

УДК 591.17

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ОТКРЫТОМ ПОЛЕ

Минко В. А., Нагаева Е. И.

В настоящее время общепризнанно, что ритмичность биологических процессов является фундаментальным свойством живой материи и составляет сущность организации жизни на Земле [1]. В целом диапазон биологических ритмов весьма широк. Сравнительно недавно было обнаружено, что существенная роль в жизни и эволюции всех без исключения биологических объектов принадлежит также инфрадианным ритмам.

Известно, что поведение, также как и все другие физиологические показатели, изменяется во времени, т.е. имеет сложную временную организацию. Учитывая то, что в последние годы все большее внимание уделяется изучению специфики нервной системы, обусловленной индивидуальными особенностями [2], целью настоящего исследования явилось выявление индивидуальных особенностей инфрадианной ритмики поведения крыс с различным уровнем двигательной активности в тесте «открытого поля» (ОП).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на 60 беспородных белых крысах самцах массой 160-180 г. Для формирования групп животных с различными конституциональными особенностями была применена методика ОП, позволяющая относительно быстро и с большей степенью достоверности выявить индивидуальные различия между животными [3]. В этом тесте нами оценивалась горизонтальная (ГДА), вертикальная двигательная активность (ВерДА) и частота дефекаций. На основе этого метода нами были выделены 3 группы (по 20 особей в каждой группе) крыс с низким (НДА), средним (СДА) и высоким (ВДА) уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью. Значения показателей вертикальной, горизонтальной двигательной активности у крыс всех выделенных групп достоверно различались ($p < 0,01$) (табл. 1).

Данный метод позволяет быстро и адекватно выявлять динамику функциональных изменений ЦНС, оценивать реакцию животных на новую обстановку и получить другую важную информацию о поведении животных [4].

Через 7 дней после определения индивидуальных особенностей животных их вновь тестировали в ОП в течение 32 дней. Тестирование проводилось всегда в одно и то же время суток.

Для определения амплитудно-фазовых характеристик полученных результатов применяли спектральный и косинор-анализ [5]. Для расчета корреляций

использовали коэффициент Спирмена, для определения достоверности между выборками – критерий Вилкоксона, критерий Стьюдента - для независимых переменных.

Таблица 1.

Характеристика поведения крыс с различной двигательной активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля»

Характеристики выделенных групп	Характеристика поведения		
	ГДА	ВерДА	Реакция дефекации
Низкая двигательная активность, низкая эмоциональность (1)	22,00±0,57 p _{1,2} <0,001	3,75±0,25 p _{1,2} <0,001	2,000±0,001
Средняя двигательная активность, низкая эмоциональность (2)	32,80±0,70 p _{2,3} <0,01	8,30±0,15 p _{2,3} <0,01	2,00±0,31
Высокая двигательная активность, низкая эмоциональность (3)	36,80±1,11 p _{1,3} <0,001	9,28±0,18 p _{1,3} <0,001	1,80±0,20

P_{1,3}-достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с данными групп, обозначенных в таблице 1-3 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты данного исследования, поведение животных в ОП с разными индивидуальными особенностями двигательной активности имело различный характер.

В результате экспериментального тестирования отмечено, что у животных со СДА угашение вертикальных и горизонтальных компонентов двигательной активности происходило на 4-е сутки исследования соответственно. У крыс крайних групп отмечена иная картина. Так, угашение ориентировочно-исследовательской активности в более ранние сроки исследования (на 2-е сутки) наблюдается у крыс с НДА, а у животных с ВДА – в более поздние (ВерДА – на 9-е, ГДА – на 16-е сутки) (рис. 1).

Выраженные различия скорости угашения компонентов двигательной активности, вероятно, можно объяснить тем, что различный уровень двигательной активности в ОП обуславливается различной возбудимостью в ЦНС. В работах Д.А. Кулагина (1975) [6] показано, что между низкой двигательной активностью в ОП и силой возбуждительного процесса существует достоверная корреляционная связь, а уровень горизонтальной и вертикальной двигательной активности зависит от общего уровня возбудимости животного. Как свидетельствуют литературные данные низкая двигательная активность в «открытом поле» в значительной степени связана с высокой активностью серотонинэргической системы головного мозга [7].

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ОТКРЫТОМ ПОЛЕ

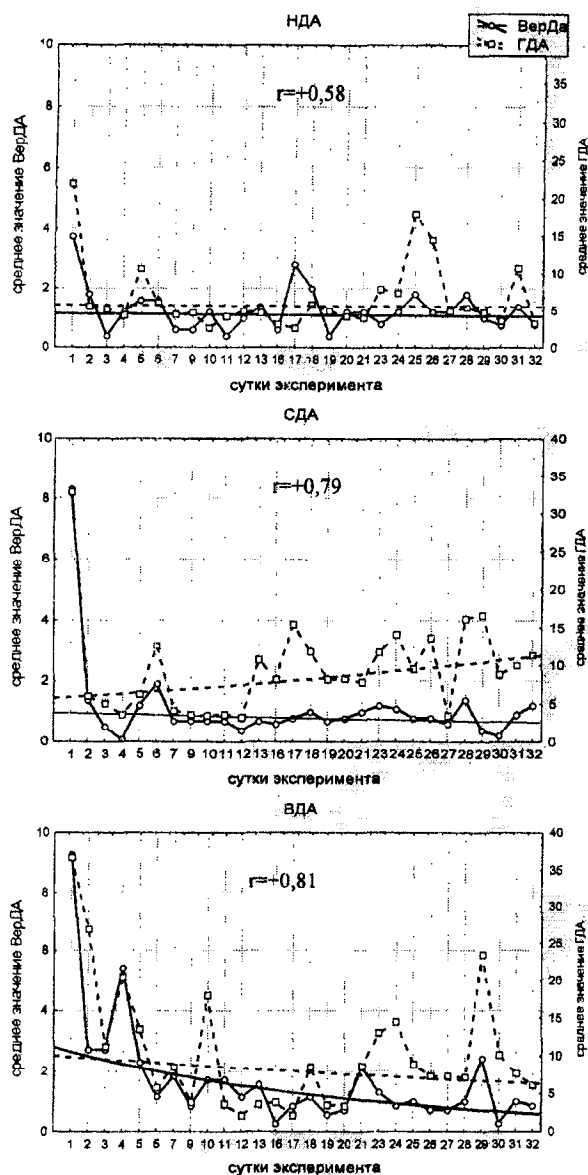


Рис. 1. Динамика и экспоненциальная модель изменений горизонтальной (ГДА) и вертикальной (ВерДА) двигательной активности у интактных крыс с низкой (НДА), средней (СДА) и высокой (ВДА) двигательной активностью в тесте «открытого поля».

Обнаружена также достоверная положительная корреляционная связь у животных с низкой ($r=+0,58$ ($p<0,05$)), средней ($r=+0,79$ ($p<0,05$)) и высокой ($r=+0,81$ ($p<0,05$)) двигательной активностью между ГДА и ВерДА (рис. 1). Следует подчеркнуть, что коэффициент корреляции в первой группе ниже, чем во второй и третьей группах животных. Этот результат подтверждает мнение ряда авторов о том, что показатели горизонтальной и вертикальной моторной активности крыс в

тесте «ОП» коррелируют между собой и в комбинации отражают уровень неспецифической возбудимости, а также служат показателем исследовательского поведения [6].

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что при многократном повторном тестировании крыс в ОП адаптация к условиям эксперимента не сводится к полному угашению исследовательской активности животных, как считалось ранее [8]. Согласно нашим данным обнаружено, что угашение ориентировочно-исследовательской деятельности крыс не носило линейного характера, а представляло волнообразный процесс, что свидетельствует о ритмической составляющей в 32-дневных изменениях исследованных показателей. При сопоставлении полученных результатов у крыс с ВДА выявлена наиболее выраженная периодическая составляющая, а у крыс с НДА – наименее.

Экспоненциальная модель данных, представленная на Рис.1. позволила определить основные направления сдвигов как ГДА, так и ВерДА. Так, у животных с СДА выявлена тенденция к возрастанию показателя ГДА, и к снижению ВерДА в течение 32-х суток наблюдений. Оказалось, что показатели поведения животных с НДА не обнаружили изменений на протяжении всего эксперимента, а у крыс с ВДА наблюдалась тенденция к снижению значений показателей локомоторной активности в ОП. Отчетливая тенденция к снижению значений показателя дефекации выявилась у всех выделенных групп животных.

Таким образом, поведение крыс носит ритмический характер и может быть описано набором инфраниантных колебаний.

С помощью косинор- и спектрального анализов нами выявлена инфраниантная периодичность в показателях ГДА и ВДА крыс в тесте ОП. Согласно нашим данным, инфраниантная периодика поведенческих реакций крыс со средним уровнем двигательной активности в ОП включает периоды длительностью $\approx 2^d,3$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,3$; $\approx 4^d,1$; $\approx 5^d,0$; $\approx 6^d,2$; $\approx 7^d,5$; $\approx 9^d,0$; $\approx 11^d,2$; $\approx 12^d,8$; $\approx 17^d,0$; $19^d,6$; $22^d,1$ (рис. 2). Эти данные находятся в полном соответствии с результатами Н. А. Темурьянц и А. В. Шехоткина (1999) [9], а также О. Б. Московчук (2003) [10], которые обнаружили инфраниантную ритмику показателей поведения в ОП у крыс со СДА.

Для крыс более малочисленных групп – с ВДА и НДА – спектры мощности показателей поведения отличаются от описанного. Так, у животных с НДА в интегральном ритме данного показателя присутствуют более «длинные периоды», такие как $11^d,2$; $12^d,8$, в то время как количество выявленных периодов значительно ниже (выявляется 9 периодов вместо 13 присутствующих у животных со СДА). У животных данной группы в интегральном ритме ВерДА присутствует только 7 периодов, а не 10, как у крыс со СДА, не выявляются 3 длинных периода – продолжительностью более $12^d,0$.

Спектры периодов показателя ГДА у крыс с ВДА характеризуются отсутствием периода $19^d,6$, а также - самого короткого периода 2,3 суток, как и в ритме животных с НДА. В периодической составляющей ВерДА животных данной группы присутствуют 13 периодов. В данном ритме отсутствует период $19,6$ суток, присутствующий в периодической составляющей животных с СДА.

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ОТКРЫТОМ ПОЛЕ

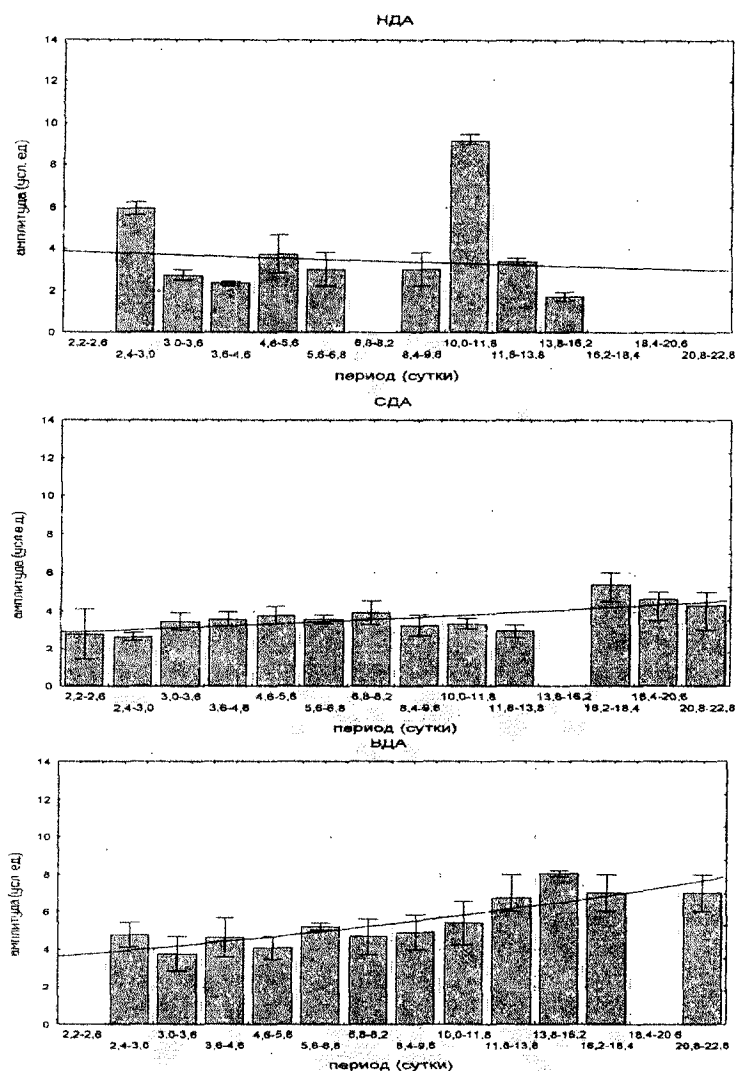


Рис. 2 Экспоненциальная модель амплитуд периодов интегрального ритма горизонтальной двигательной активности (ГДА) у интактных крыс с низкой (НДА), средней (СДА) и высокой (ВДА) двигательной активностью в тесте «открытого поля».

Амплитудно-фазовые параметры исследованных показателей двигательной активности у животных с различными индивидуальными особенностями также отличаются друг от друга (рис. 1). Как оказалось, наиболее высокие значения амплитуд зафиксированы для показателя ГДА. Их значения в 1-6 раз превышают соответствующие значения амплитуд для ВерДА во всех выделенных периодах.

Описанные периодические составляющие показателя ВерДА у животных с НДА характеризуется наличием высоких амплитуд в следующих периодах: 2,3; 2,84; 4,05 и 10,7 суток, что превышает значения амплитуд данного показателя животных с СДА в данных периодах на 0,14; 10,15; 0,30 и 0,58 усл. ед.

соответственно. Амплитуда периодической составляющей ГДА у животных данной группы характеризуется более высокими значениями в периоде 11,5 суток и составляет $9,17 \pm 2,72$ усл. ед.

Для описываемых интегральных ритмов ГДА и ВерДА крыс с ВДА характерны более высокие амплитуды выделенных ритмов, чем для спектров мощности показателей поведения крыс с низкой и особенно средней двигательной активностью.

Интегральные ритмы, рассчитанные с помощью спектрального анализа полностью совпадают с таковыми, определенными косинор-анализом. Однако косинор-анализ позволил выявить и определенные межфазные соотношения ВерДА и ГДА в выделенных ритмах. Согласно современным представлениям, целостный организм может существовать только при определенных фазовых соотношениях различных колебательных процессов в клетках, тканях, органах и функциональных системах, а фазовые различия биоритмов способствуют поддержанию гомеостаза [11]. Как известно, одним из важнейших факторов самоорганизации сложных систем является синхронизация, способствующая сохранению устойчивости системы [12]. Степень синхронизации не одинакова при различных состояниях и может быть использована для оценки устойчивости физиологических систем [13]. Во всех выделенных периодах у крыс с СДА и НДА обнаружена невыраженная разность фаз между ВерДА и ГДА, что свидетельствует о синхронизации этих показателей. Наименее выражена синхронизация (максимальная разность фаз) у большинства выделенных периодов крыс с ВДА.

Таким образом, у крыс с различными индивидуальными особенностями нами выявлены определенные различия в инфрадианной ритмике показателей поведения в ОП. Эти данные согласуются с результатами исследования В. А Батурина (1987) [14], выявившего различную степень выраженности циркадианного ритма двигательной активности у животных с неодинаковой двигательной активностью. Эти различия заключаются в длине спектров мощности, их составе, количестве выявленных периодических составляющих интегрального ритма, величине амплитуд выделенных ритмов, а также в степени синхронизации изученных параметров. У крыс с НДА выявляется наименьшее число периодических составляющих, отсутствие в ритмах длинных периодов, максимальная амплитуда 10-дневного периода в интегральных ритмах как вертикального, так и горизонтального компонентов двигательной активности. У животных с высоким уровнем двигательной активности имеет место наибольшее число периодических составляющих и наименее выраженная синхронизация между ВерДА и ГДА.

Таким образом, поведение крыс в ОП не может быть описано только с позиции угашения. В спектре биологических ритмов поведения в тесте ОП достаточно подробно изучена циркадианная ритмика [14], имеются данные и о сезонной периодичности этого показателя [15]. Поведение животных носит ритмический характер и может быть описано набором инфрадианных колебаний. Наши результаты существенно дополняют литературные данные о ритмических изменениях поведения в ОП. Так, полученные данные позволяют считать, что в инфрадианном диапазоне, также как и в циркадианном выделены животные с

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ОТКРЫТОМ ПОЛЕ

различными биоритмотипами. Исследование ритмики различных физиологических показателей у крыс с различными индивидуальными особенностями позволяет конкретизировать эти положения.

Список литературы

1. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. – М.: Полиграф сервис, 2002. – 230 с.
2. Герштейн Л.М., Камышева А.С., Чебогарева Т.Л., Сергутина А.В., Орлова Е.И. Морфохимическая характеристика мозга крыс линии Вистар, различающихся по локомоторной активности в открытом поле // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1991. – Т. 41, №2. – С. 300-305.
3. Holl C.S. Emotional behavior in the rat. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality // J. Comp. Physiol. – 1934. – Vol. 18. – P. 3858.
4. Буслевич С.Ю., Котеленец А.И., Фридлянд Р.М. Интегральный метод оценки поведения белых крыс в «открытом поле» // Журн. Высш. нервн. деят. - 1989. - Т. 39, №1. – С. 168.
5. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии. - Новосибирск: Наука.- 1976. –127 с.
6. Кулагин Д.А. Эмоциональность и типологические свойства нервной системы // Дифференциальная психофизиология и ее генетические аспекты. М.: 1975. – С. 74.
7. Кулагин Д.А., Болондинский В.К. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке // Успехи физиологических наук. - 1986. - № 1- С. 92-110.
8. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте “открытого поля” // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1981. – Т. 31, № 2. – С. 301-307.
9. Темуриянц Н.А., Шехоткин А.В. Хронобиологический анализ поведения интактных и эпифизэктомированных крыс в тесте открытого поля // Журн. Высш. нервн. деят. - 1999. - Т. 49, № 5.– С. 839-846.
10. Московчук О.Б. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на инфрадианную ритмику физиологических процессов: Автореф. дисс....канд. биол.наук. – Симферополь, 2003. – 20 с.
11. Агаджанян Н.А., Власова И.Г. Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на ритмику нервных клеток и их устойчивость к гипоксии // Биофизика. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 681-689.
12. Путилов А.А. Системообразующая функция синхронизации в живой природе. – Новосибирск: наука, 1987. – 144 с.
13. Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
14. Батурин В.А. Взаимосвязь циркадианного ритма двигательной активности с поведением крыс в открытом поле // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1987. – Т. 37, №3. – С. 567-569.
15. Архангельская Е.В. Динамика высшей нервной деятельности крыс на фоне гелиогеофизических флуктуаций: Автореф. дисс... канд. биол. наук. – Симферополь, 1992. - С. 19.

Поступила в редакцию 09.12.2003 г.