

О.М.Чуян, Н.А. Темур'янц, О.Б.Московчук

Використання електромагнітного випромінювання надвисокої частоти для корекції десинхронозів

Изучено влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высоких частот на инфранидную ритмику функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс. Методом косинор-анализа выявлены инфранидные ритмы средних активностей сукцинат- (СДГ) и α -глицерофосфатдегидрогеназ (α -ГФДГ) в нейтрофилах и лимфоцитах крови крыс. Обнаружено, что ЭМИ крайне высоких частот способно изменять временную организацию физиологических систем, однако степень и характер этих изменений зависят от функционального состояния организма. У интактных животных изменения инфранидной ритмики под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ крайне высоких частот проявляются в перестройках амплитудно-фазовых характеристик некоторых показателей в отдельных периодах. При нарушении ритмических процессов ограничением подвижности, воздействие излучения нормализует временную организацию, отражением чего является восстановление амплитудно-фазовых характеристик изученных показателей. Высказано предположение о том, что в механизмах биологического действия ЭМИ крайне высоких частот важнейшую роль играет его способность модифицировать временную организацию физиологических систем.

ВСТУП

Часова організація біологічних систем різного ступеня складності є їх фундаментальною властивістю [5, 16]. Адекватною характеристикою часової організації є спектр із широким діапазоном, у якому добре вивчені лише циркадіанні ритми, що відповідають одній лінії спектра [11]. Важливою є синхронізація діяльності різних фізіологічних систем [6, 20]. Міра синхронізації неоднакова при різних станах і тому може бути використана для оцінки стійкості фізіологічних систем до дії різних чинників [11]. Адаптація до дії будь-яких чинників, розвиток захворювань супроводжуються зміною ритмічності функціонування різних систем, а десинхронізація нервових і ендокринних механізмів регуляції лежить в основі розвитку багатьох патологічних процесів або займає важливе місце в їх патогенезі.

При дії будь-якого стресора порушується узгоджена робота всіх систем та їх взаємна синхронізація, що призводить до зменшення резистентності організму до ушкоджуючих чинників [8, 21].

Тому одним із найважливіших завдань сучасної фізіології є вивчення ефективних методів оптимізації біоритмологічного стану організму, підвищення його адаптоспроможності до умов середовища, що змінюються.

Одним із таких методів є електромагнітне випромінювання (ЕМВ) низької інтенсивності. Доведено, що ЕМВ частотою 8 Гц, індукцією 5 мкТл нормалізує часову організацію у тварин з видаленим епіфізом і у тварин з обмеженою рухливістю [23], але застосування ЕМВ таких параметрів часто утруднене у зв'язку з відсутністю відповідної апаратури. Разом із тим для лікування і профілактики ба-

гатьох захворювань нині ефективно використовується ЕМВ надвисокої частоти низької інтенсивності [15]. Однак застосування ЕМВ цього діапазону для корекції десинхронозів, викликаних впливом зовнішніх стресових чинників досі не досліджено.

Фізіологічними системами, що мають високу чутливість до змін зовнішнього та внутрішнього середовища є система крові і, зокрема, лейкоцити. Тому вивчення часової організації цих систем дозволяє адекватно оцінити реакцію цілісного організму на дію чинників різного походження.

Метою нашого дослідження було вивчення здатності ЕМВ надвисокої частоти коригувати інфрадіанну ритміку функціональної активності лейкоцитів інтактних щурів, а також тварин з експериментально викликаною стрес-реакцією.

МЕТОДИКА

Дослідження виконано на 80 безпорідних білих щурах-самцях масою 200–250 г. Для експериментів відбирали тварин однакового віку, з середнім рівнем рухової активності та низькою емоційністю, що визначаються у тесті “відкритого поля” [14]. Таким чином, були відібрані тварини з однаковими типологічними особливостями, що однаково реагують на дію різних чинників. У повторних дослідах усіх тварин розподіляли на чотири рівноцінні групи ($n = 10$). До першої групи ввійшли тварини, що перебували за звичайних умов віварію (біологічний контроль). Другу групу склали тварини, котрі знаходилися за умов гіпокінезії. Тварини третьої групи зазнавали дії ЕМВ надвисокої частоти. Четверту групу склали щури, що знаходилися за умов гіпокінезії і одночасно зазнавали впливу випромінювання.

Вплив випромінювання здійснювали щодобово по 30 хв на потиличну ділянку протягом 45 діб експерименту за допо-

могою генератора “РАМЕД. Експерт-01” з довжиною хвилі 7,1 мм, щільністю потоку потужності 0,1 мВт/см².

Гіпокінезію моделювали розташуванням щурів у спеціальні пенали із оргскла, які забезпечували істотне обмеження рухливості у всіх напрямках. У описаних пеналах щури знаходилися 23 год на добу протягом 45 діб.

Кров для дослідження брали щодобово, в один і той же час з хвостової вени. У мазках крові цитохімічними методами визначали середній вміст сукцинат- (СДГ) і α -гліцерофосфатдегідрогенази (α -ГФДГ) у лімфоцитах і нейтрофілах за методом Нарцисова [17].

Обробку й аналіз експериментальних результатів проводили за допомогою параметричних і непараметричних методів. Як критерій оцінки вірогідності змін, що спостерігаються, використовували критерій t Стьюдента. Достовірною вважали різницю середніх при $P < 0,05$. Як оцінку міри близькості перемінних застосовували лінійні коефіцієнти кореляції Пірсона. Амплітудно-фазові характеристики досліджуваних процесів розраховані за допомогою косинор-аналізу, що дає повне уявлення про структуру фізіологічних ритмів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведених досліджень свідчать про те, що інфрадіанна ритміка функціональної активності лейкоцитів крові, а також міра синхронізації вивчених показників істотно змінюється при різних впливах.

В інтактних тварин виявлено інфрадіанну ритміку функціональної активності клітин крові з періодами приблизно 40, 21, 12, 7 і 3,5 діб. Інфрадіанну періодичність, що включає ритми такої самої або близької тривалості, виявлено в різних біологічних процесах [4, 24, 25]. Важливо підкреслити, що такі самі періоди в інфра-

діяльному діапазоні виявляються у варіаціях геофізичних параметрів [7]. Цей збіг – додаткове підтвердження думки про те, що змінні магнітні поля природного походження можуть використовуватись організмами як датчики часу в широкому діапазоні.

У здоровому організмі підтримується відносна узгодженість коливальних процесів, взаємозагладженість безлічі біологічних ритмів і кореляція між значеннями фізіологічних параметрів, у той час як при різних патологічних процесах спостерігається та або інша міра десинхронізації [5, 8, 30].

У тварин контрольної групи виявлено високу міру синхронізації між динамікою середньої активності СДГ і α -ГФДГ у нейтрофілах і лімфоцитах крові, що підтверджується достовірною кореляцією між цими показниками.

З позицій біоритмологічного підходу вважається, що неспецифічною відповіддю на стрес є зміна міжфункціональної синхронізації. Таким чином, десинхронізація виявляється безпосередньо пов'язаним з

будь-яким видом стресу [1, 2]. Дійсно, аналіз 45-добових спостережень показує, що найбільш виражені зміни інфрадіяної ритміки вивчених показників проявляються у тварин з обмеженою рухливістю. У всіх досліджуваних періодах спостерігалися розлади ритмів середньої активності СДГ і α -СДГ, зміна амплітуд ритмів порівняно зі значеннями в контрольній групі, зміщення фаз ритмів, відсутність достовірних кореляцій між вивченими показниками, що є наслідком десинхронізації і показником патологічних змін (рис.1, 2). Добре відома десинхронізація при стресі, викликаному швидкою або багаторазовою зміною часових поясів [16], токсичними речовинами (алкоголь), фізичними впливами, неузгодженням ритмів сон – неспання, змінами ритмів діючих геліогеофізичних датчиків часу (цикли сонячної активності, добові й сезонні варіації погоди, зміни клімату), аперіодичними змінами геліогеофізичних чинників (магнітні бурі, сонячні спалахи) [8]. Відомо, що десинхронізація спостерігається і при старінні [12, 29, 30].

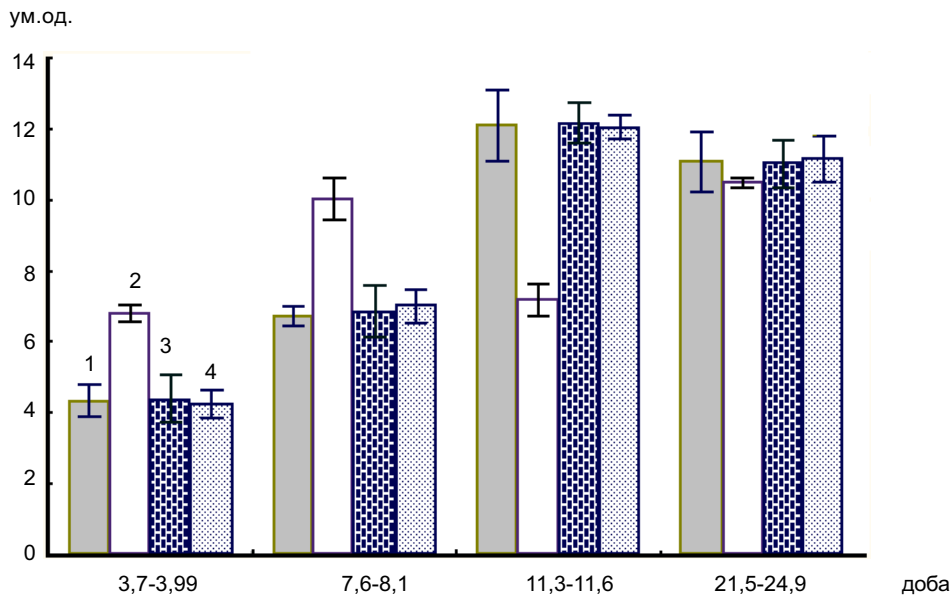


Рис. 1. Амплітуда періодів інтегрального ритму середньої активності сукцинатдегідрогенази в лімфоцитах крові контрольної групи щурів (1), при впливі гіпокінезії (2), електромагнітного випромінювання надвисоких частот (3) і їх комбінації (4)

Таким чином, гіпокінезія призводить до зміни спектра потужності досліджених показників, а також до фазового зсуву, що є ознакою десинхронозу, який розвивається внаслідок стрес-реакції на обмеження рухливості. Ці результати збігаються з даними інших авторів, котрі виявили зменшення амплітуди, нестійкість конфігурації, розлади добових ритмів температури тіла, кардіореспіраторної системи [13], а також вмісту в сироватці крові гістаміну, серотоніну та екскреції гістаміну з сечею [10], зміну часової організації діурезу й екскреції катехоламінів із сечею [26] при обмеженні рухливості тварин.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що ЕМВ надвисоких частот здатне змінювати часову організацію фізіологічних систем. Однак характер і спрямованість цих змін залежать від функціонального стану організму.

У тварин III групи під впливом ЕМВ надвисоких частот амплітуда і фаза виділених ритмів практично не відрізнялися від таких у контрольній групі, але мали принципову відмінність від амплітудно-фазових зсувів у щурів з обмеженою рух-

ливістю (див. рис. 1, 2). Високі коефіцієнти кореляції, виявлені між вмістом дегідрогенази у лімфоцитах і нейтрофілах крові тварин, свідчать про досить високу синхронізацію вивчених показників.

Аналіз результатів дослідження дії ЕМВ надвисоких частот на щурів, що знаходяться за умов обмеження рухливості, дав змогу виявити істотні особливості інфрадіанної ритміки дегідрогеназної активності лейкоцитів крові порівняно з такими у гіпокінезованих щурів. Спектри потужності вивчених показників у цій групі тварин виявляли схожість із такими у контрольній групі щурів (див. рис. 1). У разі впливу ЕМВ надвисоких частот на тварин з експериментально викликаного стрес-реакцією спостерігається нормалізація фазових взаємовідношень, внаслідок чого досягається синхронізація змін вмісту СДГ і а-ФДГ (див. рис. 2, 3).

Таким чином, при порушенні часової організації, викликаному обмеженням рухливості, ЕМВ надвисоких частот коригує її, наближаючи значення амплітуди і фази до показників інтактних тварин.

Підвищення рівня кореляції (синхро-

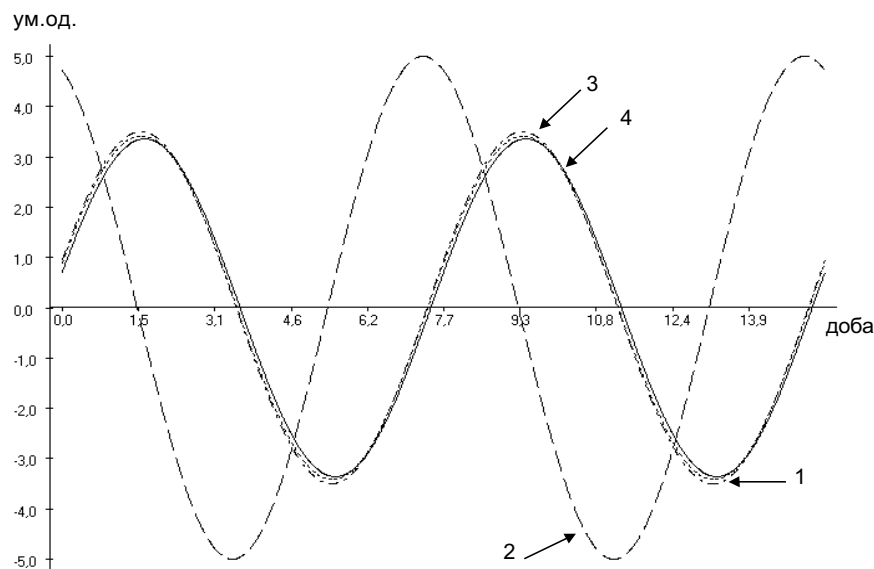


Рис. 2. Фазові співвідношення середньої активності сукцинатдегідрогенази в лімфоцитах крові щурів у тижневому періоді при різноманітних впливах: 1 – контроль; 2 – гіпокінезія; 3 – електромагнітне випромінювання надвисоких частот; 4 – комбінований вплив гіпокінезії та випромінювання

нізації) між показниками різних систем є ознакою сприятливої адаптації до дії чинників різної природи [22, 27, 28]. Це зрозуміло, оскільки синхронізація вважається енергетично оптимальним режимом функціонування динамічної системи і забезпечує їй властивості цілісності і стійкості [20].

Синхронізація ендогенних ритмів дуже слабого сигналу, яким і є інформаційне ЕМВ надвисоких частот, узгоджується з концепцією “біологічної дії мікродоз” різних фізичних і хімічних агентів [9]. При цьому відбувається “затягнення” або “захоплення” близької частоти [3,11,19]. Ці факти свідчать про можливість використання ЕМВ цього діапазону як зовнішній синхронізатор, “датчик часу” при десинхронізації різного типу.

Таким чином, при десинхронізації, викликаному стрес-реакцією, щодобовий вплив ЕМВ надвисоких частот (7,1 мм; 0,1 мВт/см²) нормалізує інфрадіану ритміку вивчених показників. У цьому вияв-

ляється один із механізмів антистресорної дії міліметрових хвиль.

Результати нашого дослідження дають змогу пояснити один з механізмів лікувальної дії ЕМВ надвисокої частоти, оскільки розвиток будь-якої патології починається передусім з часового неузгодження функцій [18].

Chuyan E.N., Temuryants N.A., Moskovchuk O.B.

THE CHANGE OF INFRADIAN RHYTHMICITY OF THE OPEN – FIELD BEHAVIOR OF RATS UNDER THE INFLUENCE OF EHF – WAVES

The infradian rhythmicity of the open-field behavior of rats under the influence of EHF – waves was investigated. It was shown the development of desynchronization under the influence of EHF – waves on intact rats. Under the influence of EHF – waves the development of desynchronization on hypokinetic rats was remarkable decreased. It was found that EHF – waves are able to modify the temporary organization of physiological systems, however, the magnitude and the character of these changes depend on functional state of the organism. It has been suggested that the ability of EHF – waves to modify temporary organization of physiological systems plays an important role in mechanisms of their biological action.

V.I. Vernadski Tavriysky National University, Simferopol

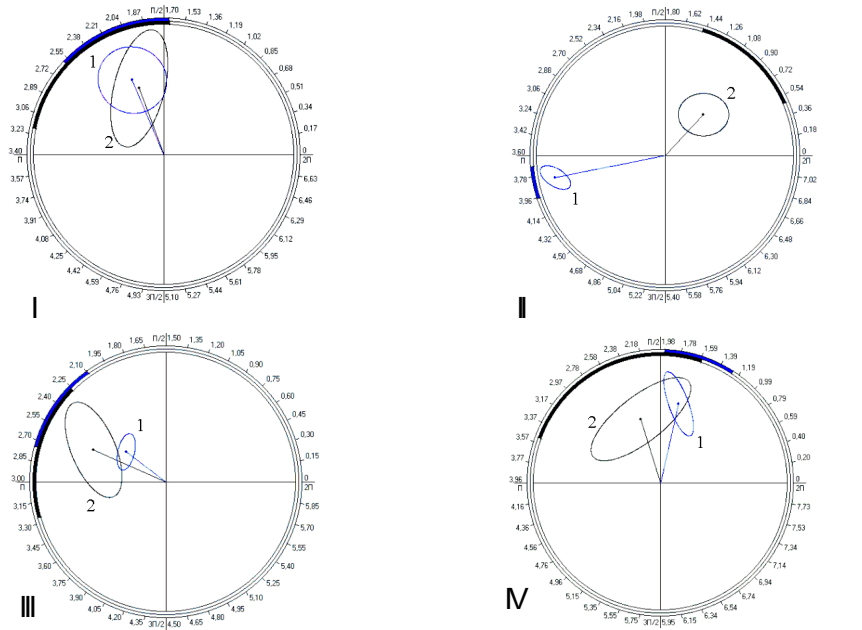


Рис. 3. Співвідношення фаз біоритмів середньої активності сукцинатдегідрогенази (1) і α-гліцерофосфатдегідрогенази (2) у нейтрофілах крові щурів при різних впливах (I– контроль; II – гіпокінезія; III – електромагнітне випромінювання надвисоких частот; IV – комбінований вплив гіпокінезії та випромінювання) у періоді близько 7 діб

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агулова Л.П. Основные принципы адаптации организма к космогеофизическим факторам. – В кн.: Биофизика. – 1998. – Т. 43. – С.571 – 575.
2. Агулова Л.П. Биоритмологические закономерности формирования компенсаторно-приспособительных реакций в условиях клинической модели стресса: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Томск, 1999. – 22 с.
3. Агулова Л.П., Удальцова Н.В., Шноль С.Э. Корреляция макроскопических флуктуаций в биологических и физико-химических процессах с космофизическими факторами. – В кн.: Электромагнитные поля в биосфере. – М.: Наука, 1984. – Т. 1. – С.220 – 224.
4. Алерс И., Алерсова Е., Шмайда В. и др. Много-суточные метаболические ритмы у крыс. – В кн.: Биологические исследования в космической биологии и медицине. – М.:Наука, 1989. – С.178 – 183.
5. Ашофф Ю. Свободнотекущие и захваченные циркадианные ритмы. – В кн.: Биологические ритмы. – М.: Мир, 1984. – Т.1. – С.53 – 54.
6. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М., 1971. – 894 с.
7. Бобова В.П. Спектры колебаний АЕ-индекса и глобальные осцилляции Солнца: диапазон периодов 200–420 минут // Магнитосфер. исследования. – 1989. – №10. – С.86 – 95.
8. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура ритмов сердца и факторы внешней среды. – М., 2002. – 232 с.
9. Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Худяков И.В. Воздействие химических агентов в сверхмалых дозах на биологические объекты // Изв. АН СССР. – 1990. – № 2. – С.184 – 193.
10. Вайсфельд И.Л., Ильичева Р.Ф. Суточный ритм обмена биогенных аминов у человека при экстремальных воздействиях. – В кн.: Труды IX чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э.Циолковского. – (16–19 сент. 1974, Калуга). – М., 1976. – С.21 – 33.
11. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурыянц Н.А. и др. Космос и биологические ритмы. – Симферополь, 1995. – 286 с.
12. Дэвис Ф. Онтогенез циркадианных ритмов. – В кн.: Биологические ритмы. – М., 1984. – Т.71. – С.292 – 309.
13. Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
14. Кулагин Д.А., Болондинский В.К. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке // Успехи физиол. наук. – 1986. – № 1. – С. 92 – 110.
15. Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн // Миллиметр. волны в биологии и медицине. – 1999. – №3. – С.3 – 14. – №4. – С.3 – 9.
16. Моисеева Н.И., Сысуев В.М. Временная среда и биологические ритмы. – Л.: Наука, 1981. – 127 с.
17. Нарциссов Р.П. Диагностическая и прогностическая ценность цитохимического определения дегидрогеназ лимфоцитов // Вестн. АМН СССР. – 1978. – №7. – С.71 – 74
18. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.М., Газенко О.Г. Космическая кардиология. – М.: Медицина, 1967. – 206 с.
19. Пресман А.С. Организация биосферы и ее космические связи. – М.:ГЕО – СИНТЕГ, 1997. – 239 с.
20. Путилов А.А. Системообразующая функция синхронизации в живой природе. – Новосибирск: Наука, 1987. – 144 с.
21. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты адаптации. – М.: Наука, 1986. – 241 с.
22. Степанова С.И., Галичий В.А. Космическая биоритмология. – В кн.: Хронобиология и хрономедицина / Под ред. Комарова Ф.И., Рапопорта С.И. – М., 2000. – С.266 – 298.
23. Темурыянц Н.А., Шехоткин А.В. Изменение инфрадианной ритмики дегидрогеназ лимфоцитов крови крыс при эпифизэктомии и действии слабых переменных магнитных полей // Авиакосм. и экол. медицина. – 1995. – Т.29, №3. – С. 39 – 43.
24. Темурыянц Н.А., Чуян Е.Н., Шехоткин А.В. Инфрадианная ритмика функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс с различными конституционными особенностями // Биофизика. – 1995. – 40, № 5. – С.1121 – 1125.
25. Темурыянц Н.А., Шехоткин А.В. Хронобиологический анализ поведения интактных и эпифизэктомизированных крыс в тесте открытого поля // ЖВНД. – 1999. – 49, №5. – С. 83 9 – 846.
26. Темурыянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1989. – 44 с.
27. Чибисов С.М., Бреус Т.К., Шебзухов К.В. Адаптация и стресс в различные фазы магнитной бури. – В кн.: Материалы Междунар. семинара “Космическая экология и ноосфера”. – Крым, Партенит, 1999. – С.52 – 53.
28. Шукин А.И. Биоритмологические аспекты проблемы двухсменного труда. – В кн.: Проблемы космической биологии. – М.: Наука, 1989. – С.61 – 75.
29. Aschoff J., Gereche U., Wever R. Desynchronization of human circadian rhythm // Jap. J. Physiol. – 1967. – 17. – P.450 – 457.
30. Halberg F. Quo vadis basic and clinical chronobiology: promise for health maintenance// Amer. J. Anat. – 1983. – 168. – P.107 – 112.

Матеріал надійшов до редакції 24.09.2002

Тавр. нац. ун-т ім. В.І.Вернадського