

готовность близнецов на любом этапе онтогенеза (в нашем случае в пожилом возрасте, потому что в этот период существенно заметна дискордатность). Исходя из этого, данный метод можно использовать достаточно широко, поскольку он прост и удобен в своем применении. Однако при использовании метода нужно принимать во внимание условия совместного или отдельного воспитания близнецов, а также социальную среду, в которой они находятся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова, А. П. Медицинская биология и общая генетика: учеб. пособие / А. П. Гаврилова, В. В. Потенко, Е. М. Бутенкова; под ред. А. П. Гавриловой. Гомель: ГомГМУ, 2012. 212 с.
2. Равич-Щербо, И. В. Роль среды и наследственности в формировании индивидуальности человека / И. В. Равич-Щербо; под ред. И. В. Равич-Щербо. М.: Педагогика, 1988. 336 с.
3. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Близнецы>. Дата доступа: 18.02.2022.

УДК 577.1+538.56+599.323.4

ГЛУТАТИОНЗАВИСИМАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ПЕЧЕНИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ Wi-Fi

Щемелев В. М., Чуешова Е. С.

Научные руководители: к.б.н. *Н. В. Чуешова*¹; *Д. О. Цымбал*²

¹Государственное научное учреждение
«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»,
²Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь

Введение

В настоящее время доказано, что в основе многих заболеваний человека и животных лежат процессы изменения структурно-функциональных свойств белков, нуклеиновых кислот, биомембран, и свободно-радикальные процессы окисления [1]. Протекание свободно-радикальных процессов вызывает особый интерес в связи с участием свободных радикалов в образовании утрачивающих свою биологическую роль модифицированных биомолекул, повреждении клеток и как следствие развития различного рода нарушений [2]. В этой связи, интересным представляется изучение метаболической активности печени, как органа, являющегося местом синтеза и обмена большого числа соединений, детоксификации продуктов метаболизма, а также синтеза жирных кислот, жиров, кетоновых тел, холестерина. Ранее было установлено, что низкоинтенсивное ЭМИ приводит к гиперпродукции активных форм кислорода [3], что, по нашему мнению, может негативно сказаться на антиоксидантной системе печени.

Цель

Изучение состояния антиоксидантной системы печени крыс-самцов различных возрастных групп, подвергнутых хроническому воздействию электромагнитного поля (ЭМП) оборудования Wi-Fi (2,45 ГГц).

Материал и методы исследования

Исследования выполнены на 40 белых крысах-самцах линии Вистар возрастом 50–52 сут и массой $160,14 \pm 1,44$ г на начало эксперимента. Все животные были разделены на две группы ($n = 8$): 1-я — контроль; 2-я — Wi-Fi — животные, подвергнутые воздействию ЭМП устройства Wi-Fi до достижения ими 3-х, 6- и 9-месячного возраста.

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 ЭМИ являлся маршрутизатор распространенной марки. 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 0,01–1,56 мкВт/см².

В цитозольно-микросомальной фракции спектрофотометрическим методом определяли активности супероксиддисмутазы (SOD), каталазы (Cat), глутатионпероксидазы (GPx), глутатионредуктазы (GR), глутатион-S-трансферазы (G-S-T), а в гомогенате ткани концентрации глутатиона связанного с белком (G-SS-Pr), протеиновых сульфгидрильных групп (Pr-SH), общих SH групп (T-SH), восстановленного глутатиона (G-SH), продуктов окисления белков (AOPP) [4–9]. Для расчета активности и содержания изучаемых показателей в гомогенате и цитозольно-микросомальной фракции ткани печени был определен общий белок по методу Лоури в модификации Петерсона [10]. Измерения оптической плотности выполнены на микропланшетном ридере Tecan Safire 2 (Tecan Ltd., Swiss) с использованием 96-луночных микропланшетов (Sarstedt).

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами биологической статистики, используя пакеты программ «Excel» и «GraphPadPrism 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 глутатионзависимой антиоксидантной системы печени крыс-самцов, подвергнутых хроническому воздействию ЭМП Wi-Fi на протяжении их раннего постнатального развития и до полной зрелости (9 мес.), показал различную чувствительность изучаемой системы на воздействующий фактор.

При изучении антиоксидантной системы печени крыс-самцов в возрасте 3 мес, установлено, близкое к статистически значимому, снижение активности SOD (на 15,8 %, $p = 0,06$), тогда как у 6- и 9-месячных животных данный показатель повышен, соответственно на 10 и 12,01 %, но данное изменение не носило статистически значимого характера.

Анализ ферментативной активности каталазы имеет важное значение при оценке защиты антиоксидантной системы организма. Нами не было отмечено отличий от контрольного значения активности Cat в группе облученных животных в возрасте 3 и 6 мес., но у 9-месячных животных данный показатель статистически значимо снижен на 7,3 % ($p = 0,03$).

Важную роль для жизнеспособности клетки играет контроль метаболизма и процессов развития, в значительной степени осуществляемый за счет тиол-дисульфидного обмена. Основу клеточного окислительно-восстановительного гомеостаза, с помощью которого может поддерживаться редокс-состояние тиольных групп белков, составляет отношение восстановленного (G-SH) и окисленного глутатиона [11]. Рассматривая реакцию глутатионзависимой антиоксидантной системы печени отмечено значительное повышение концентрации G-SH у облученных животных в возрасте 3 месяца — более чем в 2,5 раза ($p = 0,004$), а у 6-месячных — в 3 раза ($p = 0,06$).

Существенная роль в реакциях детоксикации пероксидов отводится работе GPx и G-S-T. В исследовании установлено снижение G-S-T при воздействии

ЭМП Wi-Fi у 3-месячных животных на 50,2 % ($p = 0,003$), что может сказаться в развитии деструктивных процессов в организме за счет накопления конечных продуктов перекисного окисления липидов вследствие уменьшения конъюгации их с GSH. У животных в возрасте 6 и 9 месяцев активность глутатион-S-трансферазы не отличалась от контрольного значения. К тому же обнаруженное увеличение содержания общего белка в печени 3-месячных животных (5,9 %, $p = 0,04$) может быть связано с увеличением синтеза G-SH.

Известно, что базовым механизмом центральной роли тиол-опосредованного окислительно-восстановительного (редокс) контроля в клеточном метаболизме является способность тиольных групп обратимо изменять свое редокс-состояние с последующим изменением конформационных, каталитических или регуляторных функций белка [Калинина]. В нашем исследовании установлено, вероятное, смещение редокс-баланса в сторону восстановленной формы тиолов, произошедшее, однако, не за счет ферментативной конверсии на что указывает отсутствие увеличения активности глутатионредуктазы, а при помощи интенсификации синтеза из аминокислот предшественников. Кроме того, значительные количества глутатиона могут накапливаться из-за снижения его конъюгирования под действием G-S-T с различными субстратами.

Выводы

Таким образом, выявленные изменения в состоянии антиоксидантной системы печени при хроническом воздействии ЭМП Wi-Fi на организм в период его формирования и развития указывают на неоднозначный характер ответа глутатионзависимой системы у экспериментальных животных различных возрастных групп. Наиболее значительные отклонения выявлены у молодых животных, что проявилось в угнетении ферментативного звена антиоксидантной защиты, при выраженном смещении редокс-баланса в сторону восстановленной формы тиолов в ткани печени. Полученные данные указывают на необходимость дальнейших более детальных исследований для уточнения механизмов повреждающего действия низкоинтенсивного электромагнитного поля диапазона радиочастот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gutteridge, J. M. C. Free radicals in biology and medicine / J. M. C. Gutteridge, B. Halliwell. Ed. 5th. Oxford. : Oxford University Press, 2015. 905 p.
2. Effects of long-term exposure of extremely low frequency magnetic field on oxidative/nitrosative stress in rat liver / N. Erdal [et al.] // J. Radiat. Res. (Tokyo). 2008. Vol. 49, № 2. P. 181–187.
3. Effects of acute electromagnetic field exposure and movement restraint on antioxidant system in liver, heart, kidney and plasma of Wistar rats: a preliminary report / J. Martínez-Sámano [et al.] // Int. J. Radiat. Biol. 2010. Vol. 86, № 12. P. 1088–1094.
4. Сирота, Т. В. Использование нитросинего тетразолия в реакции автоокисления адреналина для определения активности супероксиддисмутазы / Т. В. Сирота // Биомедицинская химия. 2013. Т. 59, № 4. С. 399–410.
5. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лабораторное дело. 1988. № 4. С. 44–47.
6. Моин, В. М. Простой и специфический метод определения активности глутатионпероксидазы в эритроцитах / В. М. Моин // Лаб. дело. 1986. № 12. С. 724–727.
7. Юсупова, А. Б. О повышении точности определения активности глутатионредуктазы эритроцитов / А. Б. Юсупова // Лаб. дело. 1989. Т. 4, № 19–21. — С. 13.
8. Sedlak, J. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent / J. Sedlak, R. H. Lindsay // Analytical biochemistry. 1968. Vol. 25. P. 192–205.
9. Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia / V. Witko-Sarsat [et al.] // Kidney international. – 1996. – Vol. 49, № 5. – P. 1304–1313.
10. Peterson, G. L. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable / G. L. Peterson // Analytical biochemistry. 1977. Vol. 83, № 2. P. 346–356.
11. Калинина, Е. В. Роль глутатиона, глутатионтрансферазы и глутаредоксина в регуляции редокс-зависимых процессов / Е. В. Калинина, Н. Н. Чернов, М. Д. Новичкова // Успехи биологической химии. 2014. Т. 54. С. 299–348.