

УДК: 612.833:612.014.426:616.006

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ПОПЕРЕЧНЫХ СРЕЗАХ ГИППОКАМПА НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫСЯТ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА MOTOROLA C 139

Ю.С. Гаркун, к.б.н.; А.А. Денисов; Е.Ю. Манина, к.б.н.

Институт физиологии НАН Беларуси

В опытах на срезах мозга крыс при воздействии электромагнитных излучений мобильного телефона в течение 1 мин в ответ на раздражение коллатералей Шаффера через 5–10 сек после начала воздействия в СА1 области гиппокампа обнаружено снижение амплитуды возбуждающих постсинаптических потенциалов, что свидетельствует об изменении эффективности синаптической передачи.

Ключевые слова: мобильные телефоны, синаптическая передача, гиппокамп

The decrease of excitatory postsynaptic potentials amplitude has been revealed in the experiments on rat brain slices under the influence of mobile phone electromagnetic radiation during 1 min in reply to Shaffer collaterals stimulation in 5–10 s after exposure to CA1 hippocampus area that testifies to alteration of synaptic transmission efficacy.

Key words: mobile phones, synaptic transmission, hippocamp

Производимые человеком магнитные поля сильно отличаются от естественного электромагнитного излучения света, так как они в большинстве случаев являются поляризованными, способны индуцировать когерентные вынужденные колебания электрических зарядов. Нарушение электромагнитных свойств клеток приводит к изменению их функций. О биологических эффектах, индуцированных электромагнитными полями различной частоты, сообщали многие группы ученых. Они включают в себя изменения внутриклеточных концентраций ионов, изменения в скорости синтеза различных биомолекул, изменения скоростей клеточной пролиферации, нарушения репродуктивных способностей, экспрессии генов и даже повреждения ДНК и смерть клетки [5]. Наиболее частыми жалобами пользователей мобильных телефонов являются нарушение сна, головная боль, нервозность или недомогание, слабость и затруднение концентрации внимания [6]. Показано, что электромагнитные поля не оказывают явно выраженного воздействия на электроэнцефалограмму покоя, но значительно изменяют ответы мозга во время постановки заданий на запоминание [4]. С этим согласуются результаты других авторов [3] о том, что мобильные телефоны могут оказывать вредное воздействие на мозг человека, индуцируя аномальные медленные волны электроэнцефалограммы у бодрствующих людей. Большинство исследований о возможности этих излучений вызывать раковые заболевания охватывали сравнительно короткие сроки, но недавно шведские ученые [2] доказали, что использование мобильного телефона в течение более 10 лет удваивает вероятность получения невриномы и глиомы слухового нерва. Молекулярные механизмы этих воздействий пока не выяснены.

Целью настоящего исследования было изучение

влияния электромагнитного излучения мобильных телефонов на функционирование нервной системы крыс при регистрации электрической активности нейронов срезов мозга млекопитающих *in vitro*.

Материалы и методы

Электрофизиологические исследования проведены на поперечных срезах (слайсах) гиппокампа 3–4-недельных крысят-самцов ($n=6$) [20, 33]. Крысят декапитировали, головной мозг помещали в охлажденный до 2–3°C раствор искусственной цереброспинальной жидкости, насыщенный карбогеном (смесь 95% O₂ и 5% CO₂). В ее состав входили (в мМ): 124.0 NaCl; 3.0 KCl; 1.25 KH₂PO₄; 1.2 MgCl₂; 2.0 CaCl₂; 26.0 NaHCO₃; 10.0 глюкоза, pH раствора 7.3–7.4. Из ткани головного мозга на микротоме изготавливали 4 слайса толщиной 400–450 мкм ($n=24$). Перед началом эксперимента срезы инкубировали в течение 1.5 ч при 28°C в растворе искусственной цереброспинальной жидкости, насыщенном карбогеном. Установка для регистрации электрической активности нейронов в СА1 области гиппокампа включала следующие компоненты: камеру, в которой в растворе искусственной цереброспинальной жидкости (при 31.0°C) находился срез гиппокампа, систему перфузии, систему оксигенирования (смесь 95% O₂ и 5% CO₂), систему термостатирования, поддерживавшую с помощью элемента Пельтье заданную температуру, систему регистрации и электрической стимуляции. С целью стабилизации условий регистрации вызванных ответов в СА1 области гиппокампа использовали два прерывателя для разрывания электрического контура, образываемого водно-солевым раствором, что снижало уровень шумов при внеклеточной регистрации. Слайсы фиксировали с помощью стимулирующих и регистрирующих электродов.

Электрическое раздражение осуществляли через монополярный платино-иридиевый микроэлектрод с размером неизолированной области около 80 мкм. Регистрацию вызванных ответов проводили с помощью внеклеточного игольчатого платино-иридиевого микроэлектрода с протяженностью неизолированной области около 50 мкм. Фиксируемый внеклеточный электрический сигнал отфильтровывали в диапазоне 10 Гц – 5 кГц, переводили из аналоговой формы в цифровую с частотой дискретизации 10 кГц и сохраняли на жестком диске персонального компьютера. Регистрирующие микроэлектроды размещали в *stratum radiatum* и *stratum ruyamidale* CA1 области, что позволяло проводить мониторинг постсинаптических потенциалов и популяционных спайков между базальными дендритами CA1 области гиппокампа и апикальной областью пирамидальных нейронов. Электрическое раздражение коллатералей Шаффера осуществляли через монополярный платино-иридиевый микроэлектрод, который размещали в *stratum radiatum* на границе областей CA1 - CA3. С целью предотвращения передачи по коллатералам Шаффера к клеткам CA1 области спонтанной ритмической активности от пирамидальных нейронов CA3 области предварительно осуществляли рассечение ткани мозга на границе областей CA1 - CA3. Каждый стимулирующий импульс включал отрицательную и положительную фазы (амплитудой 20 мкА и длительностью 200 мкс).

В исходном состоянии наносили 20 парных стимулов с межстимульным интервалом в 50 мс и интервалом между парой стимулов в 6 с. После этого производили облучение среза электромагнитным полем сотового телефона "Motorola C 139" стандарта GSM 900 МГц. Телефон находился в режиме «вызов абонента», при этом звук и вибрацию отключали. Длительность воздействия на срез мозга в разных экспериментах составляла 1 и 60 с. Расстояние от среза мозга до антенны телефона – 1 см. После окончания облучения проводили регистрацию вызванных ответов в течение 2 минут. При этом коллатерали Шаффера раздражали парными стимулами, параметры которых были идентичны контрольным.

Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов проводили исследование эффектов кратковременного облучения срезов мозга электромагнитным полем сотового телефона на процессы генерации возбуждающих постсинаптических потенциалов и популяционных спайков в CA1 области гиппокампа. В контрольном периоде форма вызванных ответов имела характерный вид (рис. 1), и хорошо согласуется с литературными данными [1]. Амплитуда ответа достигала 100 мкВ, длительность – 4-5 мс.

При воздействии электромагнитного излучения гигагерцового диапазона на эффективность межклеточных коммуникаций в течение 1 с было уста-

новлено, что кратковременное облучение среза гиппокампа не вызывает изменения амплитуды и длительности как возбуждающих постсинаптических потенциалов, так и популяционных спайков (рис. 1-2).



Рисунок 1 – Вызванные ответы в CA1 области гиппокампа



Рисунок 2 – Вызванные ответы в CA1 области гиппокампа после кратковременного (1 с) облучения срезов мозга электромагнитным полем сотового телефона "Motorola C 139" стандарта GSM 900 МГц

В другой серии изучали влияние длительного воздействия электромагнитного излучения сотового телефона на процессы электрической активности нервных клеток. Исследования показали, что 60-секундное воздействие вызывает снижение амплитуды вызванных ответов, по сравнению с контролем (рис. 3-5).

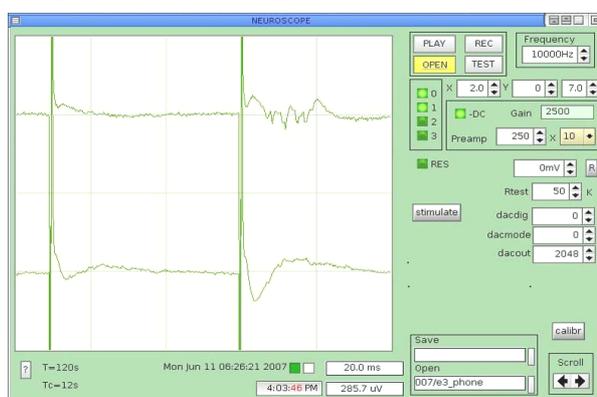


Рисунок 3 – Вызванные ответы в CA1 области гиппокампа до воздействия электромагнитного излучения сотового телефона "Motorola C 139"

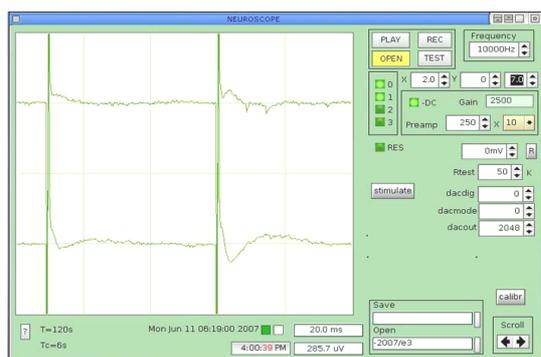


Рисунок 4 – Вызванные ответы в СА1 области гиппокампа после 1 мин воздействия сотового телефона “Motorola C 139”

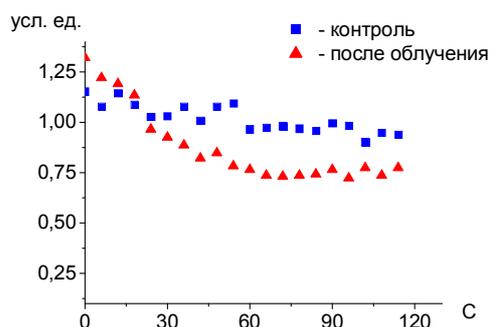


Рисунок 5 – Изменения амплитуд возбуждающих постсинаптических потенциалов (ответы в *stratum radiatum*) при стимуляции коллатералей Шаффера до и после воздействия на срез электромагнитного излучения сотового телефона. По оси ординат – амплитуда вызванных ответов, нормированная на усредненную амплитуду ответов в контрольном периоде до воздействия сотового телефона “Motorola C 139” (усл. ед.), по оси абсцисс – время в секундах (с)

Заключение

Таким образом, в ходе работы установлено, что электромагнитное излучение сотового телефона выражено влияет на процессы межклеточной коммуникации в срезах мозга. Учитывая современные сведения о том, что изменение эффективности синаптической передачи в гиппокампе рассматривается как аналог процессов запоминания и обуче-

ния, можно заключить, что аппараты сотовой связи при длительном регулярном использовании могут быть одной из причин, приводящих к нарушению когнитивных функций мозга. Основанием для такого заключения является уменьшение амплитуды вызванных ответов в гиппокампе в условиях воздействия электромагнитных излучений в диапазоне 900 МГц.

Вследствие этого, электромагнитное излучение гигагерцового диапазона гипотетически способно вызывать снижение скорости запоминания новой информации, поскольку в экспериментальных условиях на срезах мозга получены факты угнетения синаптической передачи в СА1 области гиппокампа. Этот факт целесообразно учитывать всем пользователям сотовой связи, особенно преподавателям и родителям, которым целесообразно ограничивать длительность разговоров по мобильному телефону детей и школьников. Объективный анализ полученных результатов возможен только после их сопоставления с данными других серий исследований и критического изучения существующих литературных сведений по данному вопросу.

Литература

1. Митюшов М.И., Емельянов Н.А., Мокрушин А.А. Переживающий срез мозга как объект нейрофизиологического и нейрохимического исследования. – Л.: Наука, 1986. – 127 с.
2. Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F et al. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for > or =10 years // *Occup. Environ. Med.* – 2007. – Vol. 64, № 9. – P. 626-632.
3. Kramarenko A.V., Tan U. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: a brain mapping study // *Int. J. Neurosci.* – 2003. – Vol. 113, № 7. – P. 1007-1019.
4. Krause C.M., Sillanmaki L., Koivisto M et al. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task // *Neuroreport.* – 2000. V. 11, №4. – P. 761-764.
5. Panagopoulos D.J., Margaritis L.H. *Mobile Telephony Radiation Effects on Living Organisms. Mobile Telephones.* – Nova Science Publishers, Inc. 2008. – P. 107-149.
6. Ruzli M, Moser M., Baldinini Y. et al. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure—a questionnaire survey // *Int. J. Hyg. Environ. Health.* – 2007. - № 2. – P. 141-150.

Поступила 08.04.09