

УДК 612+591.1:615.849.11

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КРЫС С РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ К ДЕЙСТВИЮ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Грабовская Е.Ю., Малыгина В.И.

Вопросам изучения индивидуальной чувствительности и variability ответных реакций живых организмов к воздействию различных абиотических и антропогенных факторов внешней среды в настоящее время отводится важнейшее место в медицине, экологической физиологии, физической реабилитации. Многочисленными исследованиями установлена различная индивидуальная чувствительность человека и животных к стрессу [1, 2], в том числе и к гипокинетическому [3], к электромагнитному излучению крайневисокой частоты [4]. Важнейшим подходом к решению вопросов о причинах variability реакций животных на действие определенных факторов является изучение реактивности организма в условиях теста «открытого поля» (ОП) [5]. Считается, что тест ОП является объективным методом формирования однородных групп и оценки поведения крыс [6].

Одним из факторов внешней среды, способным изменять функциональное состояние биологических систем различного уровня организации, является переменное магнитное поле (ПеМП) сверхнизкой частоты (СНЧ) [7 – 9]. Результаты исследований условнорефлекторной деятельности, нейрофизиологические исследования свидетельствуют о том, что центральной нервной системе (ЦНС) принадлежит важная роль в формировании и контроле реакций организма на электромагнитные воздействия [10 – 12]. Цель настоящей работы заключалась в исследовании особенностей поведенческой адаптации крыс с различными конституциональными особенностями к действию ПеМП СНЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы выполнена на белых крысах – самцах массой 200-230 г. Были сформированы группы животных с различным уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью при помощи теста «открытого поля» [6, 13]. В нашем исследовании «открытое поле» (ОП) представляет собой площадку размером 80 x 90 см, расчерченную на квадраты и ограниченную барьером высотой 40 см. Тестирование проводилось в затемненной

звукоизолированной камере, площадка ОП равномерно освещалась лампой мощностью 150 Вт, расположенной на высоте 1 м от уровня пола в центре площадки. Крысу помещали на середину площадки и в течение 2-х мин. регистрировали следующие показатели: горизонтальную двигательную активность (число пересеченных квадратов) и вертикальную двигательную активность (число подъемов на задние лапы), характеризующие ориентировочно-исследовательскую реакцию и частоту дефекаций и уринаций, которые рассматривались в качестве показателей эмоциональности.

На основе этой методики были выделены животные с низким (НДА), средним (СДА) и высоким (ВДА) уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью. Во всех дальнейших экспериментах каждую из трех выделенных групп разделили на 2 подгруппы. Крысы одной подгруппы служили биологическим контролем, вторую подгруппу систематически подвергали 3-х часовому воздействию ПемП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл в течение 9 суток. Эксперименты проводились через 2-3 недели после формирования групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, поведенческая адаптация к действию ПемП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл у крыс с различным уровнем двигательной активности в ОП протекает неоднозначно.

У животных с НДА в контрольной группе при первом испытании в ОП зарегистрирована минимальная как горизонтальная ($6,7 \pm 1,2$ усл. ед.), так и вертикальная ($2,2 \pm 0,6$ усл. ед.) двигательная активность. В дальнейшем, после первого-пятого тестирования горизонтальная двигательная активность снизилась до $3,2 \pm 0,4$ усл. ед., т.е. на 44,5% относительно исходного уровня, а вертикальная двигательная активность – до $1,2 \pm 0,6$ усл. ед. или на 52% (рис. 1).

К девятому дню эксперимента отмечено прогрессивное снижение и горизонтальной двигательной активности, и вертикальной двигательной активности, что свидетельствует о быстром угашении исследовательской деятельности.

В экспериментальной группе после первого воздействия ПемП горизонтальная двигательная активность увеличилась на 61% ($p < 0,01$) по сравнению с исходным уровнем и составила $12,4 \pm 2,0$ усл. ед., вертикальная двигательная активность – на 12%. К третьим суткам эксперимента горизонтальная двигательная активность в 1,4 раза превышала исходное значение ($p < 0,01$), вертикальная двигательная активность возросла в 2,4 раза ($p < 0,01$). После девяти воздействий ПемП уровень горизонтальной двигательной активности и вертикальной двигательной активности снизился до $4,4 \pm 0,8$ усл. ед. и $1,3 \pm 0,2$ усл. ед. соответственно. Значения горизонтальной двигательной активности во все сроки эксперимента превышали контрольные в 2,5-3 раза ($p < 0,01$). Уровень дефекации в условиях воздействия ПемП увеличился по сравнению с контролем и наиболее значимым был на пятые сутки эксперимента.

Такая динамика свидетельствует о возрастании интенсивности процессов возбуждения и снижении силы тормозного процесса, что может быть расценено как

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КРЫС

увеличение возбудимости ЦНС и склонности возбудительного процесса к инертному течению [13]. У животных с НДА в ОП под действием ПемП частотой 8 Гц развивается эмоциональная реакция тревожности.

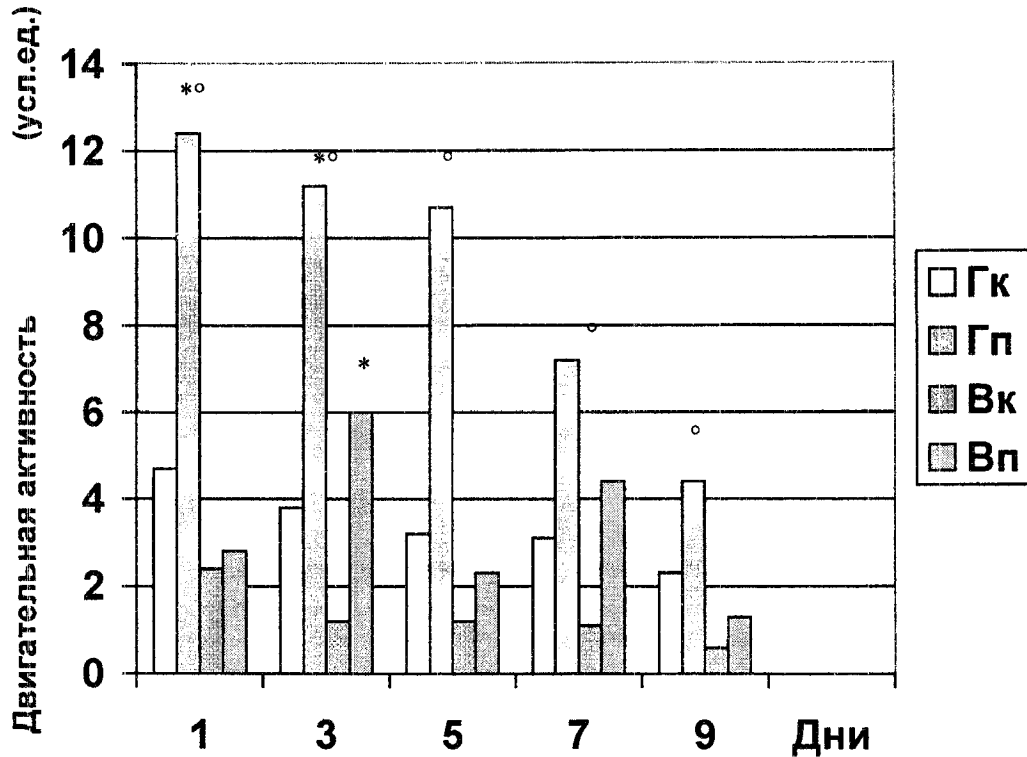


Рис.1. Динамика горизонтальной и вертикальной двигательной активности у крыс с НДА в ОП:

Гк – горизонтальная двигательная активность (контрольная группа),

Гп – горизонтальная двигательная активность (экспериментальная группа),

Вк – вертикальная двигательная активность (контрольная группа),

Вп – вертикальная двигательная активность (экспериментальная группа)

* – $p < 0,01$ - с исходным уровнем;

° – $p < 0,01$ - с контрольной группой.

Поведение крыс со СДА в контрольной группе при первом тестировании в ОП отличалось от поведения животных с НДА. Для них характерны более высокие показатели горизонтальной и вертикальной двигательной активности, равные $24,2 \pm 1,0$ усл.ед и $6,4 \pm 0,5$ усл.ед. соответственно (табл. 1).

При повторном тестировании уровень горизонтальной двигательной активности снизился на 25% ($p < 0,01$), а вертикальной двигательной активности – на 59,4% ($p < 0,01$). К девятым суткам горизонтальная двигательная активность понизилась в 6 раз, а вертикальная двигательная активность – в 11 раз ($p < 0,01$).

Таблица 1.

Динамика горизонтальной и вертикальной двигательной активности у крыс со СДА в ОП

Двиг. акт.	Группы	Исх. данные	1	3	5	7	9
Гор.ДА	К (1)	24,2±1,0	18,1±3,4	12,5±1,1	12,0±0,9	8,0±1,0	4,0±0,6
	П (2)	24,0±1,5	23,5±1,3	8,0±0,6 $P_{1,2}<0,01$	9,0±1,0 $P_{1,2}<0,01$	1,5±0,6 $P_{1,2}<0,001$	0,8±0,5 $P_{1,2}<0,01$
Верт.ДА	К (1)	6,4±0,5	2,6±0,9	1,7±0,7	1,0±0,3	1,0±0,7	0,6±0,4
	П (2)	6,4±0,5	5,8±1,0 $P_{1,2}<0,05$	1,2±0,8	1,0±0,8	0,6±0,4	0,2±0,1

Примечание: К – контрольная группа животных, П – экспериментальная группа животных, $P_{1,2}$ – достоверность различий между показателями контрольной и экспериментальной групп.

При воздействии ПеМП на животных со СДА в ОП в первый-второй дни эксперимента уровень как горизонтальной двигательной активности, так и вертикальной двигательной активности снижался не так резко, как в контрольной группе. Начиная с третьих суток опыта данные показатели оказались на 30-35%, а на пятые-девятое сутки – на 50-80% ниже контрольных значений. Дефекация у крыс со СДА в ОП увеличивалась в 1,5-3,5 раза ($p<0,05$). Наиболее выражено это явление было на первые-пятое сутки эксперимента.

Доказано, что первой на электромагнитное воздействие реагирует центральная нервная система, которой принадлежит ведущая роль в формировании и контроле реакций организма на действие различных факторов. В физиологических механизмах влияние электромагнитных раздражителей доминирует непосредственное действие данного фактора на структуры ЦНС [14, 15].

Известно также, что горизонтальная и вертикальная локомоторная активность в ОП, коррелируя между собой, в комбинации могут отражать уровень неспецифической возбудимости и служат показателем исследовательского поведения [16]. С другой стороны, корреляция горизонтальной двигательной активности с частотой дефекации является показателем высокой эмоциональности животного.

Как показали наши исследования, итогом действия ПеМП является усиление процессов торможения в ЦНС, изменение эмоциональной сферы животных. Увеличение интенсивности торможения и снижение возбудимости, происшедшие под влиянием воздействия слабых ПеМП, свидетельствуют о том, что уже после трех-пяти-кратных трехчасовых сеансов развивается поведенческая адаптация. Описанные изменения двигательного и ориентировочно-исследовательского поведения крыс со СДА в ОП полностью соответствуют данным [7].

При действии ПеМП частотой 8 Гц на крыс со средней двигательной активностью изменяется и эмоциональная сфера. Полученные нами данные, а также литературные сведения позволяют считать, что у животных этой группы

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КРЫС

развивается эмоциональная реакция страха [7]. Об этом свидетельствует увеличение в 1,5-3 раза дефекации и уринаций в сочетании с угнетением общей двигательной активности и ростом числа и времени реакций замирания.

Крысы с ВДА в ОП показали высокие значения как вертикальной, так и горизонтальной двигательной активности, равные в среднем $47,2 \pm 1,9$ усл.ед. и $11,6 \pm 1,5$ усл.ед. соответственно (рис. 2).

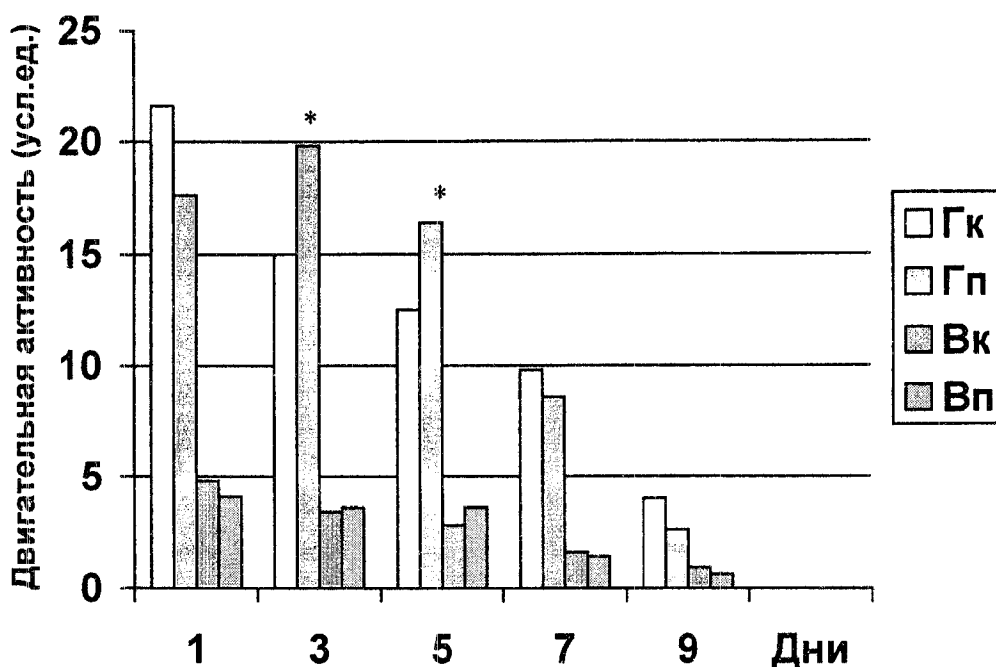


Рис.2. Динамика горизонтальной и вертикальной двигательной активности у крыс с ВДА в ОП:

Гк – горизонтальная двигательная активность (контрольная группа),

Гп – горизонтальная двигательная активность (экспериментальная группа),

Вк – вертикальная двигательная активность (контрольная группа),

Вп – вертикальная двигательная активность (экспериментальная группа)

* – $p < 0,01$ – достоверность различий по сравнению с контрольной группой.

Для них характерна выраженная подвижность, длительные горизонтальные пробежки, частое вставание на задние лапы, целенаправленная исследовательская реакция. При повторных тестированиях в течение двух-девяти суток зарегистрировано очень медленное снижение горизонтальной и вертикальной двигательной активности.

При воздействии ПеМП на крыс с ВДА после одного-двух сеансов не произошло достоверного изменения горизонтальных и вертикальных компонентов двигательной активности. На третьи-пятые сутки эксперимента показатели горизонтальной и вертикальной двигательной активности возросли на 30-32% ($p < 0,01$) по сравнению с контрольным уровнем. К девятым суткам эксперимента значения этих показателей

были на 35-38% ниже, чем у контрольных животных. Уровень дефекации повысился в 1,5-3 раза по сравнению с контрольной группой.

При сравнении результатов исследования динамики адаптационных процессов у крыс со СДА и ВДА обращает на себя внимание одинаковая направленность и выраженность изменений. Различия заключаются во времени возникновения этих изменений. У крыс с ВДА первоначальная реакция к действию ПеМП развивается на два-три дня позже и к девятым суткам эксперимента угашение ориентировочно-исследовательской реакции ещё не фиксировалось.

Таким образом, результаты проведенного исследования говорят о том, что крысы с различным уровнем двигательной активности неоднозначно реагируют на действие ПеМП. Наиболее выраженные изменения развиваются у крыс с НДА. Полученные данные согласуются с данными литературы о том, что один и тот же фактор у различных животных может вызывать разнообразные ответные реакции [2, 3, 17]. Существование разновидностей адаптационных реакций связывают с их реализацией через различные «начальные звенья» нервной системы и дальнейшими путями распространения этих влияний [2].

По данным различных авторов, разный уровень двигательной активности в ОП обусловлен различной возбудимостью ЦНС. В работах [5, 18] показано, что между низкой двигательной активностью в ОП и силой возбудительного процесса существует достоверная корреляционная связь, а уровень горизонтальной и вертикальной двигательной активности зависит от общего уровня возбудимости животного. Следовательно, крысы с различным уровнем двигательной активности в ОП отличаются друг от друга возбудимостью, о чем можно судить по статистически достоверным отличиям в скорости выработки двигательных пищевых и оборонительных рефлексов.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что у крыс с различной двигательной активностью (возбудимостью) развивается неоднозначная реакция на действие ПеМП. Типичная реакция на действие ПеМП развивается у крыс со средней двигательной активностью, которые преобладают в популяции. У крыс с высокой двигательной активностью характер развивающейся реакции не отличается от типичной, но развивается реакция в более поздние сроки. У животных с низкой двигательной активностью реакция на действие ПеМП наиболее выражена.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у животных с различным уровнем двигательной активности, а следовательно, конституциональными особенностями, адаптация к действию слабых ПеМП развивается по-разному.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования позволяют считать, что у крыс с различными конституционными особенностями воздействие слабых переменных магнитных полей развивается неоднозначная поведенческая реакция.

2. У животных со средней и высокой двигательной активностью переменное магнитное поле уменьшает двигательную активность, что свидетельствует об усилении процессов торможения в центральной нервной системе. У животных с

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КРЫС

высокой двигательной активностью снижение двигательной активности развивается в более поздние сроки.

3. У животных с низкой двигательной активностью воздействие слабого переменного магнитного поля приводит к увеличению вертикальной и горизонтальной двигательной активности, что говорит об усилении процессов возбуждения в центральной нервной системе.

Список литературы

1. Саркисова К.Ю., Куликов М.А. Индивидуальные различия в реакциях на острый стресс, связанные с типом поведения (прогнозирование устойчивости к стрессу) // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1994. - №1. - С. 89-92.
2. Судаков К.В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу. - М.: Горизонт, 1998. - 263 с.
3. Сантана Вега Леонель. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Симферополь, 1991. - 21 с.
4. Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Куртсеитова Э.Э. Зависимость изменения психофизиологического состояния детей с различными сенсорными фенотипами от локализации воздействия ЭМИ КВЧ // Миллиметровые волны в биологии и в медицине. - 2002. - №1. - С. 40-47.
5. Кулагин Д.А. Корреляция между показателями поведения в «открытом поле» и уравновешенностью нервных процессов у крыс // XXVII совещание по проблемам высшей нервной деятельности: Тез. докл. - 1984. - С. 295.
6. Hall C.S. Emotional behaviour in the rat. Debacation and urination as measures of individual differences in emotionality // J.Comp/Physiol. - 1934. - Vol. 18. - P. 38-58.
7. Adey W.R. Physiological signaling across cell membranes and cooperative influences of extremely low frequency electromagnetic fields // In: Frohlich H. (ed) Biological coherence and response to external stimuli. - Springer, Berlin Heidelberg, New York. - 1988. - P. 148-170.
8. Темурьянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. - М., 1989. - 44 с.
9. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней). - М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. - 374 с.
10. Музалевская Н.И. Магнитное поле сверхнизких частот малых напряженностей и состояние адаптационного резерва у подопытных животных // Пробл. космич. биологии. - 1982. - №43. - С. 82-98.
11. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему. - Киев: Наукова думка, 1989. - 160 с.
12. Сидякин В.Г. Влияние флуктуаций солнечной активности на биологические системы // Биофизика. - 1992. - Т. 37, №4. - С. 647-652.
13. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытого поля» // Журнал высшей нервной деятельности. - 1981. - т.31, №2. - С. 301-307.
14. Холодов Ю.А., Шишко М.А. Электромагнитные поля в нейрофизиологии. - М.: Наука, 1979. - 168 с.
15. Чиженкова Ф.А. Влияние СВЧ-облучения низкой интенсивности на импульсные потоки нейронов коры больших полушарий // Проблемы электромагнитной нейробиологии. - М.: Наука, 1988. - С. 24-31.
16. Семагин В.С., Зухарь А.В., Куликов М.А. Тип нервной системы, стрессоустойчивость и репродуктивная функция. - М.: Наука, 1988. - С. 134.
17. Фурдуй Ф.И. Физиологические механизмы стресса и адаптации при остром действии стресс-факторов. - Кишинев: Штиинца, 1987. - 239 с.

Поступила в редакцию 20.04.2006 г.