



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

УДК: 612.6:591.461.1:616.65-092.9:546.47

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕМЕННИКОВ ПРИ ДЕФИЦИТЕ МАГНИЯ
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**



Р.Р. Баймурадов

<https://orcid.org/0000-0003-3874-4796>

Бухарский государственный медицинский институт имени Абу Али ибн Сино.

Узбекистан, г. Бухара, ул. Гиждуван 23. Тел: +998 (65) 223-00-50

e-mail: ravshan.baymuradov@bsmi.uz

Резюме. В экспериментальном исследовании изучены морфологические и морфометрические изменения семенников белых крыс при дефиците магния. Животным назначали стандартную диету (S1000) и магнийдефицитную диету (S1035). У крыс с недостатком магния выявлены утолщение белочной оболочки, уменьшение количества извитых семенных канальцев и расширение их просвета, выраженное снижение площади и толщины сперматогенного эпителия. Количество сперматогоний, сперматоцитов I порядка, круглых сперматид и сперматозоидов достоверно уменьшалось, тогда как объём интерстициальной ткани увеличивался, а плотность клеток Лейдига снижалась. Полученные результаты свидетельствуют о том, что дефицит магния вызывает глубокие атрофические-дистрофические изменения и приводит к угнетению сперматогенеза и гормональной функции яичек.

Ключевые слова: дефицит магния, семенники, сперматогенез, клетки Лейдига, морфометрия, эксперимент.

**MAGNIY TANQISLIGIDA MOYAKLARDAGI MORFOLOGIK O'ZGARISHLAR
(EKSPERIMENTAL TADQIQOT)**

R.R. Baymuradov

<https://orcid.org/0000-0003-3874-4796>

Abu Ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot instituti. O'zbekiston, Buxoro, G'ijduvon

ko'chasi 23. Tel: +998 (65) 223-00-50

e-mail: ravshan.baymuradov@bsmi.uz

Rezyume. Mazkur eksperimental tadqiqotda magniy tanqisligi sharoitida 3 va 6 oylik oq kalamushlar urug'donlarida kechadigan morfologik va morfometrik o'zgarishlar o'rzanildi. Tadqiqotda ALTROMIN (Germaniya) tomonidan ishlab chiqarilgan standart (S1000) va magniy yetishmovchilik (S1035) dietalari qo'llanildi. Magniy yetishmovchiligi fonida urug'donlarda oqsil qavatning qalinlashuvi, burama naychalarning kamayishi, ularning bo'shlig'ining kengayishi, spermatogen epiteliy maydoni va qalinligining sezilarli pasayishi aniqlandi. Spermatogoni, spermatotsitlar va dumaloq spermatidlar soni keskin kamaydi, Leydig hujayralari zichligi pasaydi, interstitsial to'qima maydoni esa sezilarli ortdi. Ushbu o'zgarishlar spermatogenezning chuqr



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO‘YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

buzilishi va testikulyar funktsiyaning susayishi bilan bog‘liq bo‘lib, magniy yetishmovchiligining reproduktiv salomatlikka jiddiy ta’sirini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: magniy tanqisligi, urug‘don, spermatogenez, Leydig hujayralari, morfometriya, eksperimental model.

**MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE TESTES WITH MAGNESIUM DEFICIENCY
(EXPERIMENTAL STUDY)**

R.R. Baymuradov

<https://orcid.org/0000-0003-3874-4796>

Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sina. 23 Gijduvan Street, Bukhara,
Uzbekistan. Tel.: +998 (65) 223-00-50
e-mail: ravshan.baymuradov@bsmi.uz

Abstract. This experimental study examines the morphological and morphometric alterations in the testes of white rats subjected to dietary magnesium deficiency. Animals received either a standard diet (S1000) or a magnesium-deficient diet (S1035). Magnesium deficiency led to significant thickening of the tunica albuginea, reduction in the number of seminiferous tubules, luminal dilation, and a marked decrease in both the area and thickness of the spermatogenic epithelium. Counts of spermatogonia, primary spermatocytes, round spermatids, and luminal spermatozoa were substantially reduced, whereas the volume of interstitial tissue increased and Leydig cell density declined. These findings indicate that magnesium deficiency induces pronounced atrophic-dystrophic alterations and severely impairs spermatogenesis and testicular endocrine function.

Keywords: magnesium deficiency, testis, spermatogenesis, Leydig cells, morphometry, experimental study.

Макро- и микроэлементы играют фундаментальную роль в поддержании внутреннего баланса организма, поскольку участвуют в множестве биохимических и физиологических процессов. Они необходимы для нормального обмена веществ, полноценной работы иммунной системы и во многом определяют общее состояние здоровья. Индивидуальная потребность в микроэлементах зависит от метаболических особенностей организма, поэтому своевременное и достаточное их поступление является важнейшим условием сохранения оптимального здоровья. Адекватное обеспечение витаминами и минеральными веществами предупреждает формирование дефицитов и способствует поддержанию нормальных жизненных функций, что подчёркивает необходимость контроля микроэлементного статуса в современной клинической медицине.

Процесс старения нередко сопровождается снижением гомеостатических резервов, обусловленным дисбалансом между поступлением, использованием и расходом энергии. Активность анаболических гормонов, среди которых центральное место занимает тестостерон, зависит от минерального статуса, в частности обеспеченности магнием, а также от калорийности и белкового состава рациона. Системное воспаление, отрицательно влияющее на уровни магния и тестостерона, в свою очередь подавляется при достаточном поступлении этих факторов.

Дефицит магния приводит к увеличению массы тела, повышению содержания Na^+ , Ca^{2+} и Fe и снижению уровней K^+ и Mg^{2+} . Отмечается уменьшение концентрации витамина Е и рост уровня малонового диальдегида — маркёра перекисного окисления липидов. Недостаток магния вызывает морфологические изменения примерно у 40% сперматид в группе дефицита: описаны повреждения растяжения сперматид, нерегулярное расположение грубых волокон с отсутствием аксонемы и её микротрубочковой оболочки, формирование до четырёх пучков наружных фибрill в одной сперматиде. Повышение содержания железа, активация



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

перекисного окисления липидов и начало указанных морфологических нарушений наблюдаются уже при лёгкой степени дефицита магния [1-5].

Совокупность приведённых данных свидетельствует о том, что магний играет ключевую роль в обеспечении нормальной структуры и функции семенников.

Цель исследования: изучить структурные изменения семенников в норме и при дефиците магния.

Материал и методы. В эксперименте были использованы самцы белых беспородных крыс массой 220 ± 20 г в начале наблюдения и 300 ± 20 г к его завершению, возрастом 12–24 недели (3–6 месяцев), всего 30 животных. В качестве кормовой базы применялись специализированные рационы для лабораторных животных, произведённые компанией ALTROMIN Spezialfutter GmbH & Co. (Германия) и имеющие сертификат качества № 36/2024. Корма поставлялись в ёмкостях по 5 кг в виде гранул диаметром 10 мм.

В эксперимент включены следующие виды диет:

1. C1000 — стандартный рацион;
2. C1035 — рацион с индуцированным дефицитом магния.

После макроскопического осмотра изъятых органов проводили изготовление гистологических препаратов почек и семенников. Депарафинированные срезы окрашивали по стандартной методике гематоксилином и эозином. Далее препараты подвергали дегидратации в возрастающих концентрациях этанола, просветляли в ксиоле и заключали под покровное стекло.

Морфометрическое исследование семенников включало анализ следующих параметров: толщина белочной оболочки; число извитых семенных канальцев в поле зрения; количество интерстициальных участков; площадь поперечного сечения канальца; площадь его просвета; площадь и толщина сперматогенного эпителия; численность клеток Сертоли, сперматогониев и сперматоцитов в эпителии извитых канальцев и другие показатели.

Полученные данные подвергались статистической обработке с использованием методов параметрической и непараметрической статистики. Первичная сортировка, корректировка, систематизация информации и визуализация результатов выполнялись в Microsoft Excel 2010. Для вычислительного анализа применяли программный пакет IBM SPSS Statistics v.23 (IBM Corporation).

Результаты исследования и их обсуждение. У трёхмесячных животных паренхима семенников имела выраженную дольчатую организацию. Извитые семенные канальцы отличались относительно небольшим диаметром; их просвет был минимальным или вовсе не определялся. Сперматогенный эпителий включал клетки всех основных стадий дифференцировки, однако его толщина оставалась умеренной, что характерно для активного этапа полового созревания. Интерстициальная ткань занимала значительную часть площади среза, отличалась хорошей васкуляризацией и большим количеством клеток Лейдига, имеющих крупные, светлые ядра.

У шестимесячных крыс семенники достигали стадии полного структурно-функционального развития. Извитые канальцы становились правильной округлой формы, с широким просветом, заполненным зрелыми сперматозоидами. Сперматогенный эпителий приобретал многорядное строение, его толщина увеличивалась до 80–90 мкм, а содержание сперматоцитов I порядка и круглых сперматид заметно возрастало. Интерстициальная ткань становилась более плотной, количество сосудов умеренно сокращалось, а клетки Лейдига демонстрировали выраженную секреторную активность.

Морфометрические измерения подтвердили выявленные морфологические особенности. В трёхмесячной группе средний диаметр канальцев составлял около 50 мкм, толщина сперматогенного эпителия — 70–75 мкм. Площадь сперматогенного эпителия находилась в пределах $(3,5-5,0)\times10^4$ мкм², площадь просвета — $(2,8-7,0)\times10^3$ мкм². Число сперматоцитов I



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

порядка достигало в среднем 40–45 на срез, круглых сперматид — 200–220, количество сперматозоидов в просвете — около 350. Площадь интерстициальной ткани составляла (3–6)×10⁵ мкм² в поле зрения при увеличении ×100.

У шестимесячных животных регистрировался достоверный прирост морфометрических параметров ($p < 0,01$ по критерию Уэлча): диаметр канальцев увеличивался до 60–65 мкм, толщина сперматогенного эпителия — до 85–90 мкм. Плотность сперматогенных клеток достигала максимума: количество сперматоцитов I порядка — до 60 на срез, круглых сперматид — до 300, что соответствует периоду наивысшей функциональной активности. Достоверность различий между 3- и 6-месячными группами была подтверждена и непараметрическим анализом по критерию Манна—Уитни ($p < 0,01$).

Корреляционный анализ показал, что толщина сперматогенного эпителия прямо связана с диаметром канальца ($r = 0,82$; $p < 0,001$) и обратно — с площадью интерстициальной ткани ($r = -0,68$; $p < 0,01$). С возрастом наблюдается смещение баланса между канальцевым и интерстициальным компонентами в пользу последнего, что отражает закономерную перестройку стромально-паренхиматозных отношений.

Наиболее выраженные изменения приходятся на период между 3 и 6 месяцами — фазу интенсивного полового созревания. В последующем возрасте (6–12 месяцев) темпы моррофункциональных преобразований замедляются; различия между этими этапами по большинству показателей становятся статистически незначимыми ($p > 0,05$), за исключением толщины эпителиального слоя и количества зрелых сперматозоидов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что к шестимесячному возрасту у белых крыс завершается формирование моррофункционально зрелой репродуктивной системы, а дальнейшие изменения носят характер постепенной возрастной инволюции без выраженных колебаний количественных характеристик.

Также был сделан анализ всех параметров семенников при дефиците магния: Толщина белочной оболочки. У крыс с дефицитом магния белочная оболочка заметно утолщена: в среднем около 132 мкм против 118 мкм в контроле (рост примерно на 12 %, $p < 0,01$). Это свидетельствует о более выраженной склеротизации капсулы яичка. Извитые семенные канальцы и интерстиций в поле зрения. Число извитых канальцев в одном поле зрения снижается с ~10,3 до ~8,9 (~14 %, $p < 0,01$), тогда как доля интерстициальных участков, наоборот, увеличивается с ~14,3 до ~16,0 (~12 %, $p < 0,02$). То есть часть паренхимы замещается интерстицием. Площадь поперечного сечения канальцев и их просвета. Общая площадь поперечного сечения канальцев несколько выше контроля (~7 %, тенденция, $p \approx 0,10$). При этом площадь просвета канальцев резко увеличена: около 10,8 тыс. против 8,4 тыс. усл. ед. (~30 %, $p < 0,001$). Это говорит о выраженном расширении просвета на фоне истощения эпителия. Площадь и толщина сперматогенного эпителия. Площадь сперматогенного эпителия существенно уменьшается — примерно на 13 % ($p < 0,01$), а его толщина снижается с ~88,8 до ~78,1 мкм (~12 %, $p < 0,01$). В отличие от группы дефицита железа здесь страдает не только толщина, но и общая площадь активного эпителия.

Что касается клеточного состава сперматогенного эпителия, то там тоже были заметны изменения. Клетки Сертоли. Их число на поперечный срез практически не меняется (~9,7 против 9,8; различия недостоверны). Опорный компонент эпителия относительно сохранён. Сперматогонии. Отмечается выраженное снижение количества сперматогоний: примерно 11,4 против 13,1 на срез (~13 %, $p < 0,001$). Площадь отдельной сперматогонии имеет тенденцию к уменьшению (~7 %, $p \approx 0,06$). Это указывает на поражение самого раннего звена сперматогенеза. Сперматоциты I порядка. Число сперматоцитов I порядка заметно сокращается — с ~47,7 до ~37,5 клеток на срез (~21 %, $p < 0,001$). Площадь клетки уменьшается умеренно и недостоверно (~4 %). Таким образом, дефицит магния приводит к заметному «обеднению» среднего звена сперматогенного ряда. Круглые сперматиды.



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Снижение ещё более выражено: 183 против 237 клеток на срез ($\approx 23\%$, $p < 0,001$). Размер отдельных сперматид несколько меньше ($\approx 8\%$, тенденция). На этой стадии эффект дефицита магния уже сопоставим с грубой атрофией сперматогенного эпителия. Сперматозоиды в просвете канальцев. Итогом поражения всех предшествующих звеньев становится значимое уменьшение количества сперматозоидов в просвете канальцев: около 317 против 399 ($\approx 21\%$, $p < 0,001$). Продуктивность сперматогенеза у животных с дефицитом магния существенно снижена (рис. 3.).

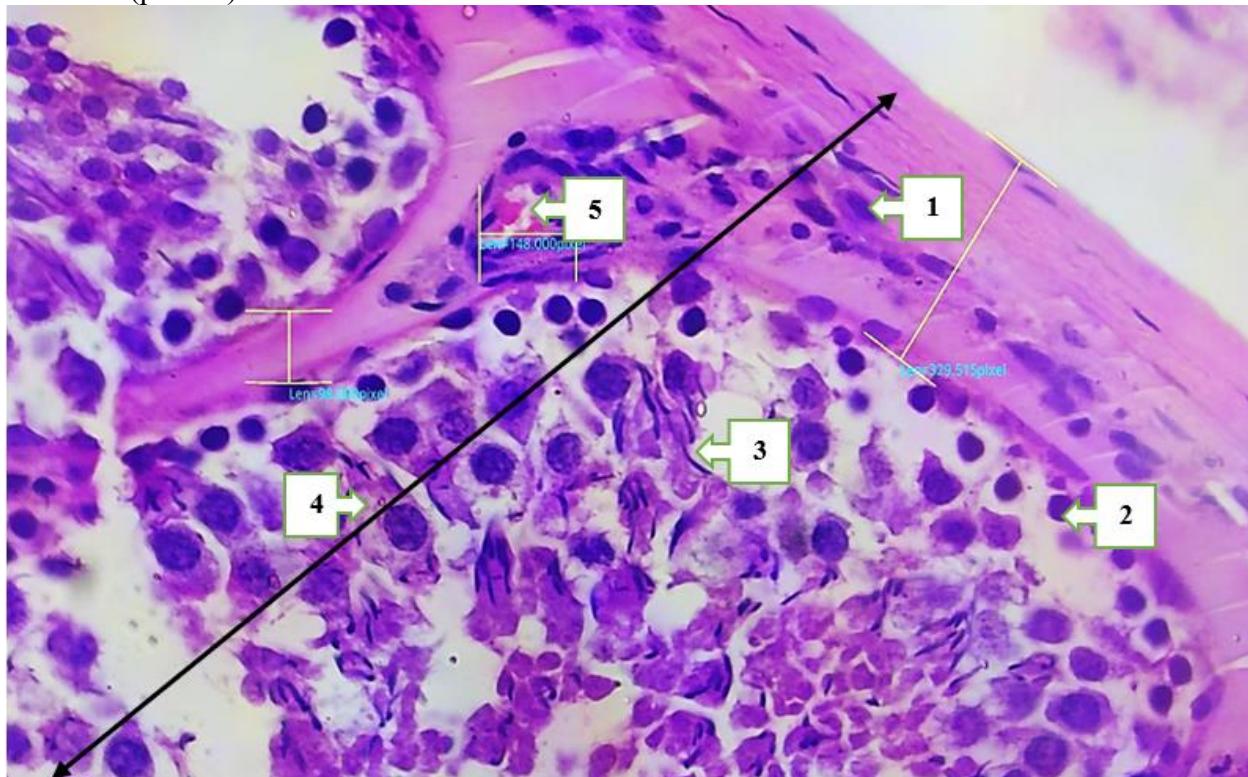


Рис. 1. Микроскопический рисунок семенника 6-месячной крысы при дефиците магния. Окраска гематоксилином-эозином Ок.20х40 об 1 -слой миоидных клеток: утолщён, клетки местами гипертрофированы, ядра более вытянутые и гиперхромные; 2 -ядра сперматогоний: часть сперматогоний уменьшена в размерах, некоторые ядра пикнотичны. Отмечается нерегулярное расположение вдоль базальной мембраны; 3- спермии: количество зрелых сперматозоидов в просвете канальца снижено; 4- эпителиосперматогенный слой: выраженные признаки дистрофии: разрыхление и местами — слущивание клеток сперматогенного эпителия; 5- отмечается полнокровие сосудов.

Площадь интерстициальной ткани. Доля интерстиция в поле зрения при дефиците магния сильно возрастает — примерно на 19 % (552,6 тыс. против 465,0 тыс. усл. ед., $p < 0,001$). Это может отражать отёк и/или разрастание соединительной ткани. Клетки Лейдига. На фоне расширения интерстиция число клеток Лейдига на участок ткани снижается с ~27,7 до ~25,2 ($\approx 9\%$, $p < 0,05$). То есть плотность стероидогенных клеток падает, что потенциально отрицательно сказывается на синтезе тестостерона.

Сравнительная таблица для семенников 6-месячных крыс контрольной и магний-дефицитных групп ($M \pm m$).

Показатель	Контроль (6 мес)	Mg-дефицит (6 мес)	p (Mg vs Ctrl)
------------	---------------------	-----------------------	---------------------



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Толщина белочной оболочки	117.6±3.6	132.2±2.6	0.007
Извитые семенные канальцы в 1 поле ($\times 100$)	10.3±0.3	8.9±0.2	0.002
Участки интерстиция между канальцами в 1 поле ($\times 100$)	14.3±0.4	16.0±0.5	0.013
Площадь поперечного сечения канальца (наружный контур)	59008.7±1642.2	62968.4±2289.9	0.097
Площадь просвета канальца	8365.6±226.2	10843.0±316.9	<0.001
Площадь сперматогенного эпителия (наружный – просвет)	46002.3±1334.3	40046.9±1166.3	0.008
Толщина сперматогенного эпителия	88.8±2.7	78.1±2.0	0.007
Клетки Сертоли на поперечный срез канальца	9.8±0.3	9.7±0.3	0.836
Сперматогонии на поперечный срез канальца	13.1±0.3	11.4±0.3	<0.001
Площадь сперматогония	85.2±1.7	79.4±2.3	0.062
Сперматоциты I порядка на поперечный срез	47.7±1.1	37.5±0.9	<0.001
Площадь сперматоцита	150.8±3.1	145.1±4.5	0.407
Круглые сперматиды на поперечный срез	237.5±5.9	183.5±2.8	<0.001
Площадь круглой сперматиды	40.4±1.2	37.1±1.2	0.106
Сперматозоиды в просвете канальца	398.6±8.9	316.7±7.3	<0.001
Площадь интерстициальной ткани в 1 поле ($\times 100$)	465039.2±10329.5	552563.2±15154.4	<0.001
Клетки Лейдига в участке интерстиция	27.7±0.8	25.2±0.6	0.020

Примечание: р — уровень достоверности по критерию Манна–Уитни при сравнении с контрольной группой 6-месячных крыс.

Заключение. У 6-месячных крыс с дефицитом магния в семенниках формируется более выраженный комплекс атрофически-дистрофических изменений, чем при дефиците железа: утолщение белочной оболочки и уменьшение числа извитых канальцев в поле зрения, расширение просвета канальцев при резком снижении площади и толщины сперматогенного эпителия, значимое уменьшение числа сперматогоний, сперматоцитов I порядка, круглых сперматид и сперматозоидов, увеличение объёма интерстициальной ткани с одновременным снижением плотности клеток Лейдига. Такая картина свидетельствует о том, что хронический дефицит магния у 6-месячных крыс приводит к глубокой дезорганизации структуры семенников и выраженному угнетению сперматогенеза и гормональной функции яичек.

Список литературы:

1. Смирнов, А. В., Паньшин, Н. Г., Смирнова, Т. Ф., Спасов, А. А., Черников, М. В., Харитонова, М. В., & Желтова, А. А. (2011). Морфологические изменения почек и семенников



TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI URGANCH FILIALI
JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI
1-TOM, 4-SON. 2025
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

крыс при экспериментальном моделировании алиментарного дефицита магния. Медицинский вестник Северного Кавказа, 23 (3), 73-75.].

2. Спасов А.А., Бугаева Л.И., Лебедева С.А., Гетманенко Андрей Юрьевич, Коржова Т.М., Кузубова Е.А., Мальцев М.В., & Бугаева Н.С. (2017). Влияние стандартизированного раствора минерала бишофит на состояние сперматогенеза крыс-самцов с алиментарным дефицитом магния. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета, (2 (62)), 15-19.

3. Maggio, M., De Vita, F., Lauretani, F., Nouvenne, A., Meschi, T., Ticinesi, A., Dominguez, L. J., Barbagallo, M., Dall'Aglio, E., & Ceda, G. P. (2014). The Interplay between Magnesium and Testosterone in Modulating Physical Function in Men. International Journal of Endocrinology, 2014, 525249. <https://doi.org/10.1155/2014/525249>.

4. Merker, H. J., Günther, T., Höllriegel, V., Vormann, J., & Schümann, K. (2009). Lipid peroxidation and morphology of rat testis in magnesium deficiency. Andrologia, 28(1), 43–51. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0272.1996.TB02756.X>

5. Chandra, A. K., Sengupta, P., Goswami, H., & Sarkar, M. (2013). Effects of dietary magnesium on testicular histology, steroidogenesis, spermatogenesis and oxidative stress markers in adult rats. Indian Journal of Experimental Biology, 51(1), 37–47

