

Шибкова Дарья Захаровна

д-р биол. наук, главный научный сотрудник

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Шилкова Татьяна Викторовна

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический университет»

Ефимова Наталья Владимировна

д-р биол. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-
педагогический университет»

г. Челябинск, Челябинская область

**ОТДАЛЕННЫЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ
НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
У ПОТОМСТВА ОБЛУЧЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

Аннотация: в данной статье проведено экспериментальное исследование влияния неионизирующего электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с частотой 925 ± 3 МГц, длительностью импульса СВЧ 570 ± 10 мкс на процессы созревания эритроцитов в костном мозге у потомства облученных мышей линии СВА при разных моделях спаривания. Авторами было установлено, что при 5-суточном воздействии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в костном мозге у потомства облученных животных развиваются отдаленные цитогенетические эффекты – увеличение числа нормохромных (НХЭ) и полихроматофильных (ПХЭ) клеток с микроядрами на фоне повышения доли эритроидных клеток.

Ключевые слова: неионизирующее электромагнитное излучение, радиочастотный диапазон, мыши линии СВА, цитогенетические эффекты, микроядра, эритроидный росток костного мозга.

Изучению биологических эффектов неионизирующего электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) на организм человека и животных посвящены работы отечественных и зарубежных авторов [1, 3, 5]. У экспериментальных животных установлено влияние электромагнитного излучения на функционирование нервной, иммунной, репродуктивной систем и системы крови. Одним из актуальных направлений исследований воздействия ЭМИ РЧ на биообъекты является определение цитогенетических эффектов у облученных животных и их потомства [2, 8]. Однако вопрос о развитии отдаленных эффектов влияния ЭМИ РЧ у потомства облученных животных остается дискуссионным.

Цель исследования – изучить отдаленные цитогенетические эффекты влияния неионизирующего электромагнитного излучения у потомства облученных животных при разных моделях спаривания.

Организация и методы исследования. Исследование проводили на базе научно-исследовательской лаборатории «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» (ЮУрГГПУ). Источником неионизирующего электромагнитного излучения служила лабораторная исследовательская СВЧ-установка. В исследовании использовали 1-месячное потомство облученных мышей линии СВА ($n=30$). Родительские особи обоего пола в возрасте 1 месяца были подвергнуты воздействию ЭМИ дециметрового диапазона в дальней зоне излучателя, с несущей частотой 925 ± 3 МГц и длительностью импульса СВЧ 570 ± 10 мкс. Средняя плотность потока мощности (ППМ) эквивалентной плоской волны (S) была равна $1,2$ мВт/см 2 (12 Вт/м 2) и соответствовала предельно допустимой энергетической экспозиции (200 мкВт·ч/см 2), принятой Санитарными правилами и нормами ЭМП РЧ (Россия). Длительность экспозиции – 10 мин ежедневно в течение 5-ти суток. Излучатель располагали сверху над животными на расстоянии, равном длине волны электромагнитного излучения.

Контрольную группу животных (родительские особи, «ложное облучение») помещали в специальную камеру, как и экспериментальных животных, не

подвергая воздействию ЭМИ. Потомство от экспериментальных животных было разделено на три группы в соответствии с моделями спаривания: 1-я – потомство от контрольных самок и самцов; 2-я – потомство от облученных самок и самцов; 3-я – потомство от облученных самок и самцов группы «ложное облучение».

Определение частоты микроядер в полихроматоильных эритроцитах (ПХЭ) и нормохромных эритроцитах (НХЭ) костного мозга мышей СВА проводили по методу Schmid (1975) [4]. При анализе препаратов костного мозга для выявления клеток с микроядрами просматривали 1000 ПХЭ, одновременно фиксируя количество НХЭ, в том числе клеток с микроядрами. Соотношение НХЭ и ПХЭ определяли отдельно для каждого животного в пересчете на 1000 эритроцитов.

Все работы с лабораторными животными проводили в соответствии с «Правилами лабораторной практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Министра здравоохранения РФ №708н от 23.08.2010г [6]. Результаты были подвергнуты статистической обработке с вычислением значений среднего арифметического (M) и ошибки среднего арифметического (m). Для сравнения средних групповых величин использовали t -критерий Стьюдента. Математические расчеты проведены с помощью пакета прикладных программ *Statistica 6.0*.

Результаты исследования. В ходе исследования были изучены отдаленные цитогенетические эффекты воздействия ЭМИ РЧ в эритроидном ростке костного мозга у 1-месячного потомства от облученных мышей линии СВА при различных моделях спаривания. В костном мозге у потомства облученных животных (2-я и 3-я группы) установлено достоверно значимое повышение количества ПХЭ и НХЭ с микроядрами по сравнению с потомством контрольной группы (рис. 1). Так в костном мозге у потомства от облученных самок и самцов мышей (2-я группа) произошло выраженное повышение количества ПХЭ и НХЭ с микроядрами (в 5,1 и 8,5 раза соответственно) по отношению к группе потомства, полученного от спаривания ложнооблученных родительских особей.

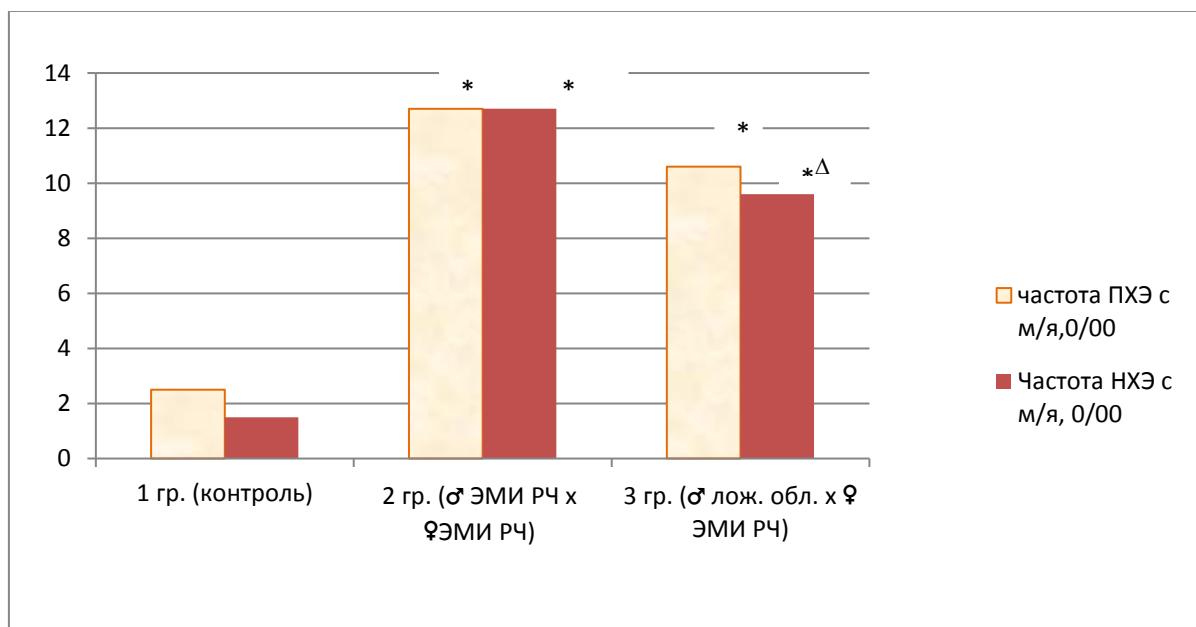


Рис. 1. Содержание ПХЭ и НХЭ с микроядрами в костном мозге экспериментальных животных, %

Примечание: * – достоверность различий с контролем ($p \leq 0,001$), Δ – достоверность различий между 2-й и 3-й группами ($p \leq 0,05$)

У потомства от облученных самок и ложно облученных самцов (3-я группа) выявлено достоверное повышение частоты встречаемости ПХЭ и НХЭ с микроядрами (в 4,2 и 6,4 раза соответственно) по сравнению с группой контроля. У потомства 2-й опытной группы отмечалось более выраженное увеличение частоты встречаемости НХЭ с микроядрами (на 3,1%; $p \leq 0,05$) по сравнению с показателями потомства группы облученных самок и ложно облученных самцов. Однако достоверных различий по количеству ПХЭ с микроядрами между животными 2-й и 3-й групп в исследовании установлено не было (рис.1).

В костном мозге у потомства мышей линии СВА, полученного при спаривании облученных родительских особей (2-я группа) было выявлено статистически значимое увеличение доли эритроидных клеток (на 23% по отношению к контролю) (рис. 2). Наряду с этим выявленная тенденция к снижению отношения ПХЭ/НХЭ у потомства 2-й и 3-й групп по сравнению с группой контроля [8] может свидетельствовать об активизации процессов созревания эритроидных клеток в костном мозге у потомства, полученного от животных, подверг-

нутых воздействию ЭМИ РЧ диапазона. Ранее подобные результаты были получены в экспериментальном исследовании [7] у потомства от самок мышей линии СВА, подвергнутых воздействию ЭМИ РЧ в период беременности.

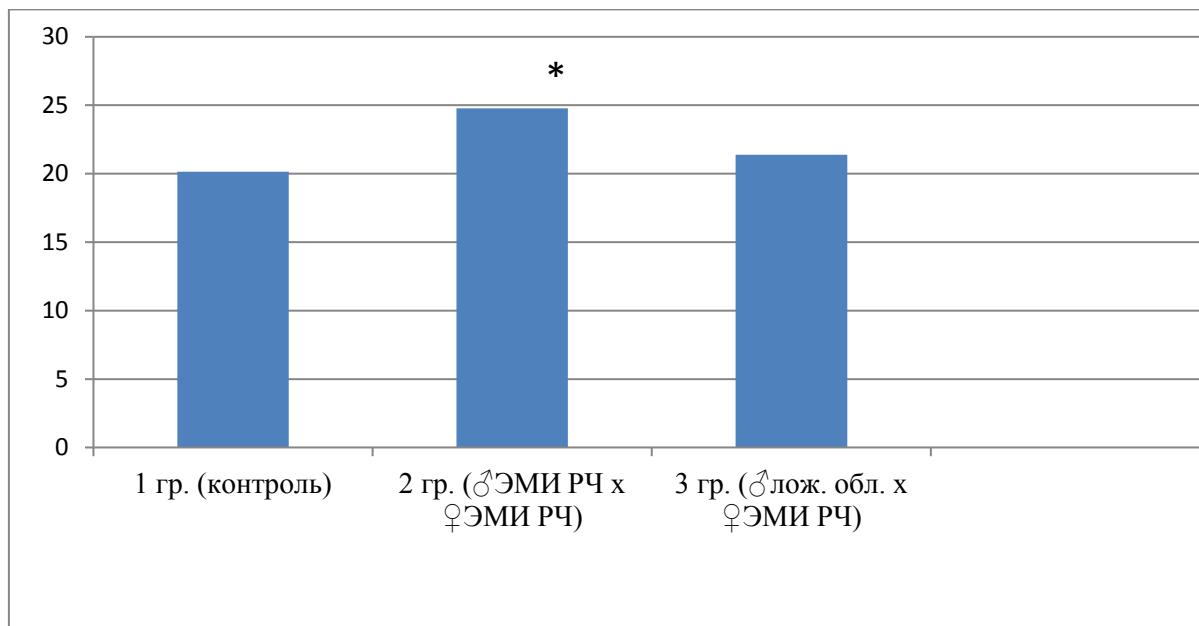


Рис. 2. Содержание эритроидных клеток в костном мозге, %

Примечание: * – достоверность различий с контролем ($p \leq 0,001$)

Результаты проведенного экспериментального исследования свидетельствуют о развитии цитогенетических эффектов у потомства от облученных животных при разных моделях спаривания. Установленные в исследовании практически сопоставимые частоты встречаемости ПХЭ и НХЭ с микроядрами у потомства, полученного от облученных самок и самцов и у потомства от облученных самок и ложнооблученных самцов, позволяют предположить, что решающее значение в наследовании клеточных аномалий принадлежит материнскому организму.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г. Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы – к оценке риска // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93. – №3. – С.11–16.

2. Ильинских Н.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова. – Томск: Изд-во Томс. ун-та, 1992. – 271 с.
3. Ruediger H.W. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields [Text] / H.W. Ruediger // Pathophysiology. – 2009. – Vol. 16 (2–3). – P. 89–102.
4. Schmid, W. Chemical mutagenesis in animals. The marrow of the Chinesehamster as an in vivo test system [Text] / W. Schmid, K. Boller // Haematologische Befundenach Behandlung mit Trenimon. Humangenetik. – 1975. – Vol. 11. – P. 35–54.
5. Полька Н.С. Полька Н.С. Функциональное состояние развивающегося организма, как критерий гигиенической регламентации электромагнитного поля 2750 МГц // Гигиена и санитария. – 1989. – №10. – С. 36–39.
6. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 23 августа 2010г. №708н г. Москва «Об утверждении Правил лабораторной практики» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902232487> (дата обращения: 30.04.2019).
7. Шибкова Д.З. Ранние и отдаленные эффекты влияния электромагнитного поля радиочастотного диапазона на репродуктивную функцию и морфофункциональное состояние потомства экспериментальных животных / Д.З. Шибкова, Т.В. Шилкова, А.В. Овчинникова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2015. – Т. 55. – №5. – С. 514–519.
8. Шибкова Д.З. Цитогенетические эффекты воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона у облученных экспериментальных животных и их потомства / Д.З. Шибкова, Т.В. Шилкова, А.В. Овчинникова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2018. – Т. 58. – №6. – С. 646–652.