

УДК 591.11.1:577.35.537

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА ИНФРАДИАННУЮ
РИТМИКУ ДЕГИДРОГЕНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ЛИМФОЦИТОВ
КРОВИ КРЫС С НИЗКОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

Минко В.А.

К физиологическим системам, обладающим высокой чувствительностью к космофизическим флуктуациям, в первую очередь относится система крови и, в частности, лейкоциты. Поэтому изучение временной организации этих систем позволяет адекватно оценить реакцию целостного организма на действие факторов космического происхождения.

Изучение временной организации различных физиологических систем тем более актуально, что согласно распространенному в настоящее время мнению, организмы используют космическую ритмику, присутствующую в некоторых переменных внешней среды при синхронизации всего спектра биологических ритмов. Вероятно, наиболее важным временным ключом при этом являются периодические изменения переменных магнитных полей (ПеМП) сверхнизких частот (СНЧ). Эти изменения в настоящее время многими рассматриваются как важнейший посредник в реализации солнечно-биосферных связей [1]. Поэтому ПеМП СНЧ являются датчиком времени в широком диапазоне периодов. Получены экспериментальные доказательства этому предположению. Показано, что поле частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл изменяет инфрадианную ритмику ряда физиологических показателей. Доказано также, что к действию этого фактора более чувствительны животные с низкой двигательной активностью (НДА), определенной в тесте “открытого поля” (ОП). Однако индивидуальные особенности инфрадианной ритмики у животных с НДА и ее изменения под действием ПеМП СНЧ не изучены.

В связи с изложенным целью настоящего исследования явилось изучение особенностей инфрадианной ритмики дегидрогеназной активности в лимфоцитах крови крыс с НДА и ее изменение под влиянием ПеМП СНЧ.

Материалы и методы исследования

В работе были использованы 40 беспородных белых крыс-самцов массой 160 – 180 г.

После предварительного отбора крыс распределяли на 2 равноценные группы по 20 особей в каждой. К первой группе относились животные, содержащиеся в обычных условиях вивария (биологический контроль, К). Вторую группу составляли животные, ежедневно подвергавшиеся действию ПеМП СНЧ частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл в течение 32 дней по три часа ежедневно.

В настоящем исследовании выбор параметров воздействующего ПеМП осуществляли на основе оценки его физиологической и геофизической значимости. Частота 8 Гц близка к периодике некоторых процессов головного мозга [2]. Доказано, что частота 8 Гц является фундаментальной частотой ионосферного волновода [3]. Эти моменты и обусловили выбор частотной характеристики воздействующего ПеМП. Величину индукции (5 мкТл) выбирали с таким расчетом, чтобы она была значительно выше напряженности естественного ПеМП на данной частоте. Это позволило уменьшить эффекты неконтролируемых электромагнитных воздействий и распространить сделанные в работе выводы на достаточно широкий диапазон напряженностей ПеМП СНЧ. Одновременно учитывали, что при таком значении индукции ПеМП физиологические эффекты надежно воспроизводятся [4]. В нашем исследовании применяли многократные ежедневные 3-х часовые экспозиции в ПеМП. Именно такова средняя продолжительность геомагнитного возмущения на данной частоте [5]. Кроме того, в значительной части магнитобиологических работ были использованы близкие по продолжительности воздействия ПеМП.

Воздействие ПеМП на животных осуществляли в экранированной камере размером 4x2x2 м, степень ослабления постоянной составляющей геомагнитного поля внутри которой достигала 4,2 раза. Дополнительно были проведены измерения неравномерности магнитного поля внутри камеры, что позволило выбрать рабочий объем для размещения животных. Внутри камеры кольцами Гельмгольца создавали ПеМП СНЧ с неравномерностью поля в зоне расположения животных не более 5 %. Генератором сигналов служил специализированный компьютерный комплекс. Измерение МП осуществляли торсионным магнитометром, произведенным в Санкт-Петербургском филиале ИЗМИРАН.

Кровь для исследования брали ежедневно, в одно и то же время из хвостовой вены. В мазках крови цитохимическими методами определяли среднее содержание сукцинатдегидрогеназы (СДГ) и α -глицерофосфатдегидрогеназы (α -ГФДГ) в лимфоцитах по методу Р.П. Нарциссова [6]. Для определения взаимоотношений окислительно-восстановительных ферментов между собой и степени превалирования анаэробного процесса над аэробным подсчитывали отношение средней активности СДГ к средней активности α -ГФДГ в лимфоцитах периферической крови крыс в течение 32 суток эксперимента.

Параметры инфранианной ритмики исследовали с помощью спектрального и косинор-анализа [7].

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных спектрального и косинор-анализов свидетельствуют о том, что средняя активность СДГ и α -ГФДГ в лимфоцитах крови крыс с НДА изменяется в инфранианном диапазоне. Выявлены следующие периоды в динамике СДГ в контрольной группе крыс 2^d,6; 3^d,44; 4^d,4; 4^d,84; 6^d,16; 7^d,16; 9^d,08; 14^d,08 (рис. 1).

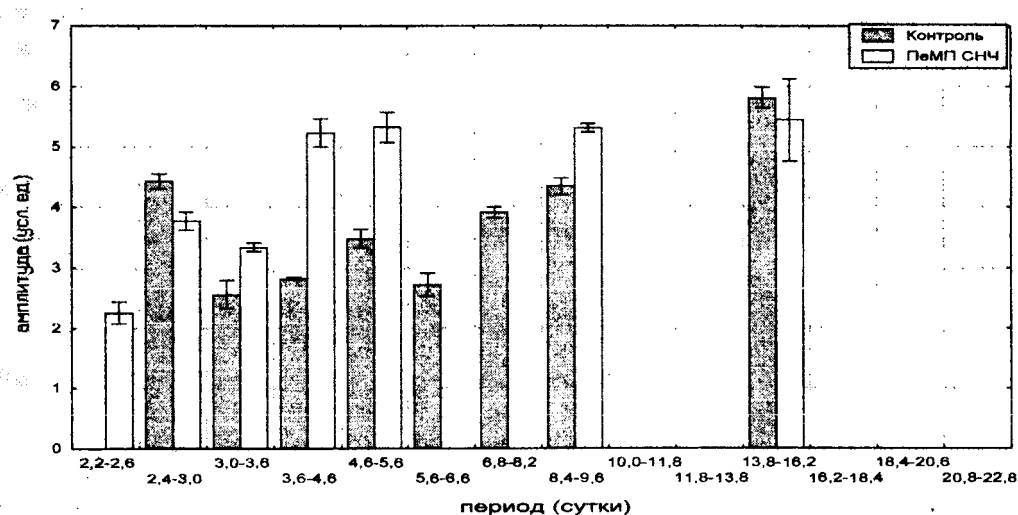


Рис.1. Амплитуды периодов интегрального ритма средней активности сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах крови интактных крыс и крыс, подвергнутых действию переменного магнитного поля сверхнизкой частоты.

Интегральный ритм средней активности α -ГФДГ содержит меньшее число периодов ($n=7$), чем ритм СДГ ($n=8$). Однако в этом ритме присутствует длинный период 22^d,3, отсутствующий в ритме средней активности СДГ (рис. 1).

Таким образом, интегральный ритм средней активности СДГ и α -ГФДГ в лимфоцитах крови интактных крыс имеют неодинаковый набор периодов. Кроме того, интегральный ритм СДГ характеризуется более высокой амплитудой выделенных ритмов, чем ритм α -ГФДГ.

Описанные особенности интегральных ритмов средней активности

дегидрогеназ отражаются и в спектре отношения $\frac{СДГ}{\alpha - ГФДГ}$ Интегральный ритм

этого показателя у крыс с НДА содержат одинаковое количество периодов с СДГ

($n=7$). Отличия заключаются в присутствии в ритме отношения $\frac{СДГ}{\alpha - ГФДГ}$

периода $\approx 2^d,4$ и уменьшением амплитуд выделенных ритмов в этом показателе по сравнению с интегральным ритмом средней активности СДГ. Таким образом, интегральные ритмы средней активности СДГ, α -ГФДГ, а также их отношений у крыс контрольной группы с НДА различаются.

У интактных животных методом косинор-анализа во всех выделенных периодах средних активностей СДГ и α -ГФДГ, за исключением околонедельного ритма, выявлены фазовые соотношения между дегидрогеназами, характеризующиеся рассогласованностью фаз (рис. 2).

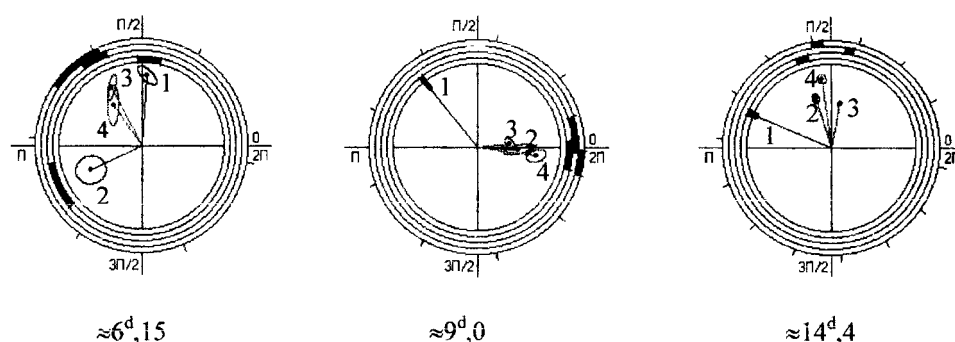


Рис. 2. Соотношение фаз биоритмов (периоды $6^d,15$; $9^d,0$; $14^d,4$) средних активностей α -глицерофосфатдегидрогеназы (1) и сукцинатдегидрогеназы (2) в лимфоцитах интактных крыс и крыс, подвергнутых воздействию ПемП СНЧ (3- α -ГФДГ, 4-СДГ).

Полученные данные согласуются с результатами более ранних исследований, в которых были выделены инфраниантные ритмы активности СДГ и α -ГФДГ и определивших фазовые взаимоотношения между ними в лимфоцитах крови крыс с различной двигательной активностью [8, 9, 10].

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что у интактных крыс с НДА инфраниантная ритмика дегидрогеназ в лимфоцитах имеет определенные амплитудно-фазовые характеристики.

Воздействие на крыс ПемП частотой 8 Гц приводит к изменению инфраниантной ритмики дегидрогеназ в лимфоцитах крови, что проявляется в изменениях области выявления периодов и амплитудно- фазовых характеристик интегральных ритмов.

Так, ПемП СНЧ заметно изменяет интегральный ритм средней активности СДГ (рис. 1) и α -ГФДГ. В интегральном ритме СДГ выявляется новый короткий период $\approx 2^d,5$, но исчезают периоды продолжительностью $\approx 5^d,8$ и $\approx 7^d,2$. Еще одной особенностью интегрального ритма средней активности СДГ в лимфоцитах крови крыс при воздействии ПемП СНЧ является резкое увеличение амплитуд в $\approx 2^d,8$; $\approx 4^d,5$; $\approx 4^d,9$; $\approx 8^d,8$ периодах. Интегральный ритм средней активности α -ГФДГ также

перестраивается: появляется новый период $4^d,4$, а околотридсуточный и двадцатидвухсуточный периоды не выявляются. Амплитуды выделенных ритмов данного показателя достоверно увеличиваются в 2,07 раза в периоде $\approx 3^d,05$, в 1,18 раза в периоде $\approx 14^d,55$ относительно показателей контрольной группы животных.

Наиболее выраженные изменения ПеМП СНЧ вносит в интегральный ритм отношения $\frac{СДГ}{\alpha-ГФДГ}$. В этом ритме выявляются новые периоды – самый длинный $20^d,8$, а также 12,07; 7,40; 3,29 суток, но исчезает период $\approx 5^d,0$. Таким образом, под воздействием ПеМП увеличилась область выявления периодов в интегральном ритме отношения $\frac{СДГ}{\alpha-ГФДГ}$.

При действии ПеМП в интегральных ритмах показателей средней активности α -ГФДГ и СДГ в лимфоцитах обнаружено значительное смещение фаз в большинстве выделенных периодов относительно контрольных значений (рис. 2, 3). Так, в периодах 2,8; 4,9; 8,8 суток интегрального ритма средней активности СДГ зарегистрирован сдвиг фаз относительно контрольных значений на 3,49; 3,32; 2,85 радиан. В интегральном ритме средней активности α -ГФДГ разность фаз в периодах 2,3; 3,1 суток составляла 2,43 и 2,14 радиан соответственно.

Выявленное смещение фаз СДГ и α -ГФДГ относительно значений контрольных групп привело к уменьшению разности фаз между ними в периодах $\approx 3^d,1$; $\approx 4^d,5$; $\approx 14^d,4$, а в периодах $\approx 6^d,15$ и $\approx 9^d,0$ - к синфазности (рис. 2). Уменьшение разности фаз между СДГ и α -ГФДГ в большинстве выделенных периодов свидетельствует о гиперсинхронизации окислительно-восстановительных процессов в лимфоцитах крови крыс.

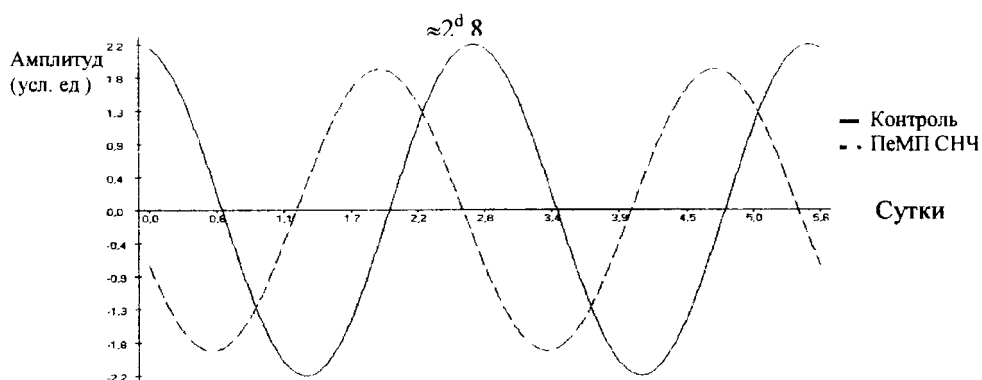


Рис. 3. Фазовые соотношения средней активности сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах периферической крови интактных крыс и крыс, подвергшихся действию ПеМП СНЧ в периоде $\approx 2^d,8$.

Дегидрогеназам принадлежит существенная роль в процессах гликолиза и дыхания. Благодаря деятельности этих окислительно-восстановительных ферментов образуются богатые энергией фосфатные соединения, столь необходимые для жизнедеятельности организма. Превращение углеводов в клетках может происходить двумя путями – по анаэробному и аэробному пути. В системе реакций, осуществляющих преемственность и синхронность в процессах анаэробного гликолиза принимает участие α -ГФДГ. Другой путь превращения углеводов, протекающий с помощью СДГ, – аэробный. В ходе этих реакций осуществляется дыхание и связанное с ним фосфорилирование, освобождается энергия, необходимая для функционирования клеток. Таким образом, ПеМП усиливает синхронизацию между изученными дегидрогеназами. Известно, что степень синхронизации является критерием оценки устойчивости физиологических систем к различным воздействиям [11]. Чрезмерная синхронизация, как и рассогласование синхронности, является индикатором неблагоприятной ситуации [12].

Известно, что многократное действие ПеМП СНЧ вызывает развитие адаптационных реакций. У крыс со СДА, преобладающих в популяции, развивается реакция активации [13]. Согласно Е.Ю. Грабовской (1992) [14] у крыс с НДА ПеМП может вызывать развитие стресс-реакции, одним из симптомов которой является нарушение временной организации, проявляющееся в гиперсинхронизации [15] или десинхронозе [16]. Таким образом, обнаруженная нами гиперсинхронизация окислительно-восстановительных процессов в лимфоцитах крови крыс, по-видимому является проявлением у крыс этой группы стресс-реакции, развивающейся на действие ПеМП СНЧ.

Полученные результаты позволяют утверждать, что ПеМП СНЧ способно изменять временную организацию физиологических процессов у крыс с НДА, что приводит к развитию гиперсинхронизации.

Список литературы

1. Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тилкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наук. думка, 1992. – 186 с.
2. Ашофф Ю. Биологические ритмы. М.: Мир. –1984. –Т.1. –414 с.
3. Schumann N.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde - Luft - Ionosphere// Naturwissenschaft. –1982. 7a. S. 250 -254.
4. Сидякин В.Г, Темуриянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. Космическая экология. – Киев: Наукова думка, 1985. – 176 с.
5. Polk G., Fitchen F., Schumahh N.O. Resonances of the carth ionosphere cavity-extremely low frequency reception at Kingston // Radio Propagation. –1962. – 3. – № 66D.– P.313.
6. Нарциссов Р.П. Прогностические возможности клинической цитохимии // Советская педиатрия. – М.: Медицина, 1982. – Вып.2. – С.267.
7. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии. – Новосибирск: Наука, 1976. –127 с.
8. Strigun L., Chirkova E., Grigor'eva G. et al. Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenases activities in rats with Walker 256 carcinsarooma // Anti-Cancer Drugs. – 1991. – 2.– P. 305–310.

9. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Шехоткин А.В. Инфранианная ритмика функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс с различными конституционными особенностями // *Биофизика*, 1995. – Т.40. – № 5. – С.1121–1125.
10. Московчук О.Б., Чуян Е.Н., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Шишко Е.Ю. Использование ЭМИ КВЧ для повышения устойчивости организма к действию неблагоприятных факторов// *Таврический медико-биологический вестник*, 2001. – Т.4. – №4. – С. 104–107.
11. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Самохвалов В.П. Космос и биологические ритмы. – Симферополь, 1995.
12. Чернышев М.К. Модели и методы математической биоритмологии в изучении и сохранении биосферы // *Современные проблемы изучения и сохранения биосферы*. – Санкт - Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – Т. 2. – С. 359 – 370.
13. Михайлов А.В. Функциональная морфология нейтрофилов крови крыс в процессе адаптации к гипокинезии: Автореф. дис. ... канд.мед.наук. – Симферополь, 1986. – 24 с.
14. Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого ПсМП СНЧ: Автореф. дис....канд. биол. наук.-Симферополь, 1992.–23 с.
15. Агулова Л.П. Биоритмологические закономерности формирования компенсаторно-приспособительных реакций в условиях клинической модели стресса: Автореф.дис.... д-ра биол. наук. – Томск, 1999. – 22 с.
16. Алякринский Б.С. Адаптация в аспекте биоритмологии // *Проблемы временной организации живых систем* (под ред. А.М.Генина). – М., 1979. – С.8–36.

Поступила в редакцию 26.03.2003 г.