

УДК 591.1, 57.043, 57.045

**ВОЗДЕЙСТВИЕ УМЕРЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ЭКРАНИРОВАНИЯ НА МЕЖСАМЦОВУЮ АГРЕССИЮ У КРЫС В ТЕСТЕ
«РЕЗИДЕНТ – ИНТРУДЕР»**

*Чайка А. В.¹, Шейхаметова Н. Н.^{1,2}, Никитина Ю. О.¹, Рахлев А. А.^{1,3},
Хусаинов Д. Р.¹, Туманянц К. Н.¹*

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*ГБУЗ РК «Джанкойская центральная районная больница», Джанкой, Республика Крым, Россия*

³*ГБУЗ РК «Феодосийский медицинский центр», детская больница с детской поликлиникой, Феодосия, Республика Крым, Россия*

E-mail: andrew.chajka@yandex.ru

Установлено, что 21-дневное умеренное ЭМЭ слабовыраженно усиливает агрессию у беспородных крыс-самцов в парадигме «резидент – интродер», что проявляется в достоверном увеличении агрессивных вертикальных поз («боксирования») на 311 %.

Ключевые слова: межсамцовая агрессия, резидент – интродер, электромагнитное экранирование, крысы.

ВВЕДЕНИЕ

Агрессия – это эффективное средство конкуренции за пищу, территорию и эксклюзивные права на спаривание, и она служит для защиты потомства от других сородичей. Внутривидовая агрессия – это универсальная форма поведения, которая встречается у животных, находящихся на различных ступенях эволюционной лестницы: от насекомых до приматов. Социобиология рассматривает агрессию как позитивное явление и в жизни отдельной особи, и в эволюции [1]. В то же время агрессия между двумя особями одного вида влечет за собой определенные риски для этих животных. В результате агрессивное поведение между двумя самцами, например, носит ритуальный характер, чтобы избежать серьезных травм и дает возможность более слабому уйти заранее. Когда эти видоспецифические правила игнорируются, агрессивное поведение может стать ненормальным или патологическим. Например, когда самец нападает на самку – члена семьи, или агрессивное поведение продолжается, несмотря на явные признаки ритуала, или когда агрессия появляется вне соответствующего контекста [2]. Согласно данным ООН [3] на 2012 год, в мире 750 млн человек живут в странах с высоким уровнем насильственной смерти, а 3,4 миллиарда – со средним уровнем. В итоге в мире миллиарды людей подвергаются насилию при том, что агрессивное поведение не ограничивается лишь убийством – к этой области можно отнести широкий диапазон

криминальных действий, таких как изнасилования, уличные драки, домашнее насилие, похищение людей, жестокое обращение с животными и т. д. [3]. В свете этих данных особенно важным становится изучение внутривидовой агрессии и методов устранения ее патологических форм [4–8]. Несмотря на множество экспериментов, мы все еще далеки от полного понимания нейробиологических механизмов, лежащих в основе сложного поведения, такого как межсамцовая агрессия. Предпосылкой к пониманию инициации, исполнения и прекращения акта агрессии является подробный отчет о каждом отчетливо выраженном поведенческом элементе в ходе проявления внутривидовой агрессивности. Агрессивные формы поведения, как и другие виды поведения, состоят из определенных временных паттернов [9].

Геомагнитное поле (ГМП) является частью среды, в которой жизнь эволюционировала и развивалась [10], поэтому гелиогеофизические факторы имеют большое значение для пространственной и временной организации биосистем всех уровней, включая человека [11]. Магнитобиология собрала огромную доказательную базу того, что даже нормальные колебания ГМП оказывают существенное влияние на земную жизнь [10].

В нормальных комфортных условиях между организмом и окружающей средой устанавливаются гармонические взаимоотношения. Когда они нарушаются, могут возникнуть различные отклонения в функциях организма в виде болезни, снижения скорости психических, сенсорных и двигательных реакций. Физиологическим ответом организма на такие воздействия является снижение показателей жизнедеятельности, неадекватные действия и отклонения в поведении [12]. Советскими учеными еще в 1979 году были показаны крайне негативные эффекты ЭМЭ (коэффициент экранирования 600): кролики, находившиеся под действием ЭМЭ в течение всего эмбриогенеза и выросшие до 1-месячного возраста, имели ряд патологий печени, миокарда, ЖКТ, обмена веществ, недостаточность нервно-мышечного аппарата и как следствие – высокий уровень смертности [13]. Тем не менее механизмы влияния гипогеомагнитного поля на биологические объекты до сих пор не совсем ясны, хотя они изучаются около полувека [14]. К тому же системные исследования по изучению эффектов длительного (в течение недель и месяцев) непрерывного нахождения экспериментальных животных в ЭМЭ, а также исследования механизмов воздействия этого фактора представлены единичными работами [15–17]. В то же время такие работы необходимы для создания мер по адаптации организма к гипогеомагнитным условиям, а также для нормирования среды жизнедеятельности человека [15, 17]. Соответственно, целью данного исследования является определение влияния 21-дневного умеренного ЭМЭ на межсамцовую агрессию у крыс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на 19 белых беспородных крысах-самцах массой 260–290 г в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей. После того, как у животных зарегистрировали фоновый уровень

межсамцовой агрессии, их разделили на две группы: «контроль» (n=10) и «ЭМЭ» (n=9). Затем группа «ЭМЭ» подвергалась 21-дневному умеренному экранированию, ежедневно на протяжении всех 24 часов, кроме тех случаев, когда производилась уборка клеток (раз в неделю во избежание дополнительного стресса и для формирования ярко выраженных запаховых меток домашней клетки) в течение 30 мин. вне зоны действия гипомагнитной среды. Контрольная группа содержалась в стандартных условиях вивария. На 21-й день проводилась повторная регистрация поведения животных.

Поведение крыс оценивали в классическом тесте «резидент – интродер»: в течение 5 мин было произведено наблюдение за взаимодействием двух животных: исследуемого из группы «контроль» или «ЭМЭ» (резидента) в его домашней клетке с самцом-интродером, которого подсаживали извне [18, 19]. Для каждого резидента подбирался новый интродер ($n_{\text{общее}}=19$), который, как и полагается по методике, должен быть меньше размером, в нашем случае – это самцы массой 180–220 г. Регистрировались следующие поведенческие паттерны [20, 21]:

1) Исследование соперника (ИС) – обнюхивание тела и гениталий противника.

Несмотря на то, что данные поведенческие акты традиционно относят к неагрессивному типу поведения, нами было отмечено, что обнюхивание нередко имеет элемент агрессивного принуждения: животное может опираться передними лапами на спину, и/или прижимать/опираться лапами на голову другой крысы для большего удобства в ее исследовании. Соответственно, такое поведение выделили в отдельную группу «агрессивного исследования» (АИ).

2) Аллогруминг – груминг одной особью другой, зачастую в области шеи и спины.

3) Вертикальная поза («боксирование») (ВП) – крыса встает на задние лапы в ответ на приближение или вертикальную позу противника. Они могут держаться друг за друга передними лапами.

4) Подавление и подчинение (ПП): доминирующая крыса занимает вертикальное положение и не дает противнику, который нередко лежит на спине, подняться с пола. Доминант может прижимать к полу противника, а также бить лапами по нему.

Для каждого из данных поведенческих элементов, кроме аллогруминга, был зафиксирован латентный период. В качестве главного критерия агрессивности был принят латентный период возникновения ВП [22]. В случае если определенный тип поведения отсутствует, то количество поведенческих взаимодействий принимается за ноль, а латентный период записывается максимальным временем тестирования – 300 с.

Ослабление фонового ЭМП достигалось применением экранирующей камеры размером 2х3х2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Коэффициент экранирования V_{DC} , измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составляет для вертикальной составляющей 4,4, для горизонтальной – 20. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка трех. В области частот от 150 Гц до 100 кГц происходит слабое экранирование, тогда как на частотах больше 1 МГц имело место полное экранирование [23].

Статистическая обработка полученных данных проводилась критерием Манна – Уитни в программе Statistica 10, визуализация данных – GraphPad Prism 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что 21-дневное ЭМЭ усиливает межсамцовую агрессию у крыс в парадигме «резидент – интродер» по сравнению с данными контрольной группы ($p < 0,05$), что реализуется в увеличении ВП на 311 % (табл.). Фоновые показатели поведения животных достоверно неотличимы друг от друга (рис. 1–2).

Таблица

Результаты теста «резидент – интродер»

Сутки эксперимента	Фон		21-й день	
	Контроль	ЭМЭ	Контроль	ЭМЭ
ИС (шт.)	14,44±1,94	13,8±1,24	11,00±1,60	12,00±2,20
ИС (с.)	12,00±5,38	9,20±2,43	9,22±3,16	8,50±2,35
АИ (шт.)	6,89±1,01	5,00±0,93	7,40±1,90	6,50±1,10
АИ (с.)	39,44±10,00	63,90±26,87	46,44±31,88	25,70±11,24
ВП (шт.)	2,89±1,23	4,60±0,96	0,56±0,18	2,30±0,83*
ВП (с.)	181,4±39,88	128,00±18,72	187,30±11,22	102,50±26,47
ПП (шт.)	0,67±0,33	0,70±0,40	0,89±0,45	0,40±0,16
ПП (с.)	251,1±30,60	256,20±24,95	254,60±27,34	244,0±26,92
Аллогруминг (шт.)	–	–	0,67±0,44	0,70±0,21

Примечание: звездочкой отмечены достоверные различия между контрольной и экспериментальной группами при $*p < 0,05$.

В контрольной группе количество ВП колеблется в пределах 0–1 шт., в то время как в группе «ЭМЭ» – 1–9 шт. Латентный период возникновения поведенческих актов такого рода достоверно не отличается между группами, однако на уровне тенденции присутствуют различия – ЭМЭ уменьшает ВП (с) на 45,5 % ($p < 0,18$) (рис. 3).

Также стоит отметить, что в группе ЭМЭ чаще (в 6 случаях из 10, $p < 0,45$), чем в контроле (в 3 случаях из 10), наблюдается аллогруминг, рассматриваемый некоторыми авторами как проявление агрессии [24]. В то же время остальные поведенческие показатели не имеют сколько-нибудь значимых расхождений между собой (рис. 3–4).

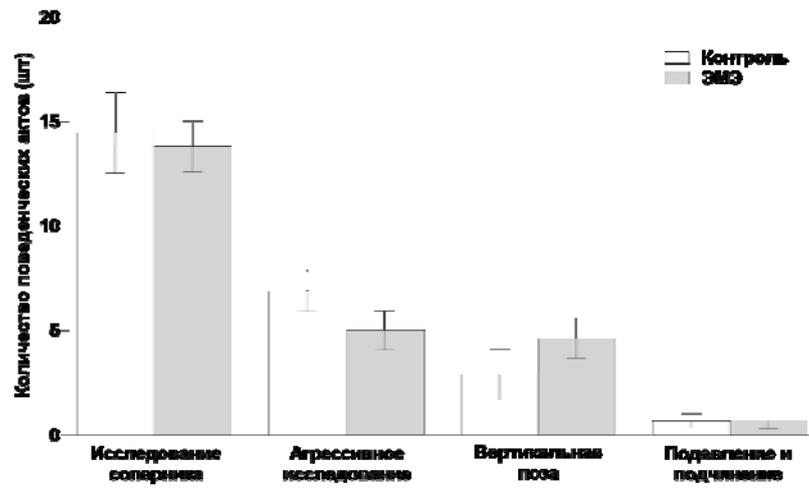


Рис. 1. Фоновое количество поведенческих актов в контрольной и экспериментальной группах.

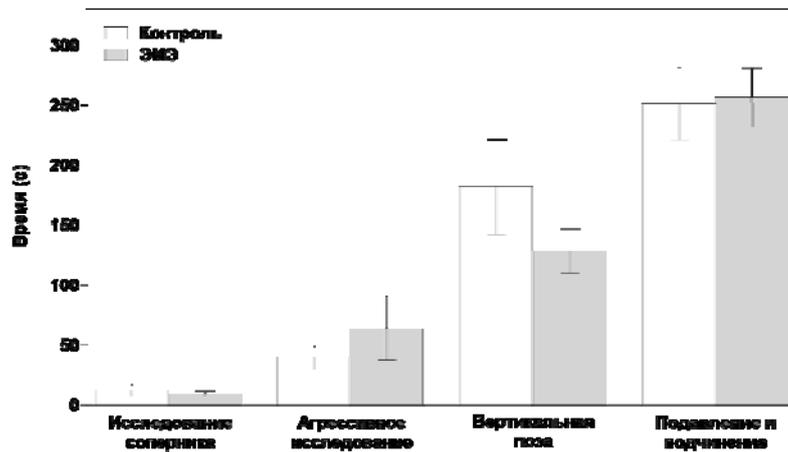


Рис. 2. Фоновый латентный период различных форм поведения у крыс.

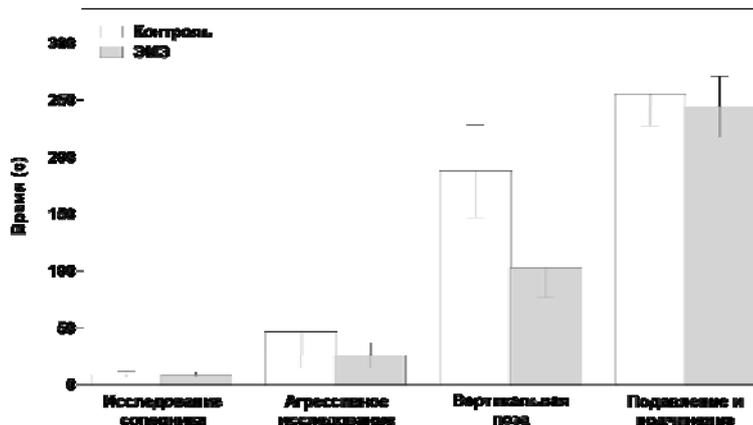


Рис. 3. Латентный период различных поведенческих паттернов в контроле и после воздействия 21-дневного умеренного ЭМЭ.

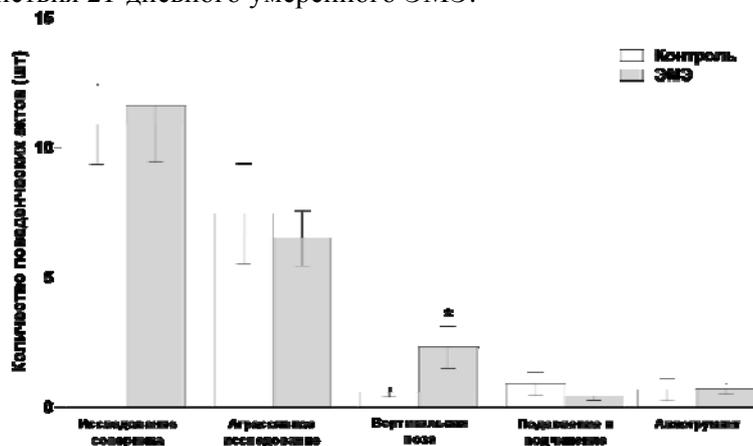


Рис. 4. Количество различных поведенческих актов в контроле и после воздействия 21-дневного умеренного ЭМЭ.

Примечание: звездочкой отмечены достоверные различия между контрольной и экспериментальной группами при $*p < 0,05$.

Более ранние исследования нашей лаборатории показали увеличение как внутривидовой, так и межвидовой агрессии под действием 10-дневного умеренного ЭМЭ, которое характеризуется особой ритмической изменчивостью [23, 25–27]. Работы других ученых также подтверждают данные выводы [15, 28, 29]. Особенного внимания заслуживают эксперименты, выполненные Ходанович и соавт. [29], по результатам которых было выдвинуто предположение, что характер влияния ЭМЭ на агрессию у грызунов зависит от продолжительности экспериментального воздействия: 10-дневное ЭМЭ увеличивало агрессию, однако на 14, 19 и 21 сутки воздействия гипомангнитной среды (0 ± 50 нТл) не было

обнаружено достоверных различий с контрольной группой. Этот феномен авторы предлагают рассмотреть с точки зрения работы адаптационных механизмов организма. Проводя аналогию с другими психическими функциями [30, 31], можно прийти к выводу, что 21-дневный период является неким универсальным отрезком времени, необходимым для приспособления организма к новым условиям среды. Вероятно, более длительный период воздействия стресс-фактора должен приводить к фазе истощения и наиболее ярким поведенческим ответам, что подводит нас к необходимости проведения как минимум 30–50-дневных исследований по влиянию умеренного ЭМЭ на поведение грызунов по аналогии с подобными исследованиями в смежной области со стресс-индуцированной депрессией [32, 33].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, опираясь на результаты, полученные в ходе данного эксперимента, можно прийти к выводу, что 21-дневное умеренное ЭМЭ слабовыраженно усиливает агрессию у крыс, что проявляется в достоверном увеличении агрессивных стоек («боксирования») на 311 %.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Список литературы

1. Кудрявцева Н. Н. Социобиология агрессии: мыши и люди / Кудрявцева Н. Н. // Химия и жизнь – XXI век. – 2004. – No 5. – С. 13–17.
2. Haller J. Normal and abnormal aggression: human disorders and novel laboratory models / J. Haller, M. R. Kruk // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2006. – Vol. 30, No 3. – P. 292–303.
3. Global study on homicide 2013: trends, contexts, data / Editing by J. Gibbons. – Vienna: United Nations office on drugs and crime (UNODC), 2013. – 166 pp.
4. Cristóbal-Azkarate J. Causes of intraspecific aggression in *Alouatta palliata mexicana*: Evidence from injuries, demography, and habitat / J. Cristóbal-Azkarate, P. A. D. Dias, J. J. Veà // International Journal of Primatology. – 2004. – Vol. 25, No 4. – P. 939–953.
5. Plyusnina I. Z. Intraspecific intermale aggression in tame and aggressive Norway rats / I. Z. Plyusnina, M. I. Solov'eva // Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni I. P. Pavlova. – 2009. – Vol. 60, No 2. – P. 175–183.
6. Umukoro S. Aggressive behavior: a comprehensive review of its neurochemical mechanisms and management / S. Umukoro, A. C. Aladeokin, A. T. Eduviere // Aggression and Violent Behavior. – 2013. – Vol. 18, No 2. – P. 195–203.
7. Kudryavtseva N. N. Aggressive behavior: Genetic and physiological mechanisms / N. N. Kudryavtseva, A. L. Markel, Y. L. Orlov // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2015. – Vol. 5, No 4. – P. 413–429.
8. Tulogdi A. Neural mechanisms of predatory aggression in rats – implications for abnormal intraspecific aggression / A. Tulogdi, L. Biro, B. Barsvari [et al.] // Behavioural brain research. – 2015. – Vol. 283. – P. 108–115.

9. Miczek K. A. Ethopharmacology of aggression: impact on autonomic and mesocorticolimbic activity / K. A. Miczek, W. Tornatzky // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1996. – Vol. 794, No 1. – P. 60–77.
10. Ciortea L. I. Life in zero magnetic field. III. Effect on zinc and copper in human blood serum during in vitro aging / L. I. Ciortea, V. V. Morariu, A. Todoran [et al.] // *Electro-and Magnetobiology*. – 2001. – Vol. 20, No 2. – P. 127–139.
11. Trofimov, A. V. Dynamics of blood values in experimental geomagnetic deprivation (in vitro) reflects biotropic effects of natural physical factors during early human ontogeny / A. V. Trofimov, E. V. Sevostyanova // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2008. – Vol. 146, No 1. – P. 100–103.
12. Григорьев Ю. Г. Ослабление геомагнитного поля как фактор риска при работе в экранированных помещениях / Ю. Г. Григорьев // *Медицина труда и пром. экология*. – 1995. – № 4. – С. 7–12.
13. Kopanev V. I. Biological effect of a hypogeomagnetic environment on an organism / V. I. Kopanev, G. D. Efimenko, A. V. Shakula // *Biology bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*. – 1979. – Vol. 6, No 3. – P. 289–298.
14. Бинги В. Н. Принципы электромагнитной биофизики / В. Н. Бинги. – М.: Физматлит, 2011. – 592 с.
15. Девидин Д. В. Динамика физиологических характеристик и эмоционально-поведенческой реактивности животных в преформированной геомагнитной среде / Д. В. Девидин, Н. А. Пальчикова, А. В. Трофимов [и др.] // *Бюлл. СО РАМН*. – 2005. – № 3. – С. 71–77.
16. Jia B. Effects of hypomagnetic field environment on hematopoietic system in mice / B. Jia, W. J. Zhang, L. Xie [et al.] // *Hangtian Yixue yu Yixue Gongcheng*. – 2011. – V. 24, No 5. – P. 318–322.
17. Гуль Е. В. Поведение и функциональное состояние ЦНС крыс после пребывания в моделируемых гипогеомагнитных условиях: автореф. дис. ... на соиск. учен. степени канд. биол. наук / Е. В. Гуль. – Томск: НИ ТГУ, 2014. – 23 с.
18. de Boer S. F. 5-HT 1A and 5-HT 1B receptor agonists and aggression: a pharmacological challenge of the serotonin deficiency hypothesis / S. F. de Boer, J. M. Koolhaas // *European journal of pharmacology*. – 2005. – Vol. 526, No 1. – P. 125–139.
19. Koolhaas J. M. The resident-intruder paradigm: a standardized test for aggression, violence and social stress / J. M. Koolhaas, C. M. Coppens, S. F. de Boer [et al.] // *Journal of visualized experiments: JoVE*. – 2013. – No 77. – P. e4367.
20. Koolhaas J. M. The organization of intraspecific agonistic behaviour in the rat / J. M. Koolhaas, T. Schuurman, P. R. Wiepkema // *Progress in Neurobiology*. – 1980. – Vol. 15, No 3. – P. 247–268.
21. Vekovischeva O. Y. Multimetric statistical analysis of behavior in mice selected for high and low levels of isolation-induced male aggression / O. Y. Vekovischeva, E. V. Verbitskaya, T. Aitta-Aho [et al.] // *Behavioural processes*. – 2007. – Vol. 75, No 1. – P. 23–32.
22. Veenema A. H. Neurobiological mechanisms of aggression and stress coping: a comparative study in mouse and rat selection lines / A. H. Veenema, I. D. Neumann // *Brain, behavior and evolution*. – 2007. – Vol. 70, No 4. – P. 274–285.
23. Туманянц К. Н. Поведение крыс при умеренном электромагнитном экранировании / К. Н. Туманянц, Е. Н. Чуян, Д. Р. Хусаинов [и др.] // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 1–2. – С. 199–203.
24. Van Erp A. M. M. Increased aggression after ethanol self-administration in male resident rats / A. M. M. Van Erp, K. A. Miczek // *Psychopharmacology*. – 1997. – Vol. 131, No 3. – P. 287–295.
25. Темуриянц Н. А. Влияние экзогенного мелатонина на развитие внутри- и межвидовой агрессивности крыс при умеренном электромагнитном экранировании / Н. А. Темуриянц, К. Н. Туманянц, Е. Н. Чуян [и др.] // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия»*. – 2016. – Т. 2, № 1 (68). – С. 97–107.
26. Темуриянц Н. А. Участие опиоидной системы в изменении агрессивного поведения крыс в условиях электромагнитного экранирования / Н. А. Темуриянц, К. Н. Туманянц, А. С. Костюк [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия»*. – 2014. – Т. 27 (66), № 3. – С. 160–168.
27. Темуриянц Н. А. Электромагнитное экранирование изменяет агрессивность крыс / Н. А. Темуриянц, Д. Р. Хусаинов, К. Н. Туманянц [и др.] // *VII Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», 07–11 октября 2015 г.: Санкт-Петербург:*

- тез. докл. – VII Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». Научные труды конгресса. – СПб.: Оккервиль, 2015. – Т. 7. – С. 198.
28. Кривова Н. А. Повышение агрессивности крыс при экспозиции в условиях гипогеомагнитного поля / Н. А. Кривова, К. А. Труханов, Т. А. Замощина [и др.] // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2008. – Т. 42, № 6-1. – С. 30–32.
 29. Ходанович М. Ю. Влияние долговременного ослабления геомагнитного поля на агрессивность лабораторных крыс и активацию опиоидергических нейронов / М. Ю. Ходанович, Е. В. Гуль, А. Е. Зеленская [и др.] // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2013. – № 1 (21). – С. 146–160.
 30. Бахшалиева А. Я. Особенности развития депрессивного состояния у крыс с различным индивидуально-типологическим поведенческим статусом / А. Я. Бахшалиева // *Нейрофизиология*. – 2010. – Т. 42, № 2. – С. 153–161.
 31. Чайка А. В. Хроническая блокада D2-рецепторов и поведение низкодепрессивных крыс / А. В. Чайка, Д. Р. Хусаинов, И. В. Черетаев [и др.] // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 2017. – Т. 103, № 2. – С. 172–181.
 32. Ely D. R. Effect of restraint stress on feeding behavior of rats / D. R. Ely, V. Dapper, J. Marasca [et al.] // *Physiology & behavior*. – 1997. – Vol 61, No 3. – P. 395–398.
 33. Silveira P. P. Interaction between repeated restraint stress and concomitant midazolam administration on sweet food ingestion in rats / P. P. Silveira, M. H. Xavier, F. H. Souza [et al.] // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. – 2000. – Vol. 33, No 11. – P. 1343–1350.

INFLUENCE OF MODERATE ELECTROMAGNETIC SHIELDING ON INTERMALE RATS AGGRESSION IN RESIDENT-INTRUDER TEST

***Chajka A. V.¹, Sheikhametova N. N.^{1,2}, Nikitina Yu. O.¹, Rakhlev A. A.^{1,3},
Khusainov D. R.¹, Tumanyants K. N.¹***

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

²*Dzhankoy central district hospital, Dzhankoy, Crimea, Russia*

³*Feodosiya Medical Center, children's hospital with a children's polyclinic, Feodosiya, Crimea, Russia*

E-mail: andrew.chajka@yandex.ru

Aggression is an effective instrument of competition for food, territory, and exclusive rights to mating, and it serves to protect offspring from other animals. Intraspecific aggression is a universal form of behavior that occurs in animals at various stages of the evolutionary ladder, from insects to primates. Sociobiology considers aggression as a positive phenomenon in the life of an individual and in evolution. At the same time, the aggression between two individuals of the same species entails certain risks for these animals, especially when this behavior is abnormal or pathological. In the world, billions of people are subjected to violence, while aggressive behavior is not limited to murder. A wide range of criminal activities, such as rape, street fights, domestic violence, kidnapping, cruelty to animals etc., can be attributed to this area. In the light of these data, the study of intraspecific aggression and methods of eliminating its pathological forms becomes especially important. Despite a lot of experiments, we are still far from a complete understanding of the neurobiological mechanisms of intermale aggression. A prerequisite for understanding the initiation, execution and cessation of the act of aggression is a detailed account of each distinctly pronounced behavioral element in the course of manifestations of intraspecific aggression.

The geomagnetic field (GMF) is part of the environment in which life has evolved, so heliogeophysical factors are of great importance for the spatial and temporal organization of biosystems at all levels, including humans. Magnetobiology has gathered a huge evidence base that even normal fluctuations of GMFs have a significant impact on terrestrial life. In normal comfortable conditions, harmonic relationships are established between the body and the environment. When they are violated, various deviations in the functions of the organism can occur in the form of illness, reducing the speed of mental, sensory and motor reactions.

Nevertheless, the mechanisms of the influence of the hypogeomagnetic fields on biological objects are still not entirely clear, although they have been studied for about half a century. In addition, systematic studies on the effects of continuous (during weeks and months) constant exposure of experimental animals on electromagnetic shielding (EMS), as well as studies of the mechanisms of the effect of this factor, are presented by single studies. At the same time, such work is necessary to create measures to adapt organism to hypogeomagnetic conditions, as well as to normalize the environment of human living. Accordingly, the purpose of this study is to determine the effect of 21-day moderate EMS exposure on intermale aggression in rats.

Studies were carried out on 19 white outbred male rats weighing 260–290 g. After the background level of intermale aggression was registered, animals were divided into two groups: "control" (n = 10) and "EMS" (n = 9). Then, the EMS group underwent a 21-day moderate shielding, every day for 24 hours, except for the cases when the cages were cleaned (once a week in order to avoid additional stress and to form pronounced odor labels of the home cage) for 30 minutes outside zone of action of a EMS. The control group was kept in standard vivarium conditions. On the 21st day, the behavior of the animals was re-registered. The behavior of the rats was evaluated in the classic "resident-intruder" test: during 5 minutes, two animals were monitored – an animal from the "control" or "EMS" group (resident) in his home cage with a male intruder, who was placed from the outside. For each resident, a new intruder was chosen (n = 19), which, as expected by the method, should be smaller than resident, in our case – males weighing 180-220 g. The following behavioral patterns were recorded:

1) Investigation of the opponent – sniffing the body and the genitals of the enemy. Despite the fact that these behavioral acts are traditionally attributed to a non-aggressive type of behavior, we noted that sniffing often has an element of aggressive coercion – the animal can lean its forepaws on its back, and/or press on/rest on the head of another rat for more convenience in investigation. Accordingly, this behavior was singled out as a separate group of "aggressive investigation".

2) Allogrooming - grooming one individual another, often in the neck and back.

3) Vertical posture ("boxing") – the rat stands on its hind legs in response to an approach or vertical pose of the opponent. They can cling to each other's front paws.

4) Suppression and submission: the dominant rat occupies a vertical position and does not allow the enemy to rise from the floor, which often lies on his back. The dominant can be pressed to the opponent's floor, and also bite on it.

For each of these behavioral elements, except for allogrooming, a latent period was recorded. As the main criterion of aggressiveness, a latent period of the emergence of the

boxing was adopted. In the event that a certain type of behavior is absent, the number of behavioral interactions is taken as zero, and the latent period is recorded by the maximum test time of 300 s.

The weakening of the background EMS was achieved by using a shielding camera with a size of 2x3x2 m, made of double-layered iron "Dynamo". The shielding coefficient B_{DC} , measured with a flux gage magnetometer, is 4.4 for the vertical component, and 20 for the horizontal component. The shielding coefficient of the camera at frequencies 50 and 150 Hz is of the order of three. In the frequency range from 150 Hz to 100 kHz, weak shielding occurs, whereas at frequencies above 1 MHz there was a complete shielding.

It has been established that a 21-day moderate EMS mildly increase aggression in outbred male rats in the "resident-intruder" paradigm, which is manifested in increase number of boxing postures on 311 %.

Keywords: intermale aggression, resident-intruder, electromagnetic shielding, rats.

References

1. Kudryavtseva N. N. (2004). Sociobiology of aggression: the mice and the man. *Chemistry and life-XXI century*, 5, 13-17.
2. Haller J., & Kruk M. R. (2006). Normal and abnormal aggression: human disorders and novel laboratory models. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(3), 292-303.
3. United Nations Office on Drugs and Crime. (2013). *Global study on homicide 2013: trends, contexts, data*. UNODC. 166 pp.
4. Cristóbal-Azkarate J., Dias P. A. D., & Veà J. J. (2004). Causes of intraspecific aggression in *Alouatta palliata mexicana*: Evidence from injuries, demography, and habitat. *International Journal of Primatology*, 25(4), 939-953.
5. Plyusnina I. Z., & Solov'eva M. (2010). Intraspecific intermale aggression in tame and aggressive Norway rats. *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni IP Pavlova*, 60(2), 175-183.
6. Umukoro S., Aladeokin A. C., & Eduviere A. T. (2013). Aggressive behavior: a comprehensive review of its neurochemical mechanisms and management. *Aggression and Violent Behavior*, 18(2), 195-203.
7. Kudryavtseva N. N., Markel A. L., & Orlov Y. L. (2015). Aggressive behavior: genetic and physiological mechanisms. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 5(4), 413-429.
8. Tulogdi A., Biro L., Barsvari B., Stankovic M., Haller, J., & Toth, M. (2015). Neural mechanisms of predatory aggression in rats-implications for abnormal intraspecific aggression. *Behavioural brain research*, 283, 108-115.
9. Miczek K. A., & Tornatzky W. (1996). Ethopharmacology of aggression: impact on autonomic and mesocorticolimbic activity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 794(1), 60-77.
10. Ciortea L. I., Morariu V. V., Todoran A., & Popescu S. (2001). Life in zero magnetic field. III. Effect on zinc and copper in human blood serum during in vitro aging. *Electro-and Magnetobiology*, 20(2), 127-139.
11. Trofimov, A. V., & Sevostyanova, E. V. (2008). Dynamics of blood values in experimental geomagnetic deprivation (in vitro) reflects biotropic effects of natural physical factors during early human ontogeny. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 146(1), 100-103.
12. Grigor'ev YU. G. (1995). Mild geomagnetic field as a risk factor of work in screened buildings. *Industr. med.*, 4, 7-12.
13. Kopanev V. I., Efimenko G. D., & Shakula A. V. (1979). Biological effect of a hypogeomagnetic environment on an organism. *Biology bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, 6(3), 289-298.
14. Bingi V. N., *Printsipy elektromagnitnoj biofiziki* (Fizmatlit, Moscow, 2011), 592 pp.
15. Devitsin D. V., Palchikova N. A., Trofimov A. V., Selyatitskaya V. G. & Kaznacheev V. P. (2005). Dynamics of physiological characteristics and emotional-behavior reactivity of animals in preformed geomagnetic environment. *Bulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra*, 3, 71-77.

16. Jia, B., Zhang, W. J., Xie, L., Zheng, Q., Tian, Z. C., Qian, A. R., & Shang, P. (2011). Effects of hypomagnetic field environment on hematopoietic system in mice. *Hangtian Yixue yu Yixue Gongcheng*, 24(5), 318-322.
17. Gul E. V. *Behavior and functional state of the central nervous system of rats after being in simulated hypogeomagnetic conditions*: thesis for the degree of PhD of biological sciences (NI TGU, Tomsk, 2014), 23 pp.
18. de Boer, S. F., & Koolhaas, J. M. (2005). 5-HT 1A and 5-HT 1B receptor agonists and aggression: a pharmacological challenge of the serotonin deficiency hypothesis. *European journal of pharmacology*, 526(1), 125-139.
19. Koolhaas, J. M., Coppens, C. M., de Boer, S. F., Buwalda, B., Meerlo, P., & Timmermans, P. J. (2013). The resident-intruder paradigm: a standardized test for aggression, violence and social stress. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (77), e4367.
20. Koolhaas, J. M., Schuurman, T., & Wiepkema, P. R. (1980). The organization of intraspecific agonistic behaviour in the rat. *Progress in Neurobiology*, 15(3), 247-268.
21. Vekovischeva, O. Y., Verbitskaya, E. V., Aitta-Aho, T., Sandnabba, K., & Korpi, E. R. (2007). Multimetric statistical analysis of behavior in mice selected for high and low levels of isolation-induced male aggression. *Behavioural processes*, 75(1), 23-32.
22. Veenema, A. H., & Neumann, I. D. (2007). Neurobiological mechanisms of aggression and stress coping: a comparative study in mouse and rat selection lines. *Brain, behavior and evolution*, 70(4), 274-285.
23. Tumanyants K. N., Chuyan E. N., Khusainov D. R., Kostyuk A. S., Yarmolyuk N. S., Cheretaev I. V., Chajka A.V. (2016). Behavior of rats under influence of long-term electromagnetic shielding. *International journal of applied and fundamental research. Biological sciences*, 1-2, 199-203.
24. Van Erp, A. M. M., & Miczek, K. A. (1997). Increased aggression after ethanol self-administration in male resident rats. *Psychopharmacology*, 131(3), 287-295.
25. Temuryants N. A., Tumanyants K. N., Chuyan E. N., Khusainov D. R., Cheretaev I. V., Chajka A. V., Yarmolyuk N. S. (2016). Effect of exogenous melatonin on the development of intraspecific and interspecific aggression in rats under moderate electromagnetic shielding. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2 (1), 97-107.
26. Temuryants N. A., Tumanyants K. N., Kostyuk A. S., Khusainov D. R., Cheretaev I. V., Chajka A. V. (2014). The participation of the opioid system in modifying aggressive behavior of rats in conditions of electromagnetic shielding. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 27 (3), 160-168.
27. Temuryants N. A., Khusainov D. R., Tumanyants K. N., Kostyuk A. S., Cheretaev I. V., Yarmolyuk N. S., Chajka A.V. (2015). Electromagnetic shielding alters aggressive behaviour of rats. *Scientific Works of the International Congress "Weak and Superweak Fields and Radiation in Biology and Medicine"*, 7, 198.
28. Krivova N. A., Trukhanov K. A., Zamoshchina T. A., Khodanovich M. Yu., Zueva O. B., Sukhanov D. Ya., Tukhvatulin R. T., Sushko V. P., Mizina T. Yu. (2008). Growth of rat's aggressiveness during exposure in hypo-geomagnetic field. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 42 (6-1), 30-32.
29. Khodanovich M. U., Gul E. V., Zelenskaya A. E., Pan E. S., Krivova N. A. (2013). Effect of long-term weakening of the geomagnetic field on the aggressiveness of laboratory rats and activation of opioidergic neurons. *Bulletin of the Tomsk State University. Biology*, 1(21), 146-160.
30. Bakhshalieva A. Ya. (2010). Peculiarities of depressive state development in rats with different individual-typological behavioral state. *Neurophysiology*, 42 (2), 153-161.
31. Chajka A. V., Khusainov D. R., Cheretaev I. V., Koreniuk I. I., Nozdrachev A. D. (2017). Chronic D₂-receptor blockade and behavior of low depressive rats. *Russian journal of physiology*, 103 (2), 172-181.
32. Ely, D. R., Dapper, V., Marasca, J., Correa, J. B., Gamaro, G. D., Xavier, M. H., Correa, J. B., Gamaro, G. D., Xavier, M. H., Michalowski, M. B., Catelli, D., Rosat, R., Ferreira, M. B. C. & Dalmaz, C. (1997). Effect of restraint stress on feeding behavior of rats. *Physiology & behavior*, 61(3), 395-398.
33. Silveira, P. P., Xavier, M. H., Souza, F. H., Manoli, L. P., Rosat, R. M., Ferreira, M. B. C., & Dalmaz, C. (2000). Interaction between repeated restraint stress and concomitant midazolam administration on sweet food ingestion in rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(11), 1343-1350.