

Чиженкова Р.А.

Институт биофизики клетки РАН, Россия, г. Пущино Московская область

ХОЛИНЭСТЕРАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ СТРУКТУР МОЗГА ПРИ СВЧ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация: На крысах установлено, что СВЧ облучение, вызывающее перестройки электрической активности коры больших полушарий, приводит к выраженным изменениям со стороны холинэстеразной активности, в частности АХЭ. Повышение уровня активности АХЭ возникает в первые минуты воздействия. Затем эффект определяется длительностью воздействия и элементами адаптации. Сделан вывод об участии АХЭ в развитии электрических реакций мозга на СВЧ облучение.

При изучении биологических эффектов неионизирующей радиации особый интерес представляет анализ ее влияния на деятельность головного мозга. В наших приоритетных исследованиях на основе операционных вмешательств и регистрации потенциалов от разных структур головного мозга было доказано, что ведущую роль в генезе электрических реакций мозга на действие электромагнитных полей различных частот (в том числе и СВЧ), а также магнитных полей, играет прямое влияние этих проникающих факторов на его структуры [4].

Работы относительно воздействия СВЧ облучения на деятельность центральных нейронов весьма немногочисленны. Причем наши исследования и в данном отношении являются также приоритетными [8-14]. История вопроса подробно изложена в соответствующих наших публикациях [7].

В настоящее время предполагается, что не только возникновение патологических состояний, но и организация нормальной деятельности нервной системы сопровождается изменениями со стороны холинэстеразных (ХЭ) ферментов. В связи с этим возник вопрос о состоянии ХЭ ферментов в структурах мозга при СВЧ обучении. Подробности медиаторных аспектов сенсомоторной коры подробно рассмотрены в нашей монографии [5].

Принято выделять две основные группы холинэстераз. Одна из них представляет ацетилхолинэстеразу, специфическую или истинную холинэстеразу, или ацетилгидролазу ацетилхолина (АХЭ). Другая - бутирилхолинэстеразу, неспецифическую или ложную холинэстеразу, или ацетилгидролазу

(БХЭ). Они имеют много общего, но в то же время характеризуются принципиальными различиями. С участием холинэстераз осуществляются процессы инактивации ацетилхолина (АХ) в центральной нервной системе. АХЭ, однако, активнее, чем БХЭ, инактивирует АХ в области постсинаптической мембраны, тогда как БХЭ быстрее, чем АХЭ, разрушает медиатор, вынесенный диффузией в межклеточное пространство и в кровь

Известно, что стимуляция разных модальностей приводит в сенсомоторной коре к повышенному выделению ацетилхолина [5]. Гистохимический анализ показывает, что в сенсомоторной коре холинэргические терминалы образованы в основном аксонами, поступающими в кору из нижележащих структур мозга. В принципе, холинэргические волокна преимущественно заканчиваются в глубоких слоях коры. Тем не менее, они прослеживаются на разных корковых уровнях, в том числе даже в слое I. Однако последние могут принадлежать не только подкорковым структурам, но и коллатералям аксонов пирамидных клеток глубоких слоев [5].

Задача данной работы заключалась в анализе состояния ХЭ системы в мозге при электрических реакциях одного на неионизирующую радиацию, в частности, поля СВЧ. Для облучения были выбраны параметры СВЧ воздействия, вызывающие уже известные, изученные нами, изменения ЭЭГ и нейронной активности [4, 8-14].

Полученные сведения были опубликованы лишь в тезисном варианте [3].

Методика

Работа проведена на 48 крысах (самцах) линии Вистар массой 140 г. Животных помещали в одиночные плексигласовые камеры с отверстиями для вентиляции. Облучение проводили полем СВЧ с длиной волны 37.5 см и ППМ 40 мВт/см². Продолжительность облучения составляла у I группы животных 5 мин., у II группы - 15 мин. и у III - 45 мин. В контрольных исследованиях животных помещали в те же камеры и на те же интервалы времени, но без СВЧ облучения. Все 6 групп (3 с облучением и 3 контрольных) включали по 8 животных. Особенности использованной методики подробно изложены в других работах [2].

Крыс забивали посредством декапитации непосредственно после истинного или ложного облучения. Кусочки мозга от подопытного и контрольного животного помещали на одном столике замораживающего микротомы и готовили срезы толщиной 15 мкм, которые в идентичных условиях обрабатывали гистохимическим методом по Карновскому-Рутс. Для оценки уровня активности ХЭ применялся "визуально-ранговый" метод. Достоверность сдвигов активности на срезах определяли на основе критерия знаков.

Результаты экспериментов

Активность ХЭ изучалась в двигательной коре (поля 4 и 6), соматосенсорной коре (поля 1 и 2) и лимбической (поля 24 и 29) полушарий мозга и в ряде подкорковых образований: вентромедиальном гипоталамусе и стриопаллидуме, в частности базальном ядре Мейнерта - отделе безымянной субстанции. Активность ХЭ в коре определялась в зонах наибольшей их концентрации: в V слое двигательной и соматосенсорной коры, во II слое поля 24 и в слитном слое II-IV поля 29 поясной извилины. Излагаемые здесь материалы касаются влияния СВЧ облучения на состояние АХЭ. Полученные сведения представлены на рисунках 1, 2 и 3 в приложениях.

При воздействии поля СВЧ в течение 5 мин. АХЭ активность во всех исследованных структурах мозга изменялась односторонне в виде четкого, хотя и статистически недостоверного, повышения (рисунки 1, приложение 1).

При 15-минутном СВЧ облучении наблюдалось весьма выраженное повышение активности АХЭ, статистически значимое для полей 29, 1 и 2, а также области локализации базального ядра Мейнерта (рисунки 2, приложение 2).

При 45-минутном СВЧ облучении изменения АХЭ активности не были так значительны, как при 15-минутном воздействии. Тем не менее, достоверное усиление активности имело место в полях 4 и 6 моторной коры и поле 24 (рисунки 3, приложение 3).

Таким образом, наблюдаемые изменения АХЭ показали, что общее воздействие СВЧ поля на крыс вызывает уже в первые минуты повышение уровня активности АХЭ в широком диапазоне структур мозга, включающем различные отделы коры больших полушарий и лимбические образования. Затем эффект несколько повышает интенсивность и изменяет свое распределение по структурам мозга.

Необходимо учесть, что нахождение животных в плексигласовых камерах в течение 5-45 минут во время опытов сказывалось на температуре внутри этих помещений. Однако наблюдаемые температурные отклонения были одинаковы как в контрольных исследованиях, так и при облучении и зависели только от времени нахождения в них животных (Табл. 1).

Таблица 1 - Температурные показатели в камере при воздействии на крыс поля СВЧ и в контроле

Продолжительность нахождения в камере	Условия	
	СВЧ	Контроль
5 мин	24.7°С	24.7°С
15 мин	25.7°С	25.7°С
45 мин	27.7°С	27.7°С

Обсуждение

Проведенные исследования показали, что реакция ХЭ системы мозга не только относительно быстро развивается при СВЧ облучении, но и широко захватывает кору больших полушарий и другие структуры мозга. Глобальный характер изменений ХЭ активности указывает на неспецифичность из-

менений. Такой эффект может иметь отношение к неспецифичности и самих ЭХ, поскольку АХЭ, как и БХЭ, помимо холинэстеразной, обладают амилазной и пептидазной активностью.

Вполне вероятно, что выявленные изменения ХЭ являются одним из компонентов адаптационных перестроек. Здесь могут играть определенную роль и возможность участия ХЭ во многих формах метаболизма, помимо процессов, связанных с АХ, и способность с большой скоростью распределяться в широких пределах по структурам головного мозга.

Существует определенное значение ХЭ в регулировании спонтанной активности нейронов коры больших полушарий [1, 6]. В предыдущих наших исследованиях также была установлена положительная роль ХЭ в происхождении вызванной активности корковых нейронов и в организации временной связи в нейронных популяциях коры больших полушарий [6]

Следует отметить, что на основе электрофизиологических подходов нами уже в какой-то мере изучены адаптационные процессы при действии СВЧ облучения, в частности, на импульсную активность нейронов коры больших полушарий [8-14]. На основе представленных здесь сведений вполне рационально предположить участие в данных адаптационных перестройках электрических процессов мозга отклонений со стороны уровня ХЭ под влиянием СВЧ.

Литература:

1Исакова А.В., Медникова Ю.С. Сравнительная роль ацетилхолина и норадреналина в регулировании спонтанной активности корковых нейронов // Журнал высш. нерв. деят. - 2006. - т. 56. - № 5. - С. 664-673;
2Чернышевская ИА. Гистохимия холинэстераз коры головного мозга. М.: Изд. "Наука", 1983. - 104 с.;
3Чиженкова Р.А., Чернышевская И.А. Влияние электромагнитного излучения СВЧ на холинэстеразную активность коры больших полушарий // Симпозиум "Механизмы биологического действия электромагнитных излучений. Тезисы докладов. - Пушино: Научный центр биологических исследований АН СССР. 1987. - Стр. 77-78;

4Чиженкова Р.А. Исследование роли специфических и неспецифических образований в электрических реакциях мозга кролика, вызываемых электромагнитными полями УВЧ и СВЧ и постоянным магнитным полем: Автореф. дис. канд. мед. наук. - М., 1966. - 22 с.;

5Чиженкова Р.А. Структурно-функциональная организация сенсомоторной коры (морфологический, электрофизиологический и нейромедиаторный аспекты). - М.: Наука, 1986. - 241 с.;

6 Чиженкова Р.А. Электрические следовые процессы в нейронных популяциях сенсомоторной коры: Автореф. дис. док. мед. наук. - М., 1991. - 30 с.;

7Чиженкова Р.А. Динамика нейрофизиологических исследований действия неионизирующей радиации во второй половине XX-ого века. - М.: Изд. дом Академии Естествознания, 2012. - 88 с.;

8Чиженкова Р.А. Импульсные потоки популяций корковых нейронов при низкоинтенсивном импульсном СВЧ-облучении: межспайковые интервалы // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2014. - Т. 54. - № 4. - С. 393-404;

9Чиженкова Р.А. Перестройки пачечной активности корковых нейронов при СВЧ облучении (0.2-0.3 мВт/см²): зависимость от ее исходных характеристик // Международный ж. прикладных и фундаментальных исследований - 2016. - №7. - С. 59-62;

10Chizhenkova, R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves // Bioelectromagnetics. - 1988. - V. 9. - No. 4. - P. - 337 - 345;

11Chizhenkova, R.A. Pulse activity of populations of cortical neurons under microwave exposures of different intensity // Bioelectrochemistry. - 2004. - V. 63. - No. 1/2. - P. 343-346;

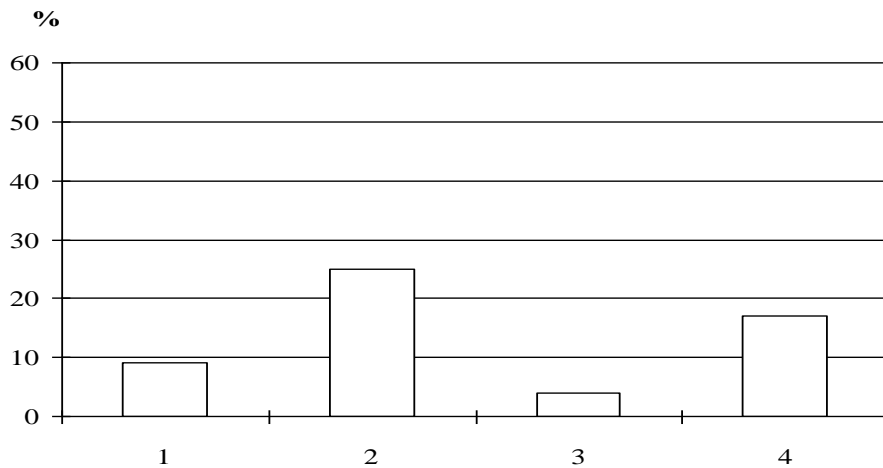
12Chizhenkova R.A. Impulse trains generated by populations of cortical neurons of rabbits exposed to low-intensity extrahigh-frequency electromagnetic radiation: bursting activity // Neurophysiology. - 2008. - V. 40. - No. 5/6. - P. 350-357;

13Chizhenkova R.A. Flows of populations of cortical neurons under microwave irradiation; burst activity // Biophysics. - 2010. - V. 55. - No. 6. - P. 1085-1093;

14Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Effect of low-intensity microwaves on the behaviour of cortical neurons // Bioelectrochemistry and Bienergetics.- 1993. - V. 30. - No. 1.- P. 287-291;

15Masri S., Patol V.R., Eckel-Maham K.L., Peleg Sh, and an. // PNAS - 2013. - V. 110. - No. 9 - P. 3339-3344.

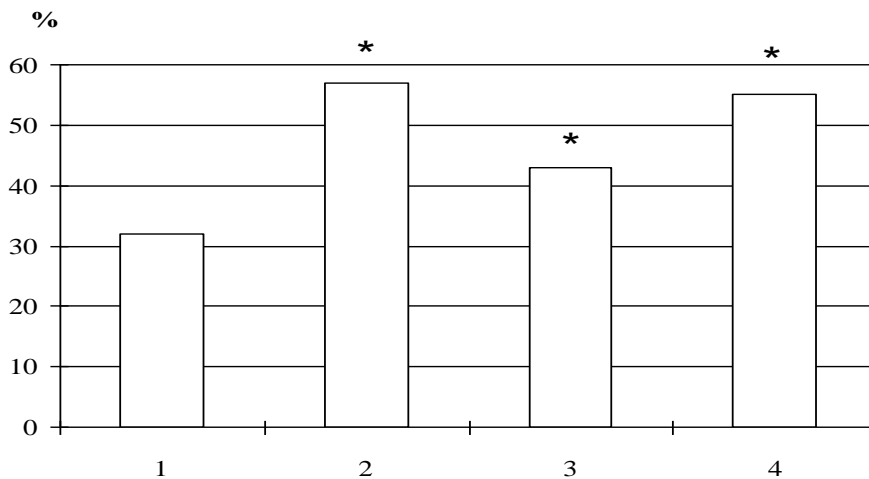
Приложение 1



1 - моторная кора; 2 - сенсорная кора; 3 - передняя подобласть лимбической коры; 4 - задняя подобласть лимбической. Высота столбцов - сумма положительных и отрицательных сопоставлений активности АХЭ, выраженное в % от общего числа сопоставлений.

Рисунок 1 - Влияние СВЧ облучения в течение 5 минут на АХЭ.

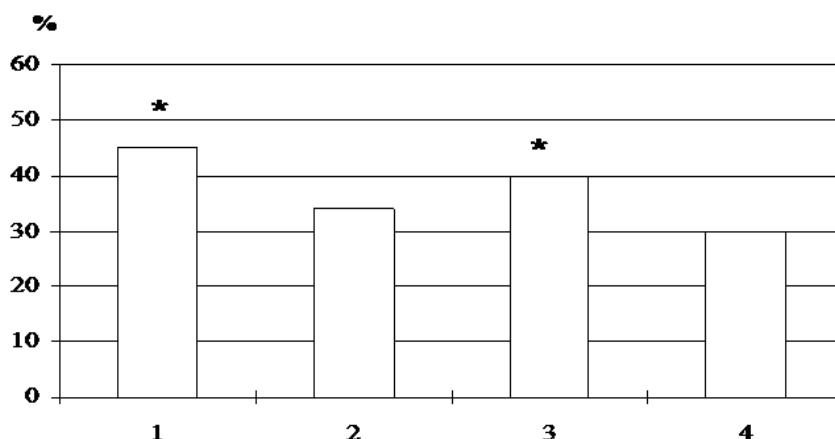
Приложение 2



1 - моторная кора; 2 - сенсорная кора; 3 - передняя подобласть лимбической коры; 4 - задняя подобласть лимбической. Высота столбцов - сумма положительных и отрицательных сопоставлений активности АХЭ, выраженное в % от общего числа сопоставлений. Звездочками отмечены достоверные сдвиги активности при $p < 0.01$

Рисунок 2 - Влияние СВЧ облучения в течение 15 минут на АХЭ.

Приложение 3



1 - моторная кора; 2 - сенсорная кора; 3 - передняя подобласть лимбической коры; 4 - задняя подобласть лимбической. Высота столбцов - сумма положительных и отрицательных сопоставлений активности АХЭ, выраженное в % от общего числа сопоставлений. Звездочками отмечены достоверные сдвиги активности при $p < 0.01$

Рисунок 3 - Влияние СВЧ облучения в течение 45 минут на АХЭ.

Чиженкова Р.А.

Институт биофизики клетки РАН, Россия, г. Пущино Московская область

ХОЛИНЭСТЕРАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ СТРУКТУР МОЗГА ПРИ СВЧ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация: На крысах установлено, что СВЧ облучение, вызывающее перестройки электрической активности коры больших полушарий, приводит к выраженным изменениям со стороны холинэстеразной активности, в частности АХЭ. Повышение уровня активности АХЭ возникает в первые минуты воздействия. Затем эффект определяется длительностью воздействия и элементами адаптации. Сделан вывод об участии АХЭ в развитии электрических реакций мозга на СВЧ облучение.

Р. А. Чиженкова

*РФА Жасуша биофизикасы институты, Мәскеу ауданы, Пущино қ-сы
chizhenkova@mail.ru*

АЖЖ ӘСЕРІНЕН МИ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ХОЛИНЭСТЕРАЗЛЫ БЕЛСЕНДІГІ

Аннотация. Егеуқұйрыққа жасалған зерттеулер АЖЖ сәулелену бас миының үлкен жартышарларында электр активтілігінің қайта құрылуын тудыра отырып холинэстеразлы белсенділік тарапынан айтарлықтай өзгістерге алып келетіндігі көрсетілді. Ацетилхолинэстераза деңгейінің белсенділігінің жоғарлауы әсер етудің бірінші минуттарында байқалады. Эффе́кт әсер ету узақтығымен және адаптация элементтерімен анықталады. Ацетилхолинэстераз АЖЖ сәулеленуге мидың электрлік реакциясының дамуына қатысатыны жәйлі тұжырым жасалды.

Chizhenkova R.A.

Institute of Cell Biophysics RAS, Russia 142290; Moscow region

chizhenkova@mail.ru

CHOLINESTERASE ACTIVITY OF STRUCTURES OF THE BRAIN UPON MICRO-WAVE RADIATION

Abstract. On rats it established, that microwave radiation, evoked rearrangements of electrical activity in the neocortex, leads to pronounced alterations of cholinesterase activity, specifically ACHE. Rise of level of activity of ACHE arises during first minutes of influence of microwaves. Afterwards effect depends on duration of influence and elements of adaptation. Conclusion about participation of ACHE in development of electrical reactions of the brain upon microwave radiation was done.