

**УДК 591.1: 57.034 + 57.081**

**ОСОБЕННОСТИ СОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ У КРЫС С ЭПИФИЗЭКТОМИЕЙ С РИТМИКОЙ  
ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

*Григорьев П. Е., Мартынюк В. С., Шехоткин А. В., Темурьянц Н. А.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследование механизмов взаимодействия организма с внешней средой приобретает в настоящее время все большее значение. В частности, в связи с возросшим интересом к проблемам хронобиологии, интенсивно обсуждается вопрос о возможных внешних датчиках времени для ультра- и инфраничных ритмов. Высказано предположение о том, что для ритмов этих диапазонов датчиком времени (пейсмейкером) могут выступать слабые переменные магнитные сверхнизкочастотные поля (ПеМП СНЧ) естественного происхождения [1]. Подтверждением этому являются данные о чувствительности эпифиза, играющего важную роль в организации и модуляции биоритмологических процессов, к ПеМП [2, 3]. Для уточнения и подтверждения роли эпифиза во взаимодействии организма с ПеМП естественного происхождения необходимы дальнейшие исследования.

В работе [4] было показано, что в спектре инфраничной ритмики физиологических показателей, контролируемых эпифизом, всегда присутствуют периоды, совпадающие с периодами вариаций естественных ЭМП, отраженных в индексах космической погоды.

Для уточнения роли эпифиза в механизмах взаимосвязи биоритмических процессов с периодическими вариациями природных ЭМП внешней среды целесообразно их сопоставление у животных с удаленным эпифизом.

Таким образом, целью настоящей работы явилось изучение влияния эпифизэктомии на временную организацию физиологических процессов у животных, и характер их синхронизации естественными вариациями электромагнитного фона.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Экспериментальная часть работы проведена на кафедре физиологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского в 1990 году. Объектом исследования служили беспородные белые крысы-самцы массой 200-230 г, полученные из питомника «Рапполово» (Санкт-Петербург). Из общего числа животных (220) были отобраны крысы одинакового возраста и веса, со средней активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля» [5]. В качестве контрольной группы были использованы интактные животные, находившиеся в обычных условиях содержания. Экспериментальные животные подвергались

## **ОСОБЕННОСТИ СОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У КРЫС С ЭПИФИЗЭКТОМИЕЙ С РИТМИКОЙ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

операции эпифизэктомии [6]. Обе группы животных содержались в условиях свет-темнота 12ч:12ч. В течение 40-дневного эксперимента, у крыс в одно и то же время измеряли 16 физиологических показателей (вертикальная и горизонтальная двигательная активность, дефекация, масса, температура тела, Ph и объем мочи, количество лимфоцитов, нейтрофилов и их отношение, моноцитов, эозинофилов, пероксидаза в нейтрофилах, сукцинатдегидрогеназа,  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназа в лимфоцитах и их отношение).

Для исследования структуры ритмов физиологических и гелиогеофизических показателей использовали косинор-анализ. Для каждого из показателей индивидуально для каждого животного строили периодограммы (спектры) с помощью косинор-анализа в пределах от 2,2 до 30 сут. с шагом (точностью) 0,2 сут. Алгоритмически выделяли периоды, которые являются локальными максимумами в каждой из периодограмм. На основании списка всех выделенных периодов для животных из данной группы получали гистограмму, которая характеризовала частоту встречаемости каждого из периодов от 2,2 до 30 суток с шагом 0,2 сут., после чего выделяли периоды (локальные максимумы на гистограмме), вносящие основной вклад в ритмику животных из соответствующей группы.

Аналогично были найдены периоды, вносящие основной вклад в периодические вариации естественных ЭМП. Были использованы ряды следующих гелиогеофизических индексов (данные ИЗМИРАН):

- Ар и Кр индексы геомагнитной активности – отражают вариации естественных ЭМП в сверхнизкочастотном диапазоне;

- относительное количество солнечных пятен (числа Вольфа W) и поток солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см – содержат вариации естественных ЭМП в низкочастотном и радиоволновом диапазонах;

- знак радиальной компоненты межпланетного магнитного поля (ММП) – со сменой знака ММП сильно связаны вариации естественных ЭМП в сверхнизкочастотном диапазоне.

В настоящей работе использовали временные ряды данных о вариациях параметров внешней среды, как за время эксперимента, так и в течение полугода перед экспериментом плюс время эксперимента. Возраст лабораторных животных к началу эксперимента не превышал 6 месяцев. Таким образом нами учитывалось влияние вариаций гелиогеофизической ритмики не только во время эксперимента, но и в течение всей жизни животных, адаптирующихся к факторам внешней среды.

При анализе данных, полученных с помощью косинор-анализа, подсчитывали случаи точного совпадения физиологических и гелиогеофизических периодов и вероятности их случайного совпадения для того, чтобы установить, закономерной ли является связь между организменной и гелиогеофизической ритмикой (для каждой группы). Правомерность этих процедур определяется простейшими свойствами вероятностей [7].

Далее подсчитывались случаи приблизительного совпадения ритмов (расхождение по длительности менее 5% для периодов от 2,2 до 9 суток и менее 2,5% для периодов от 9 до 30 суток) в физиологических и гелиогеофизических показателях.

Для каждой пары наиболее близких периодов из вариаций гелиогеофизических индексов и физиологических показателей крыс, устанавливали, короче ( $\kappa$ ) или

длиннее ( $\delta$ ) анализируемый период в организме относительно гелиогеофизического, и вычисляли коэффициент  $k/\delta$ , который показывает отношение количества более коротких периодов к числу более длительных.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены периоды, вносящие основной вклад в периодические вариации гелиогеофизических индексов и в интегральную ритмику животных из различных групп. Как видно, основные периоды, характерные для гелиогеофизических индексов, выявляется и в физиологических процессах у животных.

**Таблица 1.**

**Основные периоды для физиологических показателей крыс за время эксперимента и основных гелиогеофизических индексов в течение 7,3 месяцев (6 месяцев перед началом эксперимента и в его период) и в срок эксперимента (40 дней) в диапазоне от 2,2 до 30 суток.**

Контроль – периоды (сутки)	Эпифизэктомия – периоды (сутки)	Гелиогеофизические вариации - 7,3 мес. (сутки)	Гелиогеофизические вариации – время эксперимента – (сутки)
3,0	2,6	3,0	2,8
			3,6
4,4	4,2		4,8
5,4	5,4	5,4	5,8
6,8	6,4	7,0	6,8
	7,4		8,2
8,6	9,2	8,6	
10,0		9,6	10,0
10,6		11,4	
	11,8	12,2	
14,0	13,8	14,4	14,0
15,4	15,8	15,6	
16,4	16,8	16,8	
17,4			
18,6	18,6	18,0	18,8
19,6		19,4	
20,4	20,0		20,0
	21,2	22,2	
23,8	22,8	23,0	
	24,0		
	25,6		
26,2			26,2
27,0	27,0		27,0
		27,6	
28,2			28,0
	29,0		
29,6	29,6	29,6	

В каждом из случаев сопоставления, в показателях контрольной группы животных точно совпадают от 4 до 5 периодов с периодами гелиогеофизических индексов; вероятность случайности совпадений составляет от  $5,1 \cdot 10^{-9}$  до  $3,3 \cdot 10^{-12}$  (см. табл. 2), что значительно меньше общепринятой в биологии величины 5%. Вероятно, закономерность совпадений периодов в спектрах физиологических показателей и индексов космической погоды указывают на синхронизацию физиологической ритмики организма естественными ЭМП.

В физиологической ритмике животных из различных групп и вариациях естественных ЭМП наиболее часто встречаются периоды порядка 2,6-3,0 сут., 5,4-8,2 сут., 8,6-10,0 сут., 14,0-16,8 сут., 18,0-20,0 сут., 26,2-28,0 сут. Эти же основные спектральные составляющие были обнаружены в ритмике ферментов лейкоцитов [6], близкие периоды были получены также для интегральной ритмики крыс в исследованиях [4,8]. Таким образом, для ритмики животных характерны периоды, совпадающие или близкие основным вариациям гелиогеофизических индексов в инфранианном диапазоне.

В таблице 2 также представлено сравнение близких периодов ритмики животных и вариаций естественных ЭМП. Видно, что у интактных животных доли более длительных и более кратковременных периодов одинаковы ( $\kappa/\vartheta=1$ ), что вообще присуще животным со средней активностью [8].

Для группы эпифизэктомированных животных количество совпадающих периодов уменьшается по сравнению с контролем в целом с 9 до 5 периодов – в 1,8 раза. Количество совпадающих периодов уменьшилось на 3 периода для вариаций космической погоды за время эксперимента, и только на 1 период за время всего онтогенеза животных. Значит, синхронизация со средой после эпифизэктомии нарушается, но в ритмике физиологических процессов лучше сохраняются периоды, запечатленные в онтогенезе животных до удаления эпифиза.

У животных с удаленным эпифизом преобладают более кратковременные (по сравнению с близкими гелиогеофизическими вариациями) периоды, что, несомненно, говорит об изменениях в подстройке внутренней ритмики под вариации естественных ЭМП. В работе [8] было показано, что такое преобладание укороченных периодов равносильно тому, что «биологические часы» спешат, преобладание удлиненных периодов (по сравнению с близкими гелиогеофизическими периодами) соответствует отставанию «часов». Причем, некоторое ускорение хода «биологических часов» присуще в норме ритмике интактных животных с высокой двигательной активностью ( $\kappa/\vartheta=1,44$ ), но вследствие эпифизэктомии «биологические часы» животных со средней двигательной активностью (у которых в норме  $\kappa/\vartheta=1$ ) ускоряют ход гораздо сильнее ( $\kappa/\vartheta=3,50$ ).

Количество совпадающих периодов в ритмике эпифизэктомированных животных и вариациях ЭМП хоть и значительно меньше, чем в норме, все же не случайно (вероятности случайного совпадения от  $7,3 \cdot 10^{-5}$  до  $9,2 \cdot 10^{-7}$ ). И число близких периодов в физиологической ритмике животных с удаленным эпифизом и гелиогеофизических вариациях не меньше, чем у интактных животных. Таким образом, синхронизация с естественными ЭМП частично сохраняется и после

эпифизэктомии, следовательно, кроме эпифиза, существуют и другие магниторецепторные структуры.

Согласно мультиосцилляторной теории, кроме эпифиза существуют другие периодические осцилляторы, например, элементы APUD-системы (*Amine Precursor Uptake* – совокупность клеток, обладающих эндокринной активностью и секретирующих пептидные гормоны), располагающихся в различных органах, в элементах которой также синтезируется мелатонин [9]. По-видимому, частичное поддержание синхронизации с природными ЭМП в отсутствие эпифиза возможно благодаря этим осцилляторам. С другой стороны, без эпифиза невозможна полноценная организация и согласование физиологических процессов – в отсутствие эпифиза развивается десинхроноз (рассогласование) как между физиологическими процессами [6], так и десинхроноз, выраженный в нарушении хода «биологических часов» относительно внешнего датчика времени. Таким образом, важнейшая роль эпифиза состоит не столько в магниторецепции, сколько в организации и модуляции организменной ритмики и обеспечении подстройки к ритмике среды.

Таблица 2.

**Сопоставление интегральной ритмики физиологических показателей животных за время эксперимента и периодических вариаций гелиогеофизических индексов в течение 7,3 месяцев (6 месяцев перед началом эксперимента и в его период) и в срок эксперимента (40 дней) в диапазоне от 2,2 до 30 суток**

Группа животных	Контрольная группа		Эпифизэктомированные животные	
	в течение 7,3 мес.	во время эксперимента	в течение 7,3 мес.	во время эксперимента
Вариации космической погоды				
Количество периодов в интегральной ритмике животных всего	19		19	
К-во точно совпадающих периодов в интегральной ритмике с гелиогеофиз. вариациями	4	5	3	2
Вероятности случайного совпадения периодов в интегральной ритмике с вариациями космической погоды	$5,1 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^{-12}$	$9,2 \cdot 10^{-7}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$
К-во близких, но не совпадающих периодов	9	7	8	8
Из близких периодов к-во более коротких в интегральной ритмике, чем в гелиогеофиз. вариациях	6	2	6	8
Из близких периодов к-во более длительных в интегральной ритмике, чем в гелиогеофиз. вариациях	4	4	3	1
Общий индекс $k/d$	8:8=1		14:4=3,50	

## **ВЫВОДЫ**

1. В инфрадианной ритмике физиологических процессов присутствуют периоды, неслучайно совпадающие с периодами из вариаций естественных ЭМП. Наиболее часто встречаемые периоды в физиологических и гелиогеофизических данных порядка 2,6-3,0 сут., 5,4-8,2 сут., 8,6-10,0 сут., 14,0-16,8 сут., 18,0-20,0 сут., 26,2-28,0 сут.

2. Эпифизэктомия нарушает синхронизацию физиологических процессов с периодическими вариациями электромагнитного фона – уменьшается количество совпадающих периодов в 1,8 раза.

3. Стратегия подстройки физиологической ритмики животных со средней активностью под вариации естественных ЭМП нарушается вследствие эпифизэктомии: в контрольной группе для «биологических часов» характерна сбалансированная подстройка под вариации естественных ЭМП, а после эпифизэктомии «биологические часы» спешат.

4. Эпифиз играет важную роль в механизмах синхронизации, но частичное сохранение синхронизации физиологической ритмики и изменение стратегии подстройки в отсутствие эпифиза есть свидетельство включения периферических осцилляторов, вероятнее всего, элементов APUD-системы.

## **Список литературы**

1. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные магнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 188 с.
2. Bartsch H., Bartsch C., Mecke D., et al. // *Chronobiol. Intern.* – 1994. - V. 11, N. 1. - P. 21.
3. Bergiannaki J.D., Paparrigopoulos T.J. and Stefanis C.N. // *Experimentia.* - 1996. - V. 52. - N 3. - P. 253.
4. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С. Вариации индексов космической погоды и инфрадиантные ритмы физиологических процессов у животных. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2003. – Т. 16 (55), № 4. – С. 43-49.
5. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытого поля»// Журн. высш. нервн. деятельности.-1981.-Т. 31, №2.-С.301-307.
6. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфрадианную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифизэктомизированных крыс: Автореф. дисс. ... канд.биол.наук. - Симферополь, 1995. - 25 с.
7. Манита А. Д. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. - М.: Издат. отдел УНЦ ДО, 2001. - 120 с.
8. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А. Инфрадианная ритмика физиологических показателей крыс с разными конституциональными особенностями и вариации космической погоды. // Таврический медико-биологический вестник. – 2003. - №3. – С. 25-30.
9. Burch J.B., Reif J.S., Pitrat C.A., et al., *Annual Review of Research on the Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery and Use of Electricity*, San Diego, CA, 1997. - P. 110.

*Поступила в редакцию 15.12.2003 г.*