

инфицирования и более длительное течение инфекции у студентов с ВПР, может указывать на уязвимость данной группы к COVID-19 инфекции [3].

### **Выводы**

В нашем исследовании среди студентов с ВПР перенесших COVID-19 инфекцию значимо выше число повторных случаев заражения ( $p = 0,0015$ ) по сравнению со студентами без врожденной патологией. Также среди опрошенных с ВПР выше число ( $p = 0,02$ ) студентов, перенесших COVID-19 инфекцию в более тяжелой форме.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Назаров, Ф. Ю. Течение вирусной пневмонии COVID-19 у больных с врожденным пороком сердца у молодых лиц / Ф. Ю. Назаров, Ю. Ш. Назаров, Ф. К. Азизова // Scientific progress. 2022. Т. 3, № 2. С. 891–894.
2. Чубуков, Ж. А. Непараметрические методы и критерии медико-биологической статистики: учеб.-метод. пособие / Ж. А. Чубуков, Т. С. Угольник. Гомель: ГомГМУ, 2012. 16 с.
3. Ларина, В. Н. Влияние коронавирусной инфекции (COVID-19) на сердечно-сосудистую систему/ В. Н. Ларина, М. Г. Головкин, В. Г. Ларин // Вестник РГМУ. 2020. № 2. С. 5–13.

**УДК 599.323.4+591.463.1+538.56**

## **ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОКОЛЕНИЯ КРЫС-САМЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ ОДНОГО ИЛИ ОБОИХ ОБЛУЧЕННЫХ РОДИТЕЛЕЙ**

**Майоров И. О.**

**Научные руководители: к.б.н. Н. В. Чуешова<sup>1</sup>;  
старший преподаватель К. А. Кидун<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Государственное научное учреждение**

**«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»,**

**<sup>2</sup>Учреждение образования**

**«Гомельский государственный медицинский университет»,**

**г. Гомель, Республика Беларусь**

### **Введение**

В связи с глобальным изменением электромагнитной обстановки на Земле, существенный вклад в которую вносит внедрение подвижной сотовой радиосвязи, как источника электромагнитного излучения (ЭМИ), актуальным является вопрос о влиянии данного фактора на здоровье людей, и особенно на развивающийся организм [1–2]. Особо актуальным является вопрос о влиянии данного вида ЭМИ на состояние репродуктивной системы как мужчин, так и женщин. Иными словами — может ли воздействие ЭМИ от источников мобильной связи на одного или обоих родителей в дальнейшем отразиться на здоровье их потомков, которое зависит от качества генетического материала и репродуктивного здоровья как мужчины, так и женщины.

Учитывая современную социальную проблему растущего мужского бесплодия [3–5], представляет интерес изучение морфофункциональных изменений в мужской репродуктивной системе экспериментальных животных, полученных от родителей, один из которых или оба подвергались длительному воздействию ЭМИ от МТ, что позволит установить чувствительность гонад к воздействию фактору на состояние репродуктивной системы в поколении.

### **Цель**

Выяснение последствий длительного влияния электромагнитного излучения от мобильного телефона (1745 МГц, 8 ч/день фракциями по 30 мин с интервалом в 5 мин, 90 сут) на организм крыс-самцов и самок, при дальнейшем их спаривании с необлученными животными, на рождаемость, распределение по

полу полученного поколения, а также на состояние репродуктивной системы потомства крыс-самцов в возрасте 2 и 4 месяца.

### **Материал и методы исследования**

Исследования выполнены на белых крысах самцах и самках линии Вистар, возрастом 52–54 дня и массой для самок —  $158,1 \pm 3,7$ ; самцов —  $142,5 \pm 4,0$  г на начало эксперимента. Животные 24 самца и 24 самки были разделены на две группы:

1-я — 12 самок и 12 самцов не подвергавшиеся облучению;

2-я — 12 самок и 12 самцов, подвергавшиеся воздействию излучения ЭМ поля от МТ на протяжении 3-х месяцев.

Далее облученных и необлученных самцов и самок спаривали в соотношении 1:1 в следующих комбинациях:

1) необлученные самки с необлученными самцами (группа контроля);

2) облученные самки с облученными самцами;

3) необлученные самки с облученными самцами;

4) облученные самки с необлученными самцами.

В каждой группе использовали по 6 животных одного пола. От самок в дальнейшем получали потомство, количество которого учитывали для каждой самки. У полученного поколения в возрасте 1 месяц определяли количество самцов и самок и массу их тела. Изучение морфофункционального состояния репродуктивной системы рожденных крыс-самцов проводили при достижении ими возраста 2 и 4 месяца.

При достижении потомством определенного возраста самцов декапитировали, собирали кровь, а также выделяли семенники, эпидидимисы и семенные пузырьки. Массу репродуктивных органов измеряли на аналитических весах (Ohaus EX, Switzerland, с точностью 0,1 мг) — абсолютная масса семенников, эпидидимисов и семенных пузырьков (АМС, АМЭ, АМСП), с последующим расчетом их относительной массы (ОМ). Из эпидидимиса выделяли сперматозоиды, количество которых подсчитывали в камере Горяева [6], определяли их жизнеспособность методом суправитального окрашивания эозин-нигрозином [7]. Анализировали структуру хроматина сперматозоидов на наличие одно- и двухцепочечных разрывов цепи ДНК путем окрашивания акридиновым оранжевым — метод SCSA (Sperm Chromatin Structure Assay) по [8]. Количество сперматозоидов с фрагментированной ДНК подсчитывали с использованием проточного цитометра (Cytomics FC 500, Beckman Coulter, США).

В сыворотке крови определяли содержание тестостерона методом иммуноферментного анализа (ООО «Хема-Медика», РФ) на микропланшетном фотометре TECAN SAFEIRE (Австралия).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием электронных таблиц «Microsoft Office Excel 2016» и пакета статистических программ «Graph Pad Prism 8.3». Для оценки нормальности распределения числовых признаков был применен критерий Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. Значимость наблюдаемых отличий двух независимых групп по количественному признаку оценивали с помощью параметрического критерия Стьюдента (t-критерий Стьюдента) в случае нормального распределения признаков и непараметрического критерия Манна — Уитни (Mann — Whitney, U-test) при значениях, отличающихся от закона нормального распределения.

Различия считали статистически значимыми при вероятности ошибки менее 5 % ( $p < 0,05$ ).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Установлено снижение массы тела у потомства самцов и самок в возрасте 1 мес., рожденного от обоих облученных родителей на 12,3 ( $p = 0,003$ , t-test) и на 16,2 % ( $p = 0,001$ , U-test). Масса тела рожденных крыс-самцов в возрасте 2 месяца не

достигала контрольного значения и оставалось сниженной. Более значительное снижение имело место у потомства, рожденного от обоих облученных родителей — на 9,7 % ( $p = 0,03$ , t-test). У данной группы в возрасте 2 месяца установлено снижение АМС и АМЭ на 6,7 ( $p = 0,02$ , t-test) и 7,1 % ( $p = 0,02$ , t-test), и увеличение ОМСП на 18,9% ( $p=0,05$ , t-test). Выявленные изменения сохранялись и у 4-месячных животных. Установлено снижение ОМС у 4-месячного потомства, полученного от родителей, где облучался только самец (на 5,5 %,  $p = 0,02$ , t-test) и самка (на 8,6 %,  $p = 0,004$ , t-test). Тенденция в увеличении массы семенных пузырьков у потомства в возрасте 2 месяца сохранилась у 4-месячных животных, рожденного от обоих облученных родителей (на 8,4 % — ОМСП,  $p = 0,04$ , t-test) и в группе, где экспозиции в ЭМП подвергалась только самка (на 18,3 % — АМСП,  $p = 0,004$ , t-test).

Длительное воздействие низкоинтенсивного ЭМИ МТ (на протяжении 90 дней) на организм самцов и самок крыс, и дальнейшее их спаривание с необлученными и облученными животными, не приводило к изменениям в рождаемости, но сказалось на соотношении полов рожденного потомства. А именно, воздействие ЭМИ от МТ как на обоих родителей, так и только на самцов приводило к увеличению доли самцов у рожденного потомства и составляло 1,2 и 1,3 соответственно, и напротив, в группе необлученных животных и где облучалась только самка данный коэффициент составлял 0,9 и 0,6 соответственно, что указывает на превышение количества рожденных самок над самцами.

Установлено снижение количества сперматозоидов у крыс-самцов в возрасте 2 месяца, полученных от необлученной самки и облученного самца — на 13,6 % ( $p = 0,03$ , t-test) и облученной самки и необлученного самца на 30,4 % ( $p = 0,0002$ , t-test). Снижение продукции сперматозоидов сохранялось и у 4-месячных животных, полученных от обоих облученных родителей — на 14,5 % ( $p = 0,04$ , t-test), и от необлученной самки и облученного самца — на 11,9 % ( $p = 0,05$ , t-test). Выявлено снижение жизнеспособности эпидидимальных сперматозоидов у потомства крыс-самцов в возрасте 2 месяца во всех экспериментальных группах на 12,4 ( $p = 0,006$ , t-test), 16,2 ( $p = 0,01$ , t-test) и 18,4 % ( $p = 0,003$ , t-test), соответственно.

### **Выводы**

Выявленные особенности изменений в морфофункциональном состоянии репродуктивной системы полученного потомства крыс-самцов дают основание полагать, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение от мобильного телефона способно вызывать трансгенерационные изменения и является фактором, приводящим к угнетению генеративной функции в поколении.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Стожаров, А. Н. Медицинская экология: учеб. пособие / А. Н. Стожаров. Минск : Выш. шк., 2007. 368 с.
2. Григорьев, Ю. Г. От электромагнитного смога до электромагнитного хаоса. К оценке опасности мобильной связи для здоровья населения / Ю. Г. Григорьев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018. Т. 63, № 3. С. 28–33.
3. Different periods of intrauterine exposure to electromagnetic field: Influence on female rats' fertility, prenatal and postnatal development / Ali S. H. Alchalabi [et al.] // Asian Pacific Journal of Reproduction. 2016. Vol. 5, № 1. P. 14–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjr.2015.12.003>.
4. Brody, S. A. Мужское бесплодие и окислительный стресс: роль диеты, образа жизни и пищевых добавок / S. A. Brody // Андрология и генитальная хирургия. 2014. № 3. С. 33–41.
5. Чуешова, Н. В. Последствия длительного воздействия электромагнитного излучения частоты мобильного телефона (1745 МГц) на морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов и их потомство / Н. В. Чуешова, Ф. И. Висмонт // Доклады нац. акад. наук Беларуси. 2019. Т. 63, № 2. С. 198–203.
6. Влияние радиационного облучения на витаминный статус и сперматогенез крыс / В. В. Евдокимов [и др.] // Бюл. эксп. биол. и мед. 1997. Т. 123, № 5. С. 524–527.
7. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5th ed. Geneva. WHO Press, 2010. P. 26–28.
8. Evenson, D. P. Sperm Chromatin Structure Assay: Its Clinical Use for Detecting Sperm DNA Fragmentation in Male Infertility and Comparisons with Other Techniques / D. P. Evenson, K. L. Larson, L. K. Jost // J. Andrology. 2002. Vol. 23, № 1. P. 25–43.