

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616-003.93:611.631:546.46

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2025-22-4-86-90>

Количественная характеристика клеток Сертоли и сперматогоний при дефиците магния и его фармакологической коррекции

Григорий Леонидович Снигур, Валентина Николаевна Рудыкина [✉],
Татьяна Николаевна Щербакова

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Цель работы: определить структурные особенности семенников при алиментарном дефиците магния и его фармакологической коррекции. **Материалы и методы исследования.** Проведено экспериментальное исследование на 50 беспородных половозрелых крысах самцах массой 200–300 г. Гипомагнеземию моделировали в течение 12 недель с использованием магнийдефицитной диеты. Животные разделены на 5 экспериментальных групп. Первая группа – контроль, животные содержались на полноценном пищевом рационе, вторая – животные с алиментарным дефицитом магния, в третьей, четвертой и пятой группах проводилась фармакологическая коррекция препаратами магния: «Магне В6», «МагнеВитол» и «Бишофит» соответственно. Для гистологического изучения из группы случайным образом отбирались животные, у которых выделяли семенники. Микропрепараты изготавливали по общепринятой гистологической методике. Морфометрическое исследование семенников оценивалось с использованием стандартной методики, определяли путем подсчета клеток Сертоли и сперматогоний. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения Prism 8 (GraphPad Software Inc., США). **Результаты.** При подсчете количества клеток сперматогенного эпителия и сустентоцитов отмечено достоверное снижение количества этих клеток в группе животных с гипомагнеземией на 22 %, что свидетельствует о начале дегенеративных изменений в сперматогенном эпителии. В опытных группах, получавших с 9-й по 12-ю неделю магнийдефицитного состояния препараты магния, отмечалось статистически значимое увеличение на 17,5–18 % исследуемых клеток в извитых семенных канальцах ($p < 0,05$), что указывает на обратимость характерных структурных изменений в семенниках при гипомагнеземии. **Выводы.** В результате проведенного исследования было выявлено, что при алиментарном дефиците магния отмечается статистически значимое уменьшение количества исследуемых клеток в извитых семенных канальцах семенников крыс. В семенниках крыс экспериментальных групп, получавших препараты магния, отмечалось восстановление количества сперматогониев и клеток Сертоли, что свидетельствует об обратимости выявленных структурно-функциональных изменений.

Ключевые слова: семенники, сперматогенез, магнийдефицитная диета, сперматогонии, клетки Сертоли (сустентоцит)

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2025-22-4-86-90>

Quantitative characterisation of Sertoli and spermatogonia cells in magnesium deficiency and its pharmacological correction

Grigory L. Snigur, Valentina N. Rudykina [✉], Tatiana N. Shcherbakova

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Abstract. The aim of the study was to determine the structural features of the testes in cases of dietary magnesium deficiency and its pharmacological correction. **Materials and methods:** An experimental study was conducted on 50 outbred sexually mature male rats weighing 200–300 g. Hypomagnesemia was modeled for 12 weeks using a magnesium-deficient diet. The animals were divided into 5 experimental groups. The first group was the control group, animals were kept on a complete diet, the second group consisted of animals with dietary magnesium deficiency, and the third, fourth, and fifth groups received pharmacological correction with magnesium preparations: Magne B6, Magnevitol and Bishofit respectively. Animals from which testes were isolated were randomly selected from the group for histological examination. Microscopic preparations were prepared using standard histological techniques. Morphometric analysis of the testes was assessed using a standard method, determining Sertoli cell and spermatogonial counts. Statistical processing of the results was performed using Prism 8 software (GraphPad Software Inc., USA). **Results:** When counting the number of spermatogenic epithelial cells and sustentacular cells, a significant 22 % decrease in these cells was noted in the hypomagnesemia group of animals, indicating the onset of degenerative changes in the spermatogenic epithelium. In the experimental groups receiving magnesium supplements from weeks 9 to 12 of magnesium deficiency, a statistically significant increase of 17.5–18 % in the examined cells in the convoluted seminiferous tubules ($p < 0.05$) was observed, indicating the reversibility of the characteristic structural changes in the testes associated with hypomagnesemia. **Conclusions:** The study revealed that magnesium deficiency resulted in a statistically significant reduction in the number of examined cells in the convoluted seminiferous tubules of rat testes. In the testes of rats in the experimental groups receiving magnesium supplements, a restoration of spermatogonia and Sertoli cell counts was observed, indicating the reversibility of the identified structural and functional changes.

Keywords: testes, spermatogenesis, magnesium-deficient diet, spermatogonia, Sertoli cells (sustentocyte)

Распространенность дефицита магния в популяции в России колеблется от 16 до 42 %, а его клинические проявления выявляются еще чаще. Являясь универсальным регулирующим фактором, магний оказывает нормализующее влияние на функциональное состояние нервной, сердечно-сосудистой, иммунной системы, опорно-двигательного аппарата [1, 2, 3, 4].

Ряд авторов убедительно доказали роль магния в функционировании женской репродуктивной системы [3, 5]. В литературе представлены данные о угнетении репродуктивной системы у самок крыс при экспериментальном моделировании дефицита магния [3]. Другими авторами показана взаимосвязь половой дисфункции у мужчин с уровнем магния в крови [6, 7]. Однако влияние гипомагниемии на структурно-функциональное состояние семенников изучено недостаточно [4, 7, 8, 9].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявить особенности сперматогенеза при экспериментальной гипомагниемии и ее фармакологической коррекции препаратами магния.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на 50 беспородных крысах самцах массой 200–300 г, содержащихся в условиях вивария ВолгГМУ в соответствии с правилами лабораторной практики РФ (ГОСТ 33044–2014).

В эксперименте моделировалось магнийдефицитное состояние с использованием 12-недельного назначения диеты (ICN Biomedicals, Aurora, Ohio, США). Весь рацион готовился на деионизированной воде, которая также использовалась в качестве питьевой воды для животных. Скорость и глубину развития гипомагниемии контролировали у животных, определяя уровни содержания магния в плазме крови и эритроцитах, спектрофотометрическим методом по цветной реакции с титановым желтым (Sigma, США) с измерением на спектрофотометре СФ-26 (ЛОМО, Россия). Снижение концентрации магния ниже 1,4 ммоль/л в эритроцитах и 0,7 ммоль/л в плазме расценивалось как гипомагниемия средней степени. Для изучения морфологических изменений в семенниках крыс-самцов использовали следующие группы животных (табл.).

Дизайн исследования

| Группа, кол-во животных | Диета, нед. | Коррекция, нед. |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| | 1–12 | 9–12 |
| 1 | 2 | 3 |
| Контроль, 10 | полноценный рацион | – |
| Дефицит магния (ДМ), 40 | магний- дефицитная | – |

Окончание табл.

| 1 | 2 | 3 |
|---|-----------------------|--|
| Дефицит магния + Магне В6 (ДМ + Магне В6), 10 | магний- дефицитная | 10 мг/кг Mg лактата дигидрат (Magne B6) |
| Дефицит магния + Магневитол (ДМ + Магневитол), 10 | магний- дефицитная | 8 мг/кг Магневитол |
| Дефицит магния + Бишофит (ДМ + Бишофит), 10 | магний- дефицитная | 0,01 мл/кг водного раствора Mg хлорида (раствор бишофита) |

Все манипуляции с животными проводились в соответствии с требованиями Директивы 2010/63/EU европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22.09.2010. Для гистологического изучения из группы случайным образом отбирались животные, у которых выделяли семенники. Затем ткань семенников фиксировали в 10%-м растворе нейтрального забуференного (рН 7,0) формалина в течение 24 ч, заливали в парафин, изготавливали поперечные гистологические срезы толщиной 3–5 мкм. Для обзорной окраски был использован гематоксилин и эозин. Гистологические препараты фотографировались цифровой камерой Canon (Japan, 5.0 мегапикселей) на базе микроскопа Axiostar plus (Карл Цейс, Германия) с использованием объективов $\times 10$; $\times 20$; $\times 40$ и окуляра $\times 10$. Сперматогенез оценивали путем подсчета количества сперматогоний и клеток Сертоли в извитых семенных канальцах при увеличении $\times 400$ в 10 случайных полях зрения (подсчитывали 20 канальцев) [10].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения Prism 8 (GraphPad Software Inc., США). Данные представлены в виде среднего, медианы и интерквартильного интервала. Проверка выборки на нормальное распределение признаков проводилась с использованием критерия Шапиро – Уилка. Для оценки вариабельности показателей указывался интерквартильный размах [Q1; Q3]. Сравнение двух независимых выборок проводилось непараметрическим методом (критерий Манна – Уитни), трех и более – непараметрическим методом (критерий Краскела – Уоллиса, критерий Данна). Статистически значимыми принимали изменения при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности сперматогенеза оценивали путем подсчета количества сперматогоний и клеток Сертоли. Сперматогонии, расположенные между клеток Сертоли вдоль базальной мембранны, служат источником недифференцированных клеток для сперматогенеза и по мере дифференцировки продвигаются в адноминальном направлении (рис. 1). Согласованное

регулирование процессов в половых клетках на разных стадиях дифференцировки осуществляется благодаря клеткам Сертоли, формирующими для них микроокружение. Клетки Сертоли многофункциональны. Они также принимают участие в фагоцитозе дегенерирующих половых клеток, в паракринной регуляции сперматогенеза, выполняют опорные и трофические функции.



Рис. 1. Микропрепараторы срезов семенников.
Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

При проведении морфометрического исследования у животных группы контроля медиана количества сперматогоний составила 59,00 [57,00; 61,00] клеток. В группе дефицита магния отмечалось статистически значимое ($p < 0,0001$) уменьшение количества сперматогоний (рис. 2). Медиана количества клеток сперматогенного эпителия составила 46,50 [44,00; 47,75]. При фармакологической коррекции гипомагниемии отмечается достоверное, статистически значимое ($p < 0,0001$) увеличение количества сперматогоний. Медиана количества сперматогоний в группе ДМ + Магне В6 составила 57,00 [54,25; 57,00] клеток, у животных в группе ДМ + Магневитол – 55 [52,50; 57,00] клеток, ДМ + Бишофит – 54,00 [52,50; 57,75] клеток. В группах с фармакологической коррекцией препаратом «Магнийвитол» и водным раствором хлорида магния не происходит восстановления количества клеток сперматогенного эпителия, которое характерно для контрольной группы.

При подсчете соматических клеток в извитых семенных канальцах медиана количества клеток Сертоли в контрольной группе составила 28,50 [27,00; 29,00] клеток. При магнийдефицитном состоянии отмечается достоверное уменьшение сустентоцитов ($p < 0,0001$). Медиана количества соматических клеток извитых семенных канальцев в группе дефицита магния составила 19,00 [18,00; 21,00] клеток. В группах фармакологической коррекции отмечается статистически значимое увеличение клеток Сертоли (рис. 2). В группах дефицит магния + Магне В6 медиана количества клеток Сертоли составила 27,00 [26,00; 28,00] клеток, дефицит магния + Магневитол – 24,50 [23,25; 25,00] клеток, дефицит магния + Бишофит – 24,00 [23,00; 25,75] клеток.

При подсчете количества клеток сперматогенного эпителия и соматических клеток Сертоли отмечено достоверное снижение количества этих клеток в группе животных с гипомагниемией на 22 %, что свидетельствует о начале дегенеративных изменений в сперматогенном эпителии. В опытных группах, получавших 9–12-ю неделю магнийдефицитного состояния препараты магния, отмечалось статистически значимое увеличение на 17,5–18 % исследуемых клеток в извитых семенных канальцах ($p < 0,05$), что указывает на обратимость характерных структурных изменений в семенниках при гипомагнезии (рис. 2).

Выявленные нами морфологические изменения клеток сперматогенного эпителия у крыс самцов, находившихся на магнийдефицитной диете и получавших затем препараты магния, свидетельствуют о том, что дефицит магния способствует развитию выявленных нарушений. Выявленные изменения согласуются с литературными данными [7, 8].

По нашему мнению, дегенеративные изменения, возникающие в семенниках, являются результатом магнийдефицитного состояния. Дефицит магния способствует развитию нарушений в сперматогенном эпителии и, как следствие, нарушению сперматогенеза [8].

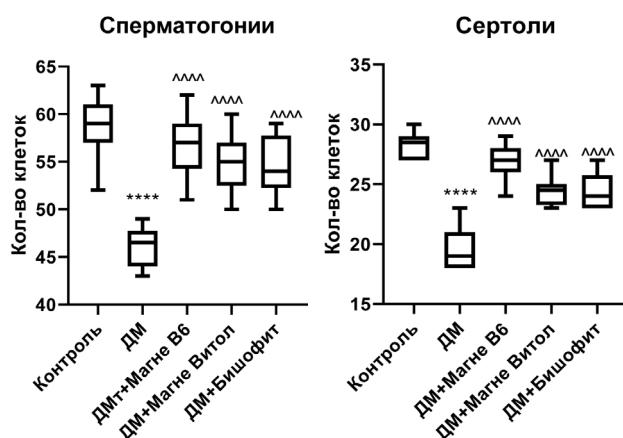


Рис. 2. Количество сперматогоний и клеток Сертоли

в извитых семенных канальцах:

**** $p < 0,0001$ – различия достоверны по сравнению с группой контроля по критерию Манна – Уитни;
^*** $p < 0,0001$ – различия достоверны по сравнению с группой дефицита магния по критерию Данна

Фармакологическая коррекция гипомагнезии способствует восстановлению количества клеток, характерного для контрольной группы, что указывает на обратимость данного патологического состояния.

Введение препарата «Магне В6», четырехнедельным курсом, было более эффективным по сравнению с другими препаратами магния. Отмечено восстановление количества сперматогониев и клеток Сертоли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное нами экспериментальное исследование свидетельствует о том, что при гипомагниемии наблюдались структурные изменения семенников крыс, которые сопровождались достоверным снижением количества сперматогониев и клеток Сертоли. При проведении фармакологической коррекции алиментарного дефицита магния препаратами «Магне В6», «Магневитол» и «Бишофит» отмечалась различная по выраженности положительная динамика выявленных в семенниках морфологических показателей. Введение препарата «Магне В6» более эффективно по сравнению с другими препаратами магния. Таким образом, отмечается восстановление количества сперматогониев и клеток Сертоли на фоне введения препаратов магния, что свидетельствует об обратимости выявленных структурно-функциональных изменений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Есенова И.И. В центре внимания препараты магния. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2011;4:487–491.
- Шилов А.М., Авшалумов А.Ш., Марковский В.Б., Синицына Е.Н., Грязнов Д.А., Осия А.О. Метаболический синдром и дефицит магния: особенности течения и лечения. *Врач*. 2008;9:44–48.

3. Спасов А.А., Смирнов А.В., Бугаева Л.И., Толокольников В.А., Лебедева С.А. Функциональная морфология матки и яичников при дефиците магния и его фармакологической коррекции: монография. Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного медицинского университета, 2017. 212 с.

4. Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7(9):8199–8226.

5. Бурчаков Д.И., Кузнецова И.В. Признаки дефицита магния и повышенного риска акушерских осложнений: диагностика и лечение. *Эффективная фармакотерапия*. 2017;44(4):16–18.

6. Arpad B., Karoly B., Laszlo H. Biological, biochemical and morphological observations on animals with chronic magnesium deficiency. *Magnesium Research*. 1989;26:228–237.

7. Chandra A.K., Sengupta P., Goswami H., Mahitosh S. Effects of Dietary Magnesium on Testicular Histology, Steroidogenesis, Spermatogenesis and Oxidative Stress Markers in adult rats. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2013;51:37–47.

8. Спасов А.А., Гетманенко А.Ю., Бугаева Л.И., Лебедева С.А., Коржова Т.М., Кузубова и др. Влияние алиментарной гипомагнезии на процессы репродукции крыс-самцов. *Волгоградский научно-медицинский журнал*. 2017;1(53):17–21.

9. Maggio M., Ceda G.P., Lauretani F. Magnesium and anabolic hormones in older men. *International journal of andrology*. 2011;6(2):1365–2605.

10. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Ч. 1. М.: Гриф и К, 2012. 944 с.

REFERENCES

- Eesenova I.I. The focus is on magnesium preparations. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii* = *Rational pharmacotherapy in cardiology*. 2011;4:487–491. (In Russ.).
- Shilov A.M., Avshalumov A.Sh., Markovsky V.B., Sinitcina E.N., Gryaznov D.A., Hosea A.O. Metabolic syndrome and magnesium deficiency: features of course and treatment. *Vrach = Doctor*. 2008;9:44–48. (In Russ.).
- Spasov A.A., Smirnov A.V., Bugaeva L.I., Tolokolnikov V.A., Lebedeva S.A. Functional morphology of uterus and ovaries with magnesium deficiency and its pharmacological correction: monograph. Volgograd; VolgSMU Publishing House, 2017. 212 p. (In Russ.).
- Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7(9):8199–8226.
- Burchakov D.I., Kuznetsova I.V. Signs of magnesium deficiency and increased risk of obstetric complications: diagnosis and treatment. *Effektivnaya farmakoterapiya* = *Effective pharmacotherapy*. 2017;44(4):16–18.
- Arpad B., Karoly B., Laszlo H. Biological, biochemical and morphological observations on animals with chronic magnesium deficiency. *Magnesium Research*. 1989;26:228–237.
- Chandra A.K., Sengupta P., Goswami H., Mahitosh S. Effects of Dietary Magnesium on Testicular Histology,

Steroidogenesis, Spermatogenesis and Oxidative Stress Markers in adult rats. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2013;51:37–47.

8. Spasov A.A., Getmanenko A.Yu., Bugaeva L.I., Lebedeva S.A., Korzhova T.M., Kuzubova et al. The effect of alimentary hypomagnesemia on the reproductive processes of male rats. *Volgogradskii nauchno-meditsinskii zhurnal* =

Volgograd Scientific and Medical Journal. 2017;1(53):17–21. (In Russ.).

9. Maggio M., Ceda G.P., Lauretani F. Magnesium and anabolic hormones in older men. *International journal of andrology*. 2011;6(2):1365–2605.

10. Guidelines for conducting preclinical studies of medicines. Part 1. Moscow: Grif and K, 2012. 944 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этические требования соблюдены. Текст не сгенерирован нейросетью.

Информация об авторах

Г.Л. Снигур – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой биологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; sgrigoryl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8612-6186>

В.Н. Рудыкина – ассистент кафедры биологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия;  vrudykina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3360-9149>

Т.Н. Щербакова – кандидат медицинских наук, доцент кафедры биологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; serxacheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7070-5290>

Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 11.11.2025; принята к публикации 18.11.2025.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethical requirements are met. The text is not generated by a neural network.

Information about the authors

G.L. Snigur – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Biology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; sgrigoryl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8612-6186>

V.N. Rudykina – Assistant at the Department of Biology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia;  vrudykina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3360-9149>

T.N. Shcherbakova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; serxacheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7070-5290>

The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 11.11.2025; accepted for publication 18.11.2025.