

Состояние сперматозоидов и содержание тестостерона в сыворотке крови крыс-самцов после различной продолжительности воздействия электромагнитного излучения от мобильного телефона

Наталья Чуешова, Игорь Чешик

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси»

Изучали морфофункциональное состояние эпидидимальных сперматозоидов и содержание сывороточного тестостерона в сыворотке крови крыс-самцов, подвергнутых влиянию излучения от мобильного телефона (1745 МГц, 8 час/день фракциями по 30 мин с интервалом в 5 мин, ППЭ 0,2-20 мкВт/см², в режиме разговора) на протяжении 1, 7, 14, 30, 60 и 90-ти дней.

В ходе экспериментов получены данные, позволяющие оценить динамику содержания тестостерона в сыворотке крови крыс-самцов в зависимости от длительности облучения. Установлено статистически значимое снижение концентрации тестостерона на 1-е и 30-е сутки после 30-ти дневной экспозиции и выявлено его повышение на 1-е сутки после 14- и 60-ти суток облучения, и спустя 30-ть суток после 1, 60 и 90-ти дней экспозиции. Влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) от сотового телефона в течение 7-ми дней приводит к увеличению продукции зрелых половых клеток у неполовозрелых животных - раннее половое созревание, а более длительная экспозиция – к снижению их количества. Установлено значительное падение жизнеспособности сперматозоидов в первые сутки после всех сроков облучения. В отдаленном периоде (30-е) после прекращения электромагнитной экспозиции выявленные эффекты в значительной степени сохранялись.

Электромагнитное излучение, мобильный телефон (1800 МГц), сперматозоиды, количество, жизнеспособность, тестостерон.

Введение

Интенсивное возникновение все новых антропогенных источников электромагнитных полей (ЭМП) как на производстве, так и в быту привело к формированию нового фактора загрязнения окружающей среды - электромагнитного. Так если в конце XIX века электромагнитный фон Земли составлял $10^{-24} - 10^{-12}$ Вт/м², то в начале XXI века он достиг $10^{-1} - 10$ Вт/м² и продолжает неуклонно увеличиваться (Кудряшов, 2008). Уменьшение рождаемости, повышение мужского бесплодия, которое связывают со снижением качества спермы (количество, подвижность, форма) в настоящее время стало социальной проблемой (Brody, 2014), что может являться следствием стремительного электромагнитного загрязнения окружающей среды. СТ стали неотъемлемой частью повседневной жизни. Несмотря на низкую интенсивность этого излучения, воздействие которого носит нетепловой характер (Кудряшов, 2008), оно обладает высокой биологической активностью и способно вызывать нарушения в нервных структурах головного мозга и рецепторах слухового и вестибулярного анализаторов, так как при разговоре мы держим телефон возле уха и в этом случае головной мозг находится в поле ЭМИ и является критическим органом (Григорьев, 2016).

Несмотря на то, что полученные данные многих исследований весьма противоречивы, тем не менее в большинстве работ показано, что воздействие излучения СТ приводит к дегенеративным изменениям сперматогенного эпителия, снижению параметров сперматозоидов, изменению андрогенного статуса (La Vignera, 2012).

Учитывая повсеместность использования мобильных телефонов как взрослым населением, так и детьми школьного возраста представляется актуальным изучение влияния ЭМИ, генерируемого сотовым телефоном, на морфофункциональное

состояние мужской репродуктивной системы, начиная с ее формирования.

Целью настоящего исследования было изучение влияния электромагнитного поля, создаваемого мобильным телефоном на морфофункциональное состояние эпидидимальных сперматозоидов и содержание тестостерона в сыворотке крови крыс-самцов на 1-е и 30-е сутки после прекращения экспозиции.

Материалы и методы

Исследования выполнены на 144 белых крысах-самцах беспородной линии (исходный генотип Wistar) с исходным возрастом 50-52 дня и массой $139,0 \pm 5,9$ граммов. Все животные были разделены на две группы (n=72): 1. Контроль; 2. Животные, подвергнутые воздействию ЭМИ от СТ на протяжении от 1 до 90 суток. Контролем служили животные аналогичного возраста, содержащиеся в стандартных условиях вивария ГНУ ИРБ НАН Беларуси, получающие стандартный рацион, и воду без ограничений.

Все эксперименты проводились в соответствии с этическими нормами обращения с животными с соблюдением рекомендаций и требований «Европейской конвенции по защите экспериментальных животных» (Страсбург, 1986) и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными (1996).

Источником ЭМИ являлся мобильный телефон (MT) распространенной марки, подключенный к компьютеру с сервисной программой WinTesla, позволяющей управлять работой MT. Условия облучения животных: несущая частота 1745 МГц, 8 час/день, фракциями по 30 мин с интервалом в 5 мин, в режиме имитации разговора, т.е. излучение близкое по своим характеристикам к ЭМИ MT воздействующему на пользователя стандарта GSM при разговоре. Телефон размещался в центральной части рабочей

зоны (1×0,7 м), в которой находились 4 пластиковые клетки с животными. Плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ) в клетке измерялась прибором ПЗ-41 и находилась в пределах 0,2–20,0 мкВт/см², (в зависимости от удаленности от антенны МТ), составляя в среднем – 7,5±0,34 мкВт/см².

На 1- и 30-е сутки после прекращения воздействий животных декапитировали, собирали кровь, получали сыворотку, в которой определяли содержание тестостерона методом иммуноферментного анализа (ООО «Хема-Медика», РФ) на микропланшетном фотометре TECAN SAFEIRE (Австралия), извлекали органы репродуктивной системы.

Из эпидидимиса выделяли сперматозоиды, количество которых подсчитывали в камере Горяева, определяли их жизнеспособность методом суправитального окрашивания эозин-нигрозином, как описано ранее (Чушова, 2016).

Статистическая обработка данных проводилась общепринятыми методами биологической статистики, используя пакеты программ Excel и GraphPad Prism 5. При сравнении двух независимых групп по количественному признаку применяли непараметрический критерий Mann-Whitney (U-test). Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

На рисунке данные представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm SE$).

Результаты

У крыс-самцов после однодневной экспозиции и у контрольных животных зрелых половых клеток не выявляется в связи с возрастом животных (рис 1, а).

В то же время продукция спермиогенеза, оцениваемая по количеству эпидидимальных сперматозоидов, показывает, что относительно кратковременное облучение в течение 7 сут оказывает стимулирующее влияние на репродуктивную систему облученных крыс-самцов, что отражается на количестве половых клеток. Их число статистически значимо увеличивается по сравнению с контролем на 216%.

Облучение в течение 14 суток не вызывает существенных различий в количестве зрелых половых клеток у экспериментальных и контрольных животных. Более длительное воздействие на протяжении 30- и 60-ти дней повышает количество сперматозоидов до 130,5 и 109,1% по отношению к контролю, а при 90 дневной экспозиции – снижается, но эти изменения не носят статистически значимого характера.

На 30-е сут после электромагнитного воздействия различной продолжительности изменения в количестве сперматозоидов, выделенных из эпидидимиса, незначительны и не носят достоверного характера, за исключением их падения почти на 24% после 7-и дневной экспозиции, несмотря на то, что на 1-е сут после прекращения облучения их число значительно превышало контрольный уровень, и после воздействия в течении 60-ти дней – на 13,3% по сравнению с контролем (рис 1, б).

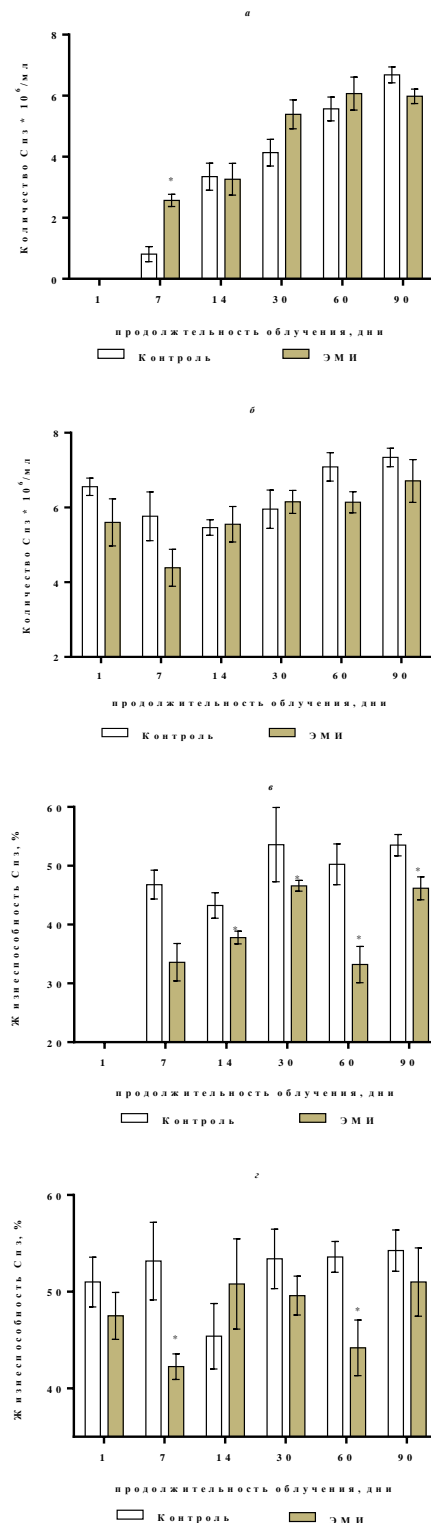


Рис. 1. Количество (а, б), жизнеспособность (в, г) эпидидимальных сперматозоидов крыс-самцов на 1-е (а, в) и 30-е (б, г) сутки после прекращения влияния ЭМИ СТ на протяжении 1, 7, 14, 30, 60 и 90-ти дней

Fig. 1. The number (A), the viability (B) of the epididymal spermatozoa of male rats at the 1st and 30th days after the cessation of influence of EMP CT for 1, 7, 14, 30, 60 and 90 days

Жизнеспособность эпидидимальных сперматозоидов на 1-е сут после прекращения электромагнитной экспозиции на протяжении от 1 до 90 дней значительно падает и в подавляющем

большинстве опытов носит достоверный характер (рис 1, в). Максимальное снижение этого показателя составляет 29,2 и 34,0% ($p < 0,05$) соответственно после 7- и 60-дневного облучения. На 30-е сутки после прекращения облученных животных в течение 7 и 60 дней жизнеспособность сперматозоидов остается сниженной и составляет 79,5 и 82,5%, в то время как при 14-дневной экспозиции этот показатель выше на 12% при сравнении с контрольным уровнем (рис 1, г).

В ходе экспериментов получены данные, которые позволили оценить динамику содержания тестостерона в сыворотке крови экспериментальных животных на 1- и 30-е после 1, 7, 14, 30, 60 и 90-ти дней влияния низкоинтенсивного излучения, создаваемого СТ (рис 2, а). Необходимо отметить снижение его концентрации на 1-е и 30-е сутки после 30-ти дневной экспозиции на 42,5 и 75,8% соответственно ($p < 0,05$, рис 2, а, б).

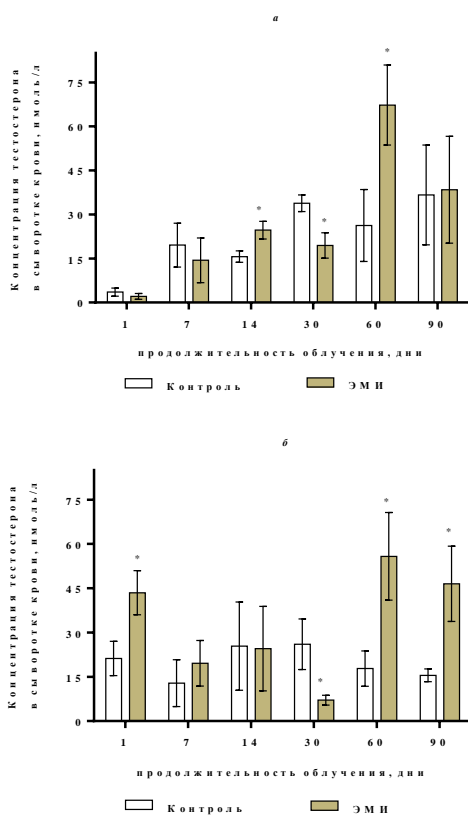


Рис. 2. Содержание тестостерона в сыворотке крови крыс-самцов на 1-е (а) и 30-е (б) сутки после прекращения влияния ЭМИ СТ на протяжении 1, 7, 14, 30, 60 и 90-ти дней

Fig. 2. The content of testosterone in the serum of male rats on the 1st (a) and 30th (b) days after the termination of the influence of EMR CT for 1, 7, 14, 30, 60 and 90 days

В значительной степени выявлено статистически значимое повышение данного показателя на 57,60 и 156,6 % на 1-е сутки после 14-ти и 60-ти суток облучения, и спустя 30-ть суток после 1, 60 и 90-ти дней экспозиции на 105,0, 213,8 и 200,1% по отношению к контролю.

Обсуждение

Несмотря на то, что ЭМИ МТ низкоинтенсивное, его влияние носит кумулятивный характер и

опосредовано, через нервно-эндокринную систему, способно оказывать влияние на функциональную активность органов и тканей организма (Markov, et al. 2015).

Результаты проведенных нами исследований позволяют характеризовать влияние ЭМИ СТ как фактора способного вызывать нарушения в состоянии мужской репродуктивной системы. Наиболее важным обстоятельством, свидетельствующим о негативном влиянии ЭМП сотовой связи на репродуктивную систему самцов, является обнаруженное нами устойчивое снижение жизнеспособности сперматозоидов как при кратковременном, так и длительном воздействии исследуемого фактора.

Эти данные согласуются с исследованиями Оуеоро et al. (2017) на крысах-самцах Wistar и De Iulii, et al., (2009) на образцах спермы мужчин. Ими также было установлено снижение количества сперматозоидов их подвижности и увеличение фрагментации ДНК в них. Авторы предположили, что причиной выявленных нарушений в сперматозоидах может являться окислительный стресс, возникающий в результате гиперпродукции активных форм кислорода, которая приводит к повышенному содержанию 8-гидрокси-2-дезоксигуанозина, концентрации МДА, снижению СОД в сыворотке крови. Исследователи пришли к выводу, что с увеличением времени воздействия выявленные нарушения увеличиваются.

В исследовании Wang et al. (2003) было установлено, что основными изменениями в мужской репродуктивной системе вызванными влиянием ЭМИ СТ являются снижение количества клеток Лейдига и деструктивные изменения в семенных канальцах. Эти нарушения в результате приводят к снижению синтеза тестостерона, нарушениям процесса сперматогенеза и повреждению ДНК сперматозоидов.

Однако в отличие от этих работ в нашем эксперименте наблюдалась стимуляция продукции спермиогенеза, особенно при кратковременном воздействии ЭМИ., что подтверждается данными исследований Mailankot et al. (2009) на крысах-самцах, подвергшихся влиянию ЭМИ РЧ, излучаемого GSM-телефоном (0,9/1,8 ГГц) в течение 1 ч/сутки на протяжении 4 недель.

Полученные нами данные о концентрации тестостерона в сыворотке крови экспонированных животных в ряде случаев указывают на его повышение, особенно после длительного облучения. Напротив, в исследовании Meo et al. (2010) на 2-х месячных крысах-самцах Wistar, которых подвергали ЭМИ СТ на протяжении 3-х месяцев по 30 и 60 мин/день, было установлено снижение концентрации тестостерона в сыворотке крови, которое коррелировало с увеличением времени экспозиции.

Результаты наших исследований частично согласуются с имеющимися в литературе данными, а различия эффектов, вероятно, связаны с разными интенсивностями воздействий используемых устройств. Тем не менее, можно определенно утверждать о значимости ЭМИ СТ как потенциально негативного фактора в отношении мужской

репродуктивной системы, особенно в период ее формирования и развития.

Выводы

1. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ от СТ на крыс-самцов полового созревания приводит к раннему половому созреванию животных, которое выражается в усилении продукции спермиогенеза. Длительная экспозиция на протяжении 60-ти и 90-ти дней, напротив, вызывает снижение количества эпидидимальных сперматозоидов

2. Выраженный эффект влияния кратковременного и длительного воздействия ЭМИ СТ проявляется в снижении жизнеспособности сперматозоидов, на всех сроках наблюдения.

3. Полученные данные о концентрации тестостерона в сыворотке крови экспериментальных животных носят противоречивый характер. Тем не менее, влияние ЭМИ МГ в течение 30-ти дней приводит к его снижению, и в значительной степени – повышению после 14- и 60-ти дней экспозиции.

4. В отдаленном периоде - 30-е сут после электромагнитного облучения восстановление выявленных нарушений исследуемых показателей в основном незначительно.

5. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что воздействие ЭМП СТ с низкой ППЭ, может являться негативным фактором, приводящим к нарушениям в состоянии мужской репродуктивной системы, особенно в период ее формирования.

Литература

1. BRODY, SA. Мужское бесплодие и окислительный стресс: роль диеты, образа жизни и пищевых добавок. *Андрология и генитальная хирургия*, 2014, № 3, с.33-41.
2. DE IULIIS, GN., THOMSON, LK., MITCHELL, LA., et al. DNA damage in human spermatozoa is highly correlated with the efficiency of chromatin remodeling and the formation of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine, a marker of oxidative stress. *Biology of Reproduction*, 2009, Vol. 81, p. 517–524.
3. MAILANKOT, M., KUNNATH, AP., JAYALEKSHMI, H. et al. Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics*, 2009, Vol. 64 (6), p. 561–565.
4. MARKOV, M., GRIGORIEV, Y. Protect children from EMF. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2015, Vol. 34 (3), p. 251–256.
5. MEO, SA, AL-DREES, AM., HUSAIN, S. et al. Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in Wistar albino rats. *Saudi Med*, 2010, Vol. 31 (8), p. 869-873.
6. LA VIGNERA, S., CONDORELLI, RA., VICARI, E., et al. Effects of the Exposure to Mobile Phones on Male Reproduction: A Review of the Literature. *J. Androl*, 2012. Vol. 33, № 3, p. 350–356.
7. OYEWOPO, AO., OLANIYI, SK., OYEWOPO, CI. et al. Radiofrequency electromagnetic radiation from cell phone causes defective testicular function in male Wistar rats. *J. Repr. Endocr. & Infertility*, 2017, Vol. 2, N 1:22, p. 1-5.
8. WANG, SM., WANG, DW., PENG, RY. et al. Effect of electromagnetic pulse irradiation on structure and function of Leydig cells in mice. *Zhonghua Nan Ke Xue*, 2003, Vol. 9, p. 327–330.
9. ГРИГОРЬЕВ, ЮГ., ГРИГОРЬЕВ, ОА. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. М.: Экономика; 2016, 574 с.
10. КУДРЯШОВ, ЮБ., ПЕРОВ, ЮФ., РУБИН, А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. Учебник для вузов. – М. Физматли, 2008, 184 с.
11. ЧУЕШОВА, НВ. Сравнительный анализ эффектов кратковременного и длительного электромагнитного облучения мобильным телефоном (1800 МГц) на репродуктивную систему крыс-самцов. *Весці НАН Беларусі. Сер. мед. Навук*, 2016, № 3, с. 74-7.

Natalya Chueshova, Игорь Чешик

The spermatozoa status and testosterone content in the blood serum of male rats after different duration exposure to electromagnetic radiation of the mobile phone

Summary

The purpose of this research is to study the morphofunctional state of epididymal spermatozoa and the serum testosterone content of male rats exposed to radiation from a mobile phone (1,745 MHz, 8 hours/day by fractions of 30 minutes with an interval of 5 minutes, power density 0,2-20,0 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\bar{x} = 7,5 \pm 0,34 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, in the talk mode) for 1, 7, 14, 30, 60 and 90 days.

In the course of the experiments, data were obtained that made it possible to evaluate the dynamics of testosterone content in the serum of male rats as a function of the duration of irradiation. A statistically significant decrease in the testosterone concentration was observed on the 1st and 30th days after the 30-day exposure and, to a large extent, its increase was observed on the 1st day after the 14- and 60-day exposure, and after 30 day after 1, 60 and 90 days of exposure. The influence of EMR from a cell phone for 7 days leads to an increase in the production of mature sex cells in immature animals - early puberty, and a longer exposure - to a decrease in their number. A significant drop in the viability of spermatozoa during the entire irradiation period was established. In the long-term (30th) period after the termination of the electromagnetic exposure, the observed effects do not decrease.

Male rats, electromagnetic radiation, mobile phone (1745MHz), spermatozoa, amount, vitality, testosterone

Получено в марте 2018 г., подписано в печать в апреле 2018 г.

Наталья Чуешова. Научный сотрудник, соискатель лаборатории эндокринологии и биохимии Государственного научного учреждения «Институт радиобиологии НАН Беларуси». Адрес: ул. Федюнинского 4, 246007, г. Гомель, Беларусь. Тел. +375296929571, адрес эл. почты: natalya-chueshova@tut.by.

Natalya Chueshova. Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus, researcher. Address: Fedyninskogo Str. 4, Gomel, Republic of Belarus, 246007. Tel +375296929571, e-mail: natalya-chueshova@tut.by.

Игорь Чешик. К.м.н., доцент директор Государственного научного учреждения «Институт радиобиологии НАН Беларуси». Адрес: ул. Федюнинского 4, 246007, г. Гомель, Беларусь. Тел/факс (0232) 57 – 07 – 06, адрес эл. почты: igor.cheshik@gmail.com.

Igor Cheshik. Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus, Director, PhD in Med. Sc., Assoc. Prof. Address: Fedyninskogo Str. 4, Gomel, Republic of Belarus, 246007. Tel/facs (0232) 57 – 07 – 06, e-mail: igor.cheshik@gmail.com