

2. Организация рабочих мест учащихся как гигиенический фактор внутришкольной среды / Н. В. Карпович [и др.] // Здоровье и окружающая среда. – 2020. – № 30. – С. 86–91.

3. Гигиеническая оценка факторов внутришкольной среды и организации учебного процесса в общеобразовательных учреждениях Смоленска / Е. А. Цукарева [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 11(332). – С. 36–40. – DOI 10.35627/2219-5238/2020-332-11-36-40

4. Романовская, Е. Е. Оценка соответствия школьной мебели санитарно-гигиеническим требованиям / Е. Е. Романовская // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации : Материалы VIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. В 2-х частях, Новосибирск, 04–06 декабря 2019 года / Под редакцией А.С. Хомченко. – Часть 1. – Новосибирск: Новосибирский государственный педагогический университет, 2019. – С. 153–155.

УДК 611.018+614.875+599.323.4

Е. С. Чуешова¹, Е. А. Щурова²

Научный руководитель: к.м.н., доцент В. Н. Бортновский¹

¹Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»,

²Государственное научное учреждение

«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»

г. Гомель, Республика Беларусь

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНОГО ОТВЕТА В СТВОЛОВЫХ КЛЕТКАХ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДИАПАЗОНА РАДИОЧАСТОТ

Введение

Широкое использование коммуникационных беспроводных устройств, таких как Wireless Fidelity (Wi-Fi) поставило перед научным сообществом новые задачи. Беспроводная сеть – Wi-Fi, включает в себя связь между точкой доступа и многими персональными устройствами – компьютеры, принтеры, игровые устройства, и является источником низкоинтенсивных электромагнитных полей. Популярность и распространенность портативных устройств, работающих на частоте 2,45 ГГц, стремительно растет, что вызывает озабоченность о возможном вредном воздействии данного вида излучения на организм [1]. С точки зрения рисков для здоровья, имеется мало данных о влиянии этого типа сигнала, и основная проблема сосредоточена на длительном его воздействии.

Основываясь на знании о высокой чувствительности стволовых клеток к влиянию различных стресс-факторов, например, воздействию ионизирующего излучения, представляется актуальным изучение влияния электромагнитного поля (ЭМП) устройств Wi-Fi на морфофункциональное состояние прогениторных клеток костного мозга – мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК) – клеток, обладающих высоким пролиферативным потенциалом и способностью дифференцироваться *in vitro* в различные типы клеточных линий.

Цель

Оценка морфофункционального состояния мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток костного мозга крыс-самцов в различные периоды постнатального развития в условиях хронического воздействия электромагнитного поля устройства Wi-Fi (2,45 ГГц).

Материал и методы исследования

Исследования выполнены на 100 белых крысах-самцах линии Вистар в возрасте 50–52 сут и массой 160,14±1,44 г на начало эксперимента. Все животные были разделены

на две группы: 1. Контроль (n=50). 2. Wi-Fi (n=50) – животные, подвергнутые воздействию ЭМП устройства Wi-Fi до достижения ими возраста 3-х, 6-, 9-, 12- и 18-ти, 24-х и 28-ти месяцев. Выбранные исследуемые возрастные периоды соответствуют таким возрастным категориям как молодой, взрослый, при старении, предстарческий и старческий организм. Все животные содержались в оптимальных условиях (с обеспечением температурного, светового режима, полноценного питания, защиты от инфекций, шума и других помех окружающей среды) вивария Института радиобиологии НАН Беларуси согласно санитарным правилам норм 2.1.2.12-18-2006 «Устройство, оборудование и содержание экспериментально-биологических клиник (вивариев)».

Источником ЭМП являлся маршрутизатор Netis WF2780. Облучение проводилось на частоте 2,45 ГГц, 24 час/день. Расстояние от источника излучения (роутер) до клетки составляло 20 см. Роутер размещался в центральной части рабочей зоны (1,2×0,8 м), в которой находилось 4 пластиковые клетки с животными. Во время облучения осуществлялся дистанционный контроль наличия электромагнитного поля. Плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ) в клетке измерялась прибором ПЗ-41 и находилась в пределах 0,26–1,56 мкВт/см².

Тканевым источником ММСК являлся красный костный мозг, полученный путем вымывания содержимого бедренной кости (после удаления эпифизов) физиологическим раствором, содержащим 10% сыворотку крупного рогатого скота (BioloT, РФ). Полученную клеточную взвесь центрифугировали на градиенте плотности Histopaque-1077 (плотность 1,077 г/мл) при комнатной температуре в течение 30 минут при 600 g, в результате чего получали кольцо мононуклеарных клеток – ММСК.

Проводили анализ клеточного цикла, апоптотической активности (н-р ANNEXIN V-FITC, Invitrogen), микроядерный тест, а также анализ на наличие одно- и двунитевых разрывов ДНК адаптированным методом, используемым для анализа структуры хроматина в сперматозоидах по Evenson, D. P. (Sperm chromatin structure assay, 2016). Детекцию и анализ вышеперечисленных показателей морфофункциональной активности ММСК проводили на проточном цитофлуориметре Cytomics FC 500 (Beckman Coulter, США), укомплектованным аргоно-ионным лазером с длиной волны 488 нм как описано в [2].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета статистических программ Graph Pad Prism 8.3. Значимость наблюдаемых отличий двух независимых групп по количественному признаку оценивали с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни (Mann – Whitney, U-test). Различия считали статистически значимыми при вероятности ошибки менее 5% ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ медиан выживаемости показал высокую жизнеспособность популяции костных ММСК на протяжении всего срока исследования и не выявил значимых различий между группами. У молодых животных (3 месяца), анализ выживаемости костномозговых ММСК показал статистически значимое увеличение доли An⁺PI⁻ клеток – в 5 раз ($p=0,002$) и клеток, имеющих двойное окрашивание – в 2,5 раза ($p=0,006$) при незначительном повышении числа некротических клеток 0,59 (0,57; 0,70) в группе облучения против 0,50 (0,43; 0,97) контрольного уровня. Тогда как, у взрослых животных (6 мес) экспериментальной группы сохранялась лишь тенденция в повышении доли клеток, находящихся на стадии раннего апоптоза. Тем не менее, при более длительном облучении обнаружено значительное увеличение количества клеток, находящихся на стадии раннего апоптоза: у 9-месячных животных – более чем в 8 раз ($p=0,009$), у 12-месячных – на 14,28 % ($p=0,05$) и у 24-месячных – в 4 раза ($p=0,03$) при сравнении с группой не-

облученных животных соответствующего возраста. Тогда как при старении – в возрасте 28 месяцев, установлено снижение данного показателя в группе облучения более чем в 3 раза ($p=0,02$).

Тест на наличие микроядер в клетках является универсальным маркером нарушения клеточного деления или фрагментации ядра во время апоптоза. Нами обнаружено статистически значимое ($p=0,001$) увеличение частоты микроядер в ММСК у облученных животных в возрасте 3 мес., что соответствовало 0,30 (0,30; 0,48), тогда как в контрольной группе показатель составил 0,20 (0,10; 0,20). Сравнивая медианы значений частоты микроядер у более взрослой группы животных обнаружено сохранение их к повышенному образованию, но данное изменение не носило статистически значимого характера.

Известно, что деление и созревание клеток, а также апоптоз сопровождаются многочисленными разрывами нитей ДНК под воздействием эндонуклеаз, поэтому изучение хроматина клеток является показателем, отражающим состояние наследственного аппарата. Нами было обнаружено снижение количества ДНК с одно- и двунитевыми разрывами в ММСК, статистически значимое в возрасте 9 (на 25,6%, $p=0,04$), 18 (на 62,9%, $p=0,002$) и 24 (на 65,4%, $p=0,03$) месяцев при значительном их увеличении – более чем в 4,5 раза ($p=0,02$) у организма при его старении – 28 месяцев.

Анализ ДНК-диаграмм распределения ММСК по фазам клеточного цикла показал снижение пролиферативной активности стволовых клеток у экспериментальной группы животных в возрасте 3 и 9 месяцев на 15,3 ($p=0,001$) и 19,8% ($p=0,01$), соответственно, и значительным ее повышением у 28-месячных – более чем в 3 раза ($p=0,04$), преимущественно за счет активации синтетической (S) и постсинтетической (G2/M) фаз клеточного цикла.

Таким образом, нами получены уникальные экспериментальные данные о характере изменений в морфофункциональном состоянии мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток костного мозга организма, подвергнутого хроническому воздействию ЭМП устройства Wi-Fi (2,45 ГГц) на различных этапах постнатального развития. Полученные данные являются обоснованием для внедрения новых критериев оценки при разработке гигиенических норм и правил к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека с точки зрения биологической обоснованности. Исследования в данном направлении имеют важное фундаментальное и прикладное значение и вносят существенный вклад в объективное понимание необходимости ограничений в использовании беспроводных технологий информационного обслуживания населения, гарантирующих их безопасность.

Выводы

Выявленные особенности изменений в морфофункциональном состоянии костных ММСК дают основание полагать, что хроническое воздействие низкоинтенсивного электромагнитного поля устройств Wi-Fi (2,45 ГГц, ППЭ=0,26-1,56 мкВт/см², 24 ч/день) является фактором, способным влиять на состояние стволовых клеток приводя к изменению их митотической активности и развитию патоморфологических состояний. Предложен механизм биологического действия ЭМП устройств беспроводной связи в развитие патоморфологических изменений в ММСК костного мозга, заключающийся в развитии механизмов физиологической адаптации проявляемый в элиминации поврежденных клеток с последующим истощением механизмов защиты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Grigoriev, Y. Methodology of Standards Development for EMF RF in Russia and by International Commissions: Distinctions in Approaches / Y. Grigoriev // Dosimetry in Bioelectromagnetics. Edited by Marko Markov. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Frankis Group, 2017. – P. 315–337.*

2. Чуешова, Н. В. Морфофункциональное состояние клеток костного мозга в условиях различной продолжительности воздействия электромагнитного поля устройства Wi-Fi / Н. В. Чуешова, Е. А. Щурова, И. А. Чешик, Е. С. Чуешова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / редкол. : С. И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2022. – С. 58–64.

УДК 611.81+ 577.175.82

В. М. Щемелев

Научный руководитель: к.б.н. Н. В. Чуешова

Государственное научное учреждение

«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»

г. Гомель, Республика Беларусь

ХРОНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ГОМЕОСТАЗ БИОГЕННЫХ МОНОАМИНОВ В СТРИАТУМЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Введение

В последние два десятилетия наблюдается заметный рост различных неврологических и психиатрических расстройств. Например, легкой депрессией страдает до 20 процентов населения. Считается, что эти расстройства могут быть вызваны не только генетически, но и экологическими факторами. Однако механизмы расстройств, вызванных факторами окружающей среды, до сих пор неизвестны. Одним из экологических факторов, который может иметь значение в данном контексте, является низкодозное ионизирующее излучение. Воздействие малых доз ионизирующего излучения на население значительно возрастает во всем мире. Источниками малых доз радиации являются медицинская диагностическая радиология, радиотерапия, атомные электростанции, ядерное загрязнение окружающей среды, а также частые авиа- и космические полеты [1]. Радиационное облучение оказывает различное влияние на мозг, поведение и когнитивные функции. Эти изменения в значительной степени зависят от дозы и продолжительности облучения. Стриатум – важный компонент мозга, контролирующей моторные, поощрительные и исполнительные функции. Эта древняя, филогенетически сохранившаяся структура образует центр, где инстинктивные, рефлекторные, быстрые движения и поведение в ответ на сенсорные стимулы и эмоциональное восстановление памяти пересекаются с медленными, запланированными движениями и рациональным поведением. Однако, необходимо отметить, что на данный момент существует ограниченное количество исследований, которые прямо связывают обмен биогенных моноаминов в полосатом теле с хроническим воздействием низких доз ионизирующего излучения. Дальнейшие исследования в этой области могут помочь лучше понять механизмы нарушений, развивающихся под воздействием факторов окружающей среды, включая ионизирующее излучение [2, 3].

Цель

Изучение метаболизма биогенных моноаминов в стриатуме головного мозга при хроническом фракционированном воздействии ионизирующего излучения.

Материал и методы исследования

Исследования выполнены на 20 мышах линии C57Bl/6. Все животные были разделены на две группы (n=10): 1. – Контроль. 2 – Облучение – животные, подвергнутые хроническому (фракционированное) низкодозовому облучению (фракции по 30 сГр/день, мощность дозы 0,3 сГр/мин, на протяжении 18 дней, суммарная доза – 5,4Гр) с помощью рентгеновской установки биологического назначения X-Rad 320 Precision X-ray Inc.