

УДК 591.481.1: 577.3: 011.891.5

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ СЛАБОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИПОКИНЕЗИИ НА АКТИВНОСТЬ МОНОАМИОКСИДАЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС

Мартынюк В.С.¹, Ислямов Р. И.²

¹*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
e-mail: mavis@science-center.net*

²*Крымский государственный медицинский университет им. С. И. Георгиевского
e-mail: ruslan@csmu.strace.net*

Исследовано влияние комбинированного действия слабого низкочастотного магнитного поля и гипокинетического стресса на активность моноамиоксидазы в разных структурах головного мозга животных. Анализ активности моноамиоксидазы в разных структурах головного мозга показал, что у животных, находящихся в условиях многодневного пребывания в переменном магнитном поле, развивается неспецифическая адаптационная реакция, характерная для реакции организма на ограничение подвижности. При этом одновременное воздействие указанных факторов потенцирует изменения активности данного фермента в основном в гипоталамусе.

Ключевые слова: Моноамиоксидаза, переменное магнитное поле, гипокинезия, головной мозг.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из достижений науки последних десятилетий является признание того факта, что слабые электромагнитные поля являются экологически значимым фактором, влияющим на многие биологические процессы. Природный электромагнитный фон, динамика параметров которого контролируется солнечной активностью и космической погодой в околоземном пространстве, а также земными метеорологическими, гидро- и литосферными процессами [1 – 3], постоянно воздействует на живые организмы. Частотно-амплитудный и экспозиционный диапазон природных электромагнитных полей крайне широк, однако большой интерес представляет диапазон крайне низких частот (КНЧ) 10^{-3} - 10^3 Гц, который согласно современным представлениям определяет чувствительных живых организмов к изменению земной и космической погоды. При этом вариации электромагнитного поля ионосферного волновода с центральной частотой 8 Гц являются одним из наиболее важных составляющих природного электромагнитного фона Земли, при этом показана биологическая активность слабого магнитного поля частотой 8 Гц [4, 5]. Известно, что интегральная реакция организма животных сильно зависит от исходного

физиологического состояния, в частности от того, находится ли организм в состоянии нормы или в состоянии стресса [6]. Однако, в настоящее время большинство работ посвящено поискам первичных механизмов действия электромагнитных полей, тогда как вопрос о зависимости реакции организма от исходного состояния недостаточно изучен.

Моноаминоксидаза (МАО) является ферментом, осуществляющим утилизацию моноаминов посредством их окислительного дезаминирования. Этот фермент играет важную роль в поддержании постоянных концентраций эндогенных моноаминов в тканях. Эта функция особенно важна для нервной ткани, где моноаминоксидаза является одним из ключевых ферментов, контролирующих уровень нейромедиаторов и активности разных нейромедиаторных систем в головном мозге животных и человека, и принимает участие в регуляции баланса процессов возбуждения/торможения в ЦНС [7]. Таким образом, базовый уровень активности данного фермента может использоваться как важный показатель функционального состояния разных отделов ЦНС.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы было исследование активности МАО в разных структурах головного мозга у животных, находящихся в разном физиологическом состоянии (норма и стресс) и подвергшихся многократному воздействию слабого переменного магнитного поля крайне низкой частоты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение эффектов слабого магнитного поля осуществляли на белых беспородных крысах, которые демонстрировали среднюю активность в тесте «открытого поля» и представляли основную часть популяции лабораторных животных. Исследования выполнены на 80 белых беспородных крысах-самцах в возрасте 5-7 месяцев, массой 180-250 г. Выбор крыс в качестве объекта исследования обусловлен тем, что, с одной стороны, эти животные являются наиболее часто используемым объектом для проведения массовых медико-биологических исследований, а с другой, - давно экспериментально установлена чувствительность этих животных к действию слабых ПемП различных диапазонов [8, 9].

Экспериментальных животных делили на 4 равноценных группы по 20 особей. I- группа – биологический контроль, животные составляющие эту группу не подвергались никаким воздействиям, II группу составили крысы, чья двигательная активность ограничивалась, животные III группы подвергались воздействию ПемП КНЧ, а крысы IV группы находились в клетках, ограничивающих их подвижность и подвергались действию ПемП СНЧ.

Для создания условий экспериментального ограничения подвижности животных использовали специальные пеналы из оргстекла, состоящие из ячеек, в которые помещались крысы. Размеры каждой ячейки составляли 140*60*60 мм. Такие условия обеспечивают существенное ограничение подвижности по всем направлениям. Стенки и дно каждой ячейки снабжены отверстиями, обеспечивающими в достаточной степени вентиляцию и выведение экскрементов животных. В описанных пеналах крысы находились по 23 часа в сутки. Во время оставшегося часа осуществляли кормление и уход за животными. Описанный метод

создания гипокинезии широко используется в экспериментальной биологии и медицине [10, 11] Следует подчеркнуть, что в литературе отсутствуют данные относительно стандартизации степени жесткости гипокинезии. Сопоставив нашу модель с описанными в литературе, а также учитывая нормы минимальной площади клетки на одно животное, можно считать, что в наших исследованиях создавали гипокинезию умеренной (средней) жесткости. Стрессируемых крыс содержали на том же самом стандартном пищевом рационе, как у животных других экспериментальных групп. На протяжении всех сроков эксперимента в виварии, где содержались все животные, поддерживалась постоянная температура.

В условиях ограниченной подвижности животных содержали в течение 9 дней. Согласно данным Н.А. Темуриянц и соавт. в такие сроки эксперимента у животных развивалась стадия тревоги к гипокинетического стресса [11, 12]. При этом в эти сроки регистрировалось выраженное стресс-лимитирующее действие низкочастотного магнитного поля.

Импульсное (меандр) магнитное поле частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл создавали с помощью колец Гельмгольца. Генератором сигналов служил генератор Г6-28, позволяющий создавать магнитные поля отдельных установленных частот и амплитуд. Индукцию, создаваемого ПемП, контролировали микротесламетром Г-79. Воздействия осуществляли по 3 часа в день, в течение 9 суток.

По окончании экспозиции животных декапитировали, быстро извлекали головной мозг, препарировали разные структуры головного мозга, замораживали при 20°C и использовали для получения гомогенатов на основе 0.05 М фосфатного буфера в соотношении 1 часть ткани и 10 частей буфера.

Активность моноаминоксидазы определяли по скорости окислительного дезаминирования серотонина. В пробирки, содержащие 2 мл 0,02М фосфатного буфера (рН 7,4), добавляли 0,02мл гомогената ткани и 0,5мл 0,15%-ного раствора серотонина, после чего инкубировали при 37°C в течение 180 минут. Параллельно готовили холостые пробы, которые вместо серотонина содержали 0,5мл воды. По окончании инкубации пробирки центрифугировали 5 мин 3000 об/мин, отбирали 2 мл надосадочной жидкости и переносили в пробирки, содержащие 0,1мл 0,1%-ного раствора 2,4-динитрофенилгидразина в 2М растворе соляной кислоты и 0,05мл 5%-ного раствора додецилсульфата натрия. Развитие окраски проводили при 4°C в течение 24 ч. Полученные пробы спектрофотометрировали при длине волны 400нм. Используя значение молярной экстинкции для динитрофенилгидразонов $\epsilon_M = 9500$ и принимая во внимание время инкубации и разведение образцов, активность фермента рассчитывали как $A = 0,743 \times (E_{хол} - E_{оп}) \times 10^{-9}$ моль/мг ткани мин.

О достоверности различий между средними значениями показателей в разных экспериментальных группах судили по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены результаты исследования активности моноаминоксидазы в разных структурах головного мозга у животных разных экспериментальных групп. Как видно у животных в состоянии нормы профиль активности фермента характеризуется достоверно более низкими значениями в коре

больших полушарий, чем в подкорковых и стволовых структурах головного мозга. Следует отметить, что для активности моноаминоксидазы характерна не ярко выраженная межполушарная асимметрия, которая удовлетворительно воспроизводится в экспериментах. Доминирующим по активности MAO у крыс является правое полушарие.

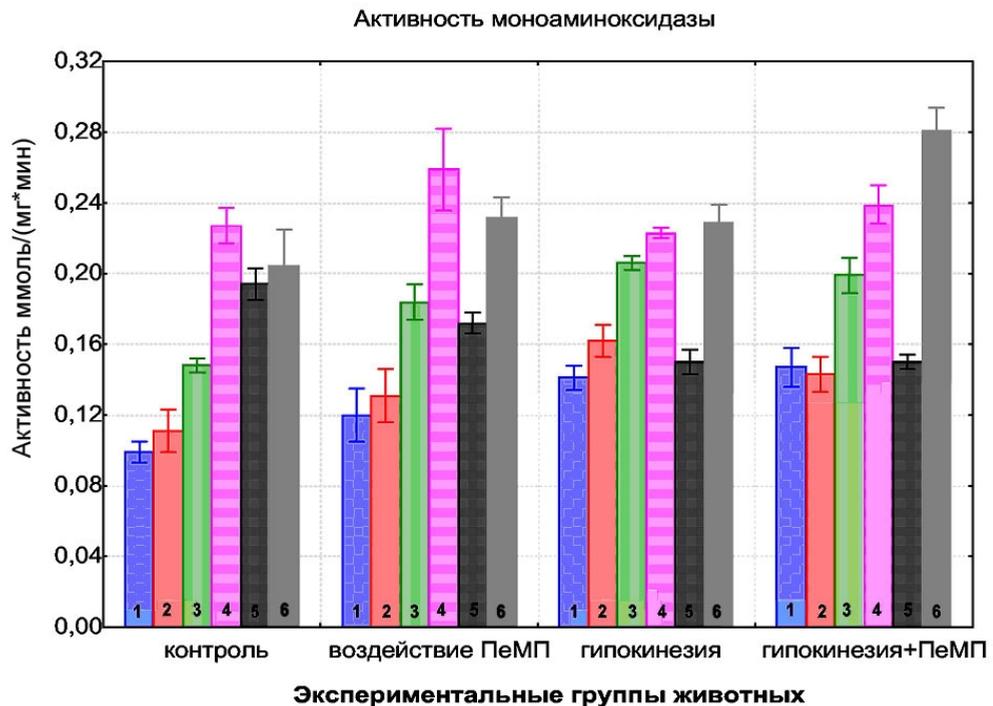


Рис.1. Активность моноаминоксидазы в разных отделах головного мозга у животных разных экспериментальных групп.

Примечания: 1 - в коре левого полушария; 2 - в коре правого полушария; 3 - в гипокампе; 4 - в миндалевидном теле; 5 - в таламусе; 6 - в гипоталамусе.

Многочисленное воздействие ПеМП КНЧ в целом оказывает стимулирующее действие на активность моноаминоксидазы практически во всех исследуемых структурах головного мозга животных, за исключением таламуса (рис.1). В данной структуре имела место лишь тенденция к снижению активности данного фермента на 12%.

Обращает внимание тот факт, что в результате 9-дневного ограничения подвижности имели место сходные с магнитнополевой группой закономерности в изменении активности моноаминоксидазы, только повышение активности фермента в коре больших полушарий и гипокампе по отношению к контрольной группе животных было более выраженным и имело достоверный характер. При этом характер межполушарной асимметрии для активности данного фермента сохранялся.

В то же время достоверные изменения активности фермента в миндалевидном теле и гипоталамусе не обнаружены, однако в таламусе имело место более существенное (на 23% , $p < 0,003$) снижение активности MAO. Вероятно, такие изменения активности фермента являются отражением особенностей динамики функциональных изменений таламуса в результате развития общей неспецифической адаптационной реакции в ответ на действие разнообразных факторов.

В эксперименте с одновременным действием ПеМП КНЧ и гипокинезии повышенная активность моноаминоксидазы в коре больших полушарий, гипокампе и таламусе сохранялась на уровне значений, характерных для стрессированных животных (рис.1), но межполушарная асимметрия не наблюдалась. В миндалевидном теле и гипоталамусе активность фермента была близкой к таковой у животных, подвергшихся только многократному воздействию ПеМП КНЧ. Это можно рассматривать как свидетельство того, что в реакцию на длительное воздействие ПеМП в большей степени вовлечены миндалевидное тело и гипоталамус, при этом адаптация к данному физическому фактору, первичные механизмы действия которого реализуются на молекулярно-клеточном уровне, наступает гораздо позже, чем на воздействия психофизиологической природы, связанные с ограничением подвижности животных.

Следует обратить внимание на тот факт, что как при многодневном воздействии ПеМП КНЧ, так и при ограничении подвижности, усиливалась разница между активностью MAO в таламусе и гипоталамусе, а при комбинированном действии данных факторов это различие было максимальным. На наш взгляд данный факт является еще одним подтверждением идеи о том, что слабое переменное магнитное поле воспринимается организмом как неспецифический раздражитель, в ответ на действие которого развивается неспецифическая адаптационная реакция, которая усиливается при одновременном действии дополнительных факторов, в частности гипокинезии. В связи с этим уместно ответить, что по показателю активности моноаминоксидазы "стресс-лимитирующий" эффект действия ПеМП не выявляется, хотя по показателям функциональной активности симпат-адреналовой и других функциональных систем организма системы такой антистрессорный эффект обнаруживается [11,12].

ВЫВОДЫ

1. ПеМП СНЧ и ограничение подвижности повышает активность MAO в разных отделах головного мозга крыс.
2. При одновременном воздействии гипокинезии и ПеМП СНЧ потенцируется изменения активности данного фермента в основном в гипоталамусе.

Список литературы

1. Пресман А.С. Электромагнитное поле и живая природа. / А.С. Пресман - М.: Наука, 1968. - 310 с.
2. Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу атмосферу. / Б.М. Владимирский ., Н.А. Темуриянц . -М.:Изд-во МНЭПУ, 2000. - 374 с.
3. Александров В.В. Экологическая роль электромагнетизма. / В.В. Александров - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2005. - 716 с.

4. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире./ Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. - Киев: Наукова думка. - 1992. - 188 с.
5. Мартынюк В.С. У природы нет плохой погоды: космическая погода в нашей жизни. / Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М. - Киев, 2008. - 179 с.
6. Кулагин Д.А. Нейрохимические аспекты эмбриональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке / Д.А. Кулагин, В.К. Болондинский // Успехи физиологических наук.- 1986.- Т. 17,- №1.- С. 92-109.
7. Буданцев А.Ю. Моноаминэргические системы мозга. / А.Ю.Буданцев - М., Наука, 1976. - 121 с.
8. Темуриянц Н.А. Влияние переменного магнитного поля инфранизкой частоты на функциональную активность нейтрофилов в крови крыс с ограниченной подвижностью / Н.А.Темуриянц, А.В. Михайлов //Биофизика. - 1988. - Т.33, № 5. - С. 863 - 866.
9. Макеев В.Б. Исследование частотной зависимости биологической эффективности магнитного поля в диапазоне микропульсаций геомагнитного поля / В.Б. Макеев, Н.А. Темуриянц // Проблемы космической биологии. - 1982. - Т. 43. - С. 116-128.
10. Чернов И.П. О стресс-реакции при гипокинезии и ее влиянии на общую резистентность организма / И.П. Чернов // Космическая биология и авиакосмическая медицина.- 1980.- Т. 14.- №3.- С. 57-60.
11. Темуриянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений. - Автореферат ... докт. биол. наук / Н.А. Темуриянц - Москва, 1999. - 44 с.
12. Темуриянц Н.А. Состояние симпатoadренальной системы при изолированном и комбинированном с гипокинезией действием переменного магнитного поля сверхнизкой частоты / Темуриянц Н.А., Мартынюк В.С., Малыгина В.И. // Физика живого. - 2007. - Т. 15, № 2. - С. 40-48.

Мартынюк В.С. Вплив комбінованої дії слабого низькочастотного магнітного поля і гіпокінезії на активність моноаміоксидази в головному мозку тварин / В.С. Мартынюк, Р.І. Іслямов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Біологія, хімія. - 2009. - Т. 22 (61). – № 3. – С. 89-94.

Досліджено вплив комбінованої дії слабого низькочастотного магнітного поля і гіпокінетического стресу на активність моноаміоксидази в різних структурах головного мозку тварин. Аналіз активності моноаміоксидази в різних структурах головного мозку показав, що у тварин, що знаходяться в умовах багатоденного перебування в змінному магнітному полі, розвивається неспецифічна адаптаційна реакція, характерна для реакції організму на обмеження рухливості. При цьому одночасна дія вказаних чинників потенціє зміни активності даного ферменту в основному в гіпоталамусі.

Ключові слова: Моноаміоксидаза, змінне магнітне поле, гіпокінезія, головного мозку.

Martynjuk V. S Influence of the combined action of a weak low-frequency magnetic field and hypokinезии on activity monoaminoxidazy in a brain of animals / V.S. Martynjuk, R.I. Islyamov // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry. - 2009. - Vol. 22 (61). – № 3. – P. 89-94.

Influence of the combined action of the weak low-frequency magnetic field and hypokinetic stress on activity of monoaminoxidazy in different structures of animals' cerebrum was investigated. The analysis of activity of monoaminoxidazy in the different structures of cerebrum has showed that animals, being in the conditions of variable magnetic field during many days, have an unspecific adaptation reaction which is characterized for organism reaction with mobility limitation. Thus simultaneous influence of indicated factors causes changes of activity of given enzyme mainly in gipotalamuse.

Keywords: Monoaminoxidaza, variable magnetic field, hipokineziya, cerebrum

Поступила в редакцію 30.10.2009 г.