуктов животного происхождения: печень, почки, мясо, молоко; кормов, обогащенных кобальтом [3]. Основное место накопления цианокобаламина – печень.

У полигастрических животных витамин B₁₂ вырабатывается микроорганизмами рубца / рубцовой микрофлорой, а у моногастрических животных – микробиотой кишечника. Создание условий для активизации

микрофлоры, которая отвечает за синтез витамина В₁₂ — один из способов предотвращения возникновения гиповитаминоза и авитаминоза данного витамина. Для выработки цианокобаламина необходим кобальт. Биологическая значимость кобальта обусловлена его нахождением в составе молекулы витамина В₁₂, приблизительно 4,5% [2]. В связи с вышеизложенным фактом актуальным является организация полноценного минерального кормления животных.

Баталин Ю.Е. (2001) в своей работе приходит к выводу, что алиментарная импотенция у быков-производителей обусловлена несбалансированным кормлением по основным питательным веществам и характеризуется ослаблением половых рефлексов и снижением качества спермы [1].

Дефицит витамина у животных ведёт к развитию следующих патологических процессов: мегалобластическая анемия, фуникулярный миелоз, поражение желудочно-кишечного тракта, накопление в крови гомоцистеина.

Витамин В₁₂ и окислительный стресс.

Проводя анализ литературных данных, нужно отметить, что В₁₂ принимает непосредственное участие в трансметилировании аминокислоты гомоцистеина при синтезе метионина. Гомоцистеин не поступает с пищей, а образуется только в организме. В норме эта аминокислота находится в организме очень короткое время, после чего превращается в другие соединения. Для таких превращений необходимы витамины В₆, В₉ и В₁₂. Гомоцистеин токсичен, он окисляется в плазме крови, при этом образуется большое количество кислородсодержащих радикалов. Окислительный (оксидативный) стресс — это состояние, при котором одновременно действует слишком много свободных радикалов. При окислительном стрессе активные формы кислорода окисляют стенки сосудов, молекулы белков, ДНК, липидов. Они особенно активно взаимодействуют с мембранными липидами, содержащими ненасыщенные связи, изменяя свойства клеточных мембран. Самые активные свободные радикалы разрывают связи в молекуле ДНК, повреждая генетический аппарат клеток, что приводит к онкологическим заболеваниям. Продукты окисления могут откладываться на стенках сосудов, вызывая атеросклероз и сердечно-сосудистые заболевания, диабет. Высокое содержание свободных радикалов в сперме приводит к бесплодию и другим патологиям мужской репродуктивной системы. Мужские половые клетки очень чувствительны к окислительному стрессу, который является причиной фрагментации ДНК. Если активных форм кислорода много то, оболочка сперматозоида повреждается, подвижность и способность оплодотворить яйцеклетку снижаются. Окислительный стресс приводит к сокращению уровня внутриклеточного АТФ, что уменьшает подвижность сперматозоидов, а также инициирует перекисное окисление липидов в богатой полиненасыщенными жирными кислотами плазматической мембране сперматозоидов. Такие процессы

связаны с повышенной проницаемостью, инактивацией ферментов и образованием спермицидных конечных продуктов. Перекисное окисление липидов приводит к аномальной реакции акросомы и потере текучести мембраны и оплодотворяющей способности сперматозоидов.

Влияние кислородсодержащих радикалов (активные формы кислорода / АФК) на сперму проявляется следующим образом: снижение количества сперматозоидов, снижение подвижности сперматозоидов, ухудшение морфологии сперматозоидов, повышение индекса фрагментации ДНК сперматозоидов.

Chen Q.X., Ng V., Mei J. и др. (2001), провели исследование по сравнению содержания витамина В₁₂, фолиевой кислоты, активных форм кислорода и различных параметров спермы у фертильных и бесплодных мужчин. Учёные в своей работе обозначили, что уровень активных форм кислорода в бесплодной группе был значительно выше, чем в фертильной. Морфологические дефекты и низкая подвижность сперматозоидов в группе бесплодных мужчин были значительно выше, чем в группе фертильных мужчин. Была выявлена положительная связь между уровнем выработки АФК и морфологическими дефектами сперматозоидов. На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что увеличение количества активных форм кислорода при морфологических дефектах сперматозоидов является одним из наиболее важных факторов, связанных с низким качеством спермы и бесплодием у мужчин [7].

Влияние дефицита витамина В₁₂ в рационе на показатели спермограммы.

Watanabe T., Ebara S., Kimura S. и др. (2003) в своей работе на тему влияния дефицита витамина В₁₂ в рационе на самцов крыс указывают на то, что количество сперматозоидов было заметно ниже у самцов, получавших рацион с дефицитом витамина В₁₂ в течение всего периода индивидуального развития. Кроме того, наблюдалось значительно большее количество сперматозоидов с различными дефектами, такими как, отсутствие хвоста и наличие бесформенного строения. У самцов крыс, испытывавших дефицит витамина В₁₂ в ювенильный период (3-12 недель после рождения), частота сперматозоидов с дефектами составила 14,4% (нет хвоста) и 4,8% (короткий хвост). Показатели скорости перемещения и прямолинейного движения, снизились до 20-40% от контрольного значения у крыс, матери которых испытывали дефицит витамина В₁₂. Однако дефицит витамина В₁₂ не оказал влияния на подвижность сперматозоидов в ювенильный период в период половозрелости. Учёные предположили, что дефицит витамина В₁₂ в рационе во время беременности самок крыс может повлиять на созревание сперматозоидов [15].

Watanabe T., Ebara S., Kimura S. и др. (2007) в своих исследованиях отмечали, что при дефиците в рационе витамина В₁₂ у беременных самок крыс приводит к тому, что у крысят в возрасте 21 день наблюдалось меньшее количество сперматогониев и отсутствие сперматоцитов. Также, учёными был проведен TUNEL-тест, с помощью которого обнаружили клетки с фрагментированным ДНК среди сперматоцитов сперматогенного эпителия. С помощью электронной микроскопии в семенных канальцах были выявлены клетки, подвергшиеся апоптозу, что составило 51,5%. Далее, у крысят в возрасте 60 дней была обнаружена аплазия сперматид и сперматозоидов. При проведении гистологического исследования в соединительной ткани между семенными канальцами наблюдалось множество интерстициальных клеток Лейдига и кровеносных сосудов [14]. Учёные пришли к выводу, что дефицит в рационе витамина В₁₂ у самок крыс во время беременности может повлиять на половые клетки будущего потомства мужского пола, а также то, что кобаламин может быть важным компонентом мейоза при сперматогенезе.

Влияние витамина В₁₂ на половую систему самцов.

Kawata T. и др. (1997) с помощью морфологических наблюдений изучили влияние дефицита витамина В₁₂ на ткань семенников самцов крыс. Содержание В₁₂ в семенниках значительно снизилось из-за дефицита его в корме. Вес половых органов и их относительная масса, также значительно снизились по сравнению с крысами контрольной группы. У крыс с дефицитом витамина В₁₂ выявили атрофию семенных канальцев и аплазию сперматозоидов и сперматид [10]. Приведённые выше результаты показывают, что морфологические изменения в ткани семенников вызваны дефицитом витамина В₁₂.

Далее, Kawata T., Takada T. и др. (1992) оценивали состояние дефицита витамина В₁₂ у крыс путем определения активности ферментов печени, зависящих от витамина В₁₂. Влияние дефицита витамина В₁₂ на ткань яичек изучалось с помощью морфологических исследований. Рост крыс с дефицитом витамина В₁₂ замедлялся, и наблюдалось заметное увеличение уровня метилмалоновой кислоты в моче. Содержание витамина В₁₂ в органах значительно снизилось из-за дефицита данного витамина, особенно в семенниках. Активность метионинсинтазы и метилмалонил-КоА-мутаза в печени значительно снизилась до 5% по сравнению с крысами контрольной группы, и был подтверждён сильный дефицит витамина В₁₂. Вес семенников также значительно снизился, как и их относительная масса на 100 г массы тела. Морфологические исследования семенников крыс с дефицитом витамина В₁₂ выявили атрофию семенных канальцев и аплазию сперматозоидов и сперматид [9]. Приведённые выше результаты показали, что дефицит витамина В₁₂ отрицательно влияет на семенники крыс.

Витамина В₁₂ в лечении бесплодия самцов.

Beltrame F.L., Sasso-Cerri E. (2017) выявили положительный эффект применения витамина В₁₂ для восстановления сперматогенеза у крыс, получавших циметидин: влияние на количество сперматогоний и концентрацию сперматозоидов. Антагонист H₂-рецепторов циметидин — это противоязвенный препарат, который также используется для лечения рака благодаря своему антиангиогенному эффекту. Однако этот препарат вызывает структурные изменения в семенных канальцах. Витамин В₁₂ используется в качестве терапевтического средства для лечения мужского бесплодия. Добавление витамина В₁₂ в рацион крыс во время лечения циметидином восстановило поврежденные семенные канальцы, но как именно этот витамин восстанавливает семенной эпителий, до сих пор неизвестно. В данной работе учёные оценили, улучшает ли витамин В₁₂ количество сперматогоний, сперматоцитов и концентрацию сперматозоидов у крыс, получавших циметидин в ходе лечения. Циметидин вызывал значительное снижение концентрации сперматозоидов. TUNEL-положительные сперматогонии и сперматоциты коррелировали со значительным снижением количества мужских половых клеток. В группе, принимавшей циметидин и витамин В₁₂, концентрация сперматозоидов была выше, чем в группе, принимавшей только циметидин, а значительное увеличение количества сперматогоний коррелировало с высокой частотой PCNA-иммуномеченных сперматогоний и сперматоцитов. Результаты показывают, что добавление витамина В₁₂ в рацион крыс во время лечения циметидином повышает концентрацию сперматозоидов и оказывает потенциальное влияние на восстановление сперматогоний и сперматоцитов [5].

Vasiliausha S.R. и др. (2016) исследовали эффективность витамина В₁₂ в восстановлении сперматогенных клеток при повреждении семенников после непродолжительного лечения бусульфаном у взрослых крыс. Увеличение количества сперматогоний у животных, получавших бусульфан и витамин В₁₂, указывало на то, что этот витамин может быть вспомогательной терапией для улучшения фертильности у животных [13].

Заключение. Таким образом, проведенная систематизация и анализ данных научных исследований указывают на то, что применение витамина В₁₂ положительно влияет на репродуктивную систему самцов. Определена взаимосвязь между дефицитом витамина В₁₂, окислительным стрессом и морфофункциональным состоянием сперматозоидов. Кроме того, витамин В₁₂ влияет на развитие половой системы самцов и может использоваться в процессе лечения мужского бесплодия. Также цианокобаламин необходим при восстановлении репродуктивной функции. Результаты проведенного анализа определяют перспективность данного направления — изучения влияния витамина

B₁₂ на половую систему самцов сельскохозяйственных животных с дальнейшей разработкой эффективных протоколов коррекции дисфункциональных нарушений.

Список литературы

1. Баталин Ю. Е. / Профилактика алиментарной и искусственно приобретенной импотенции быков-производителей Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.вет.н., Спец. 16.00.07 / Баталин Юрий Евгеньевич; [Ом. гос. аграр. ун-т, Ин-т вет. медицины, Каф. акушерства, гинекологии и биотехники размножения с.-х. животных]. — Воронеж 2001. — 41 с.; 21.
2. Воронцов Г. П., Антонов В. Н. / Влияние микроэлементного статуса на воспроизводительную функцию у крупного рогатого скота // StudNet. 2022. №2
3. Костюнина В. Г./ Метаболизм витамина B₁₂ и его роль в организме // E-Scio. 2022. №11 (74).
4. Banihani SA. Vitamin B₁₂ and Semen Quality. Biomolecules. 2017 Jun 9;7(2):42.
5. Beltrame FL, Sasso-Cerri E. Vitamin B₁₂-induced spermatogenesis recovery in cimetidine-treated rats: effect on the spermatogonia number and sperm concentration. Asian J Androl. 2017 Sep-Oct;19(5):567-572.
6. Boxmeer, J.C.; Smit, M.; Weber, R.F.; Lindemans, J.; Romijn, J.C.; Eijkemans, M.J.; Macklon, N.S.; Steegers-Theunissen, R.P. Seminal plasma cobalamin significantly correlates with sperm concentration in men undergoing IVF or ICSI procedures. J. Androl. 2007, 28, 521–527.
7. Chen Q, Ng V, Mei J, Chia SE. [Comparison of seminal vitamin B12, folate, reactive oxygen species and various sperm parameters between fertile and infertile males]. WeiShengYanJiu. 2001 Mar;30(2):80-2.
8. Dangour, A.D.; Allen, E.; Clarke, R.; Elbourne, D.; Fletcher, A.E.; Letley, L.; Richards, M.; Whyte, K.; Uauy, R.; Mills, K. Effects of vitamin B-12 supplementation on neurologic and cognitive function in older people: A randomized controlled trial. Am. J. Clin. Nutr. 2015, 102, 639–647.
9. Kawata T, Takada T, Morimoto F, Fujimoto N, Tanaka N, Yamada K, Wada M, Tadokoro T, Maekawa A. Effects of vitamin B12-deficiency on testes tissue in rats. J NutrSciVitaminol (Tokyo). 1992 Aug;38(4):305-16.
10. Kawata T, Tamiki A, Tashiro A, Suga K, Kamioka S, Yamada K, Wada M, Tanaka N, Tadokoro T, Maekawa A. Effect of vitamin B12-deficiency on testicular tissue in rats fed by pair-feeding. Int J VitamNutr Res. 1997;67(1):17-21.
11. Liptak, M.D.; Datta, S.; Matthews, R.G.; Brunold, T.C. Spectroscopic study of the cobalamin-dependent methionine synthase in the activation conformation: Effects of the y1139 residue and S-adenosylmethionine on the B₁₂ cofactor. J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 16374–16381.

12. Lu, H.; Liu, X.; Deng, Y.; Qing, H. DNA methylation, a hand behind neurodegenerative diseases. *Front. Aging Neurosci.* 2013, 5, 85.
13. Vasiliausha SR, Beltrame FL, de Santi F, Cerri PS, Caneguim BH, Sasso-Cerri E. Seminiferous epithelium damage after short period of busulphan treatment in adult rats and vitamin B₁₂ efficacy in the recovery of spermatogonial germ cells. *Int J Exp Pathol.* 2016 Aug;97(4):317-328.
14. Watanabe T, Ebara S, Kimura S, Maeda K, Watanabe Y, Watanabe H, Kasai S, Nakano Y. Maternal vitamin B12 deficiency affects spermatogenesis at the embryonic and immature stages in rats. *CongenitAnom (Kyoto).* 2007 Mar;47(1):9-15.
15. Watanabe T, Ohkawa K, Kasai S, Ebara S, Nakano Y, Watanabe Y. The effects of dietary vitamin B12 deficiency on sperm maturation in developing and growing male rats. *CongenitAnom (Kyoto).* 2003 Mar;43(1):57-64.
16. Yadav, M.K.; Manoli, N.M.; Madhunapantula, S.V. Comparative assessment of vitamin-B12, folic acid and homocysteine levels in relation to p53 expression in megaloblastic anemia. *PLoS ONE* 2016, 11, e0164559.

© Бахтурина Е.И., Никитин В.В., Корочкина Е.А., 2025