

УДК 591.18:615.849.11

## ЗАВИСИМОСТЬ АНАЛЬГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭМИ КВЧ ОТ НАЛИЧИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЭМИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КУРСОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н., Чуян Е.В.

Исследовали зависимость антиноцицептивного действия курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) от наличия и отсутствия поляризации ЭМИ при экспериментально вызванной острой болевой реакции. Показано, что воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией отмечается более выраженное уменьшение болевой чувствительности по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты, антиноцицептивное действие, поляризация, болевой порог, уровень выносливости боли

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что биологическая эффективность ЭМИ КВЧ зависит от параметров воздействия: длины волны [1, 2], плотности потока мощности [3, 4], частоты модуляции ЭМИ [5], экспозиции [6, 7], локализации [8, 9], что налагает определенные требования как к аппаратуре, так и к методике КВЧ-воздействия для получения оптимального результата. В наших предыдущих исследованиях показано, что предварительное как однократное, так и курсовое воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) обладает выраженным антиноцицептивным эффектом при экспериментально вызванных тонической, висцеральной, острой термической боли и электрораздражении. Кроме того, показано, что величина антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ на организм животных зависит от экспозиции воздействия и параметров излучения [9]. В частности показано, что анальгетическая эффективность ЭМИ КВЧ от наличия или отсутствия поляризации однократного воздействия ЭМИ. В многочисленных работах показано, что поляризованные ЭМИ видимого диапазона обладают противовоспалительным, иммуномодулирующим, анальгетическим, репаративным, антиоксидантным действиями [10 – 11]. Однако до настоящего времени отсутствуют данные о зависимости анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ с наличием поляризации от продолжительности курсового воздействия.

В связи с этим, целью данного исследования явилось выявление зависимости антиноцицептивного действия курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ

(длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) от наличия и отсутствия поляризации ЭМИ при экспериментально вызванной острой болевой реакции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для реализации поставленной цели было проведено исследование на взрослых белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-220 грамм (n = 90), полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Для экспериментов отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля», которые, согласно нашим [13] и литературным данным [14], преобладают в популяции и, следовательно, можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Всех животных распределили на три равноценные группы по тридцать особей в каждой. Крысы первой группы (ТГП) подвергались изолированному действию острой термической боли, которую моделировали в тесте «горячая пластинка» (ТГП) [15] в течение 9-ти суток. Животное помещали на металлическую площадку, поверхность которой с помощью нагревательного элемента равномерно постепенно нагревалась. Откалиброванным тестером регистрировали болевой порог (БП) – минимальную температуру, при которой появлялись первые болевые реакции у животных (отдергивание и лизание конечностей). При постепенном увеличении температуры контактного элемента (0,1°С / 2 с) определяли уровень выносливости боли (УВБ), при котором наблюдалось развитие другого вида ноцицептивного возбуждения, сопровождавшегося максимальным усилением эмоционально-поведенческих проявлений: генерализованная двигательная реакция побега, прыжка и вокализации, что свидетельствует об отсутствии толерантности к ноцицептивному раздражителю и о возникновении мотивации устранения болевых ощущений [16, 17]. В этом тесте животному предъявляли по три попытки (через три минуты друг за другом), затем вычисляли среднее арифметическое из трех измерений.

Животных второй группы (КВЧ+ТГП) дополнительно подвергали воздействию ЭМИ КВЧ с помощью терапевтического генератора «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (рис. 1 – А) с длиной волны 7,1 мм (частота излучения – 42,3 ГГц), плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> и излучателем, выполненным в виде «точки» (габаритные размеры – 18 x 23 мм) по 30 минут ежедневно в течение 9-ти дней. Крысы третьей группы (КВЧп + ФТ) перед тестированием подвергали воздействию ЭМИ КВЧ с помощью аппарата «РАМЕД – РЭМО» с длиной волны 7,1 мм, плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> и излучателем, выполненным в виде «антенны», в котором использована круговая правосторонняя поляризация той же экспозиции и продолжительности курсового воздействия (рис. 1 – Б).

Все аппараты изготовлены Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск. Локализация воздействия – затылочно-воротниковая область, что связано с тем, что данная область у человека и животных является одной из основных рефлексогенных зон, где обнаружено большое количество рецепторных окончаний, сосудов микроциркуляторного русла, лимфатических сосудов, биологически активных точек,

тучных клеток, т.е. именно тех элементов, которые в настоящее время рассматриваются в качестве первичных мишеней для волн миллиметрового диапазона [18].

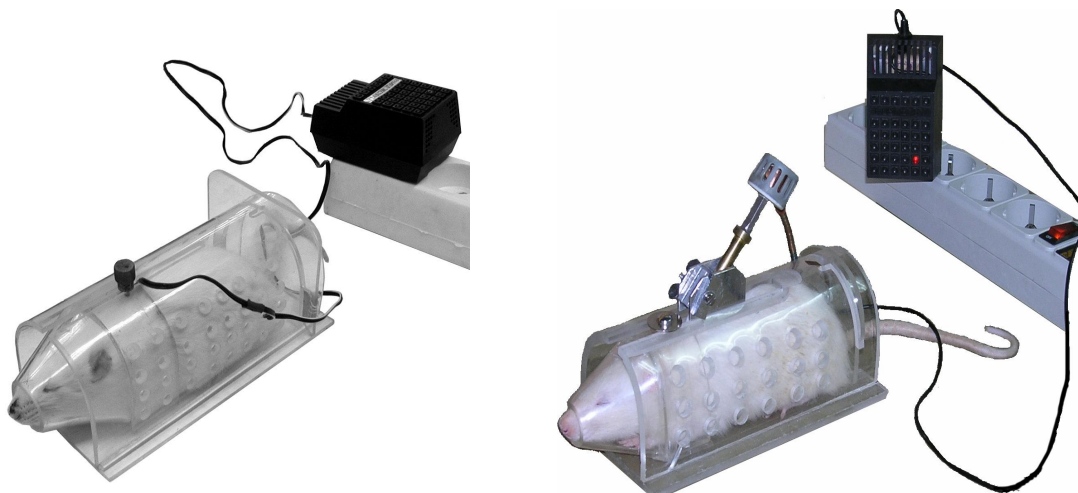


Рис. 1. Экспериментальное воздействие низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) с помощью аппарата «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (А) и «РАМЕД РЭМО» (Б).

В данном тесте животные использовались однократно, после чего выбывали из эксперимента. Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток варьирует [19], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов).

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК с использованием стандартных статистических программ.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, у животных первой группы, подвергнутых изолированному действию острого болевого фактора в ТГП БП и УВБ в течение 9-ти суток составлял в среднем  $50,68 \pm 0,29$  °С и  $56,52 \pm 0,37$  °С соответственно.

У крыс второй группы, подвергнутых острой термической боли в ТГП при курсовом воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в течение девяти суток наблюдения наибольшее увеличение БП и УВБ зарегистрировано на третьи сутки воздействия – на 7,06 % ( $p < 0,01$ ) и 7,30 % ( $p < 0,01$ ) соответственно по сравнению с данными у животных первой группы (ТГП) (рис. 2). При последующих КВЧ-воздействиях отмечалось стойкое повышение БП и УВБ в среднем на 4,56 % ( $p < 0,01$ ) и 3,25 % ( $p < 0,01$ ) соответственно относительно значений этих показателей у животных, которые подвергались изолированному действию болевого фактора.

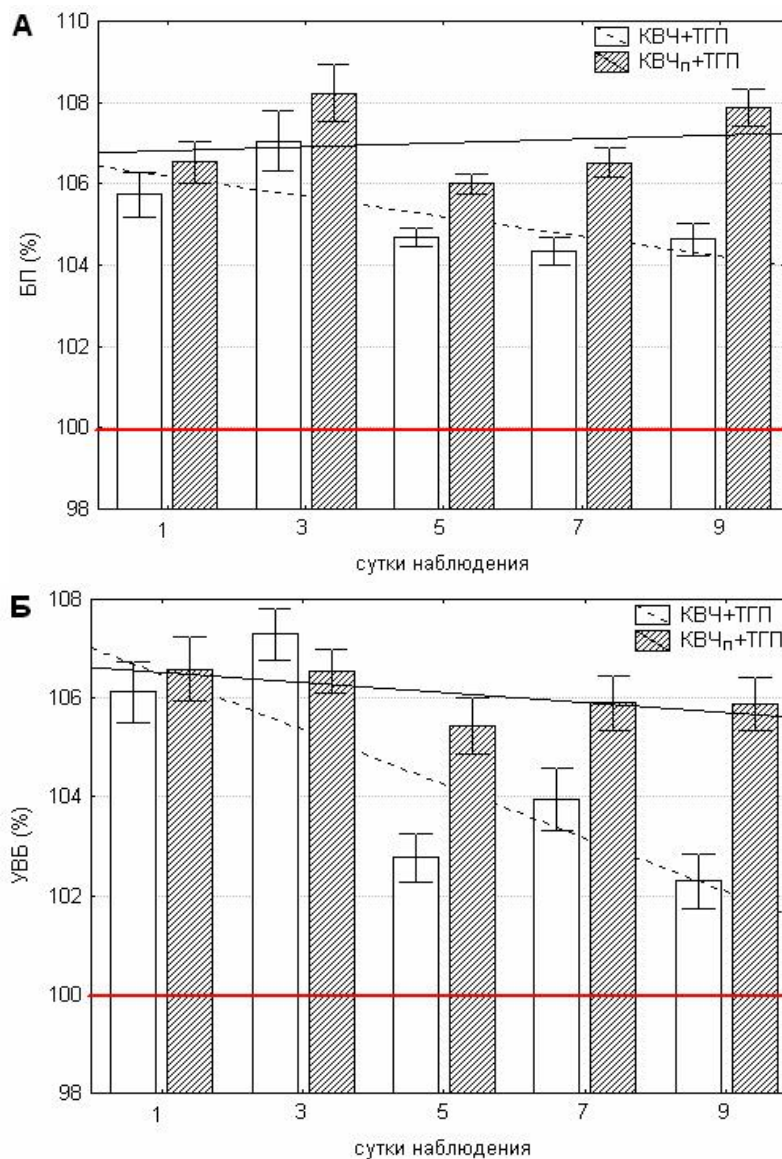


Рис. 1. Изменение болевого порога (БП) и уровня выносливости боли (УВБ) у крыс при комбинированном действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты при наличии (КВЧп) и отсутствии поляризации (КВЧ) и острого болевого фактора (ТГП) (в % относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора, принятого за 100 %).

Экспоненциальный анализ данных показателей у животных второй группы свидетельствует об уменьшении как БП, так и УВБ в течение 9-ти суток воздействия ЭМИ КВЧ относительно исходных данных.

У животных третьей группы, подвергнутых дополнительному действию ЭМИ КВЧ с правосторонней поляризацией ЭМИ (КВЧп+ФТ) в течение девяти суток наблюдения наибольшее увеличение БП и УВБ отмечалось также на третьи сутки воздействия – на 8,21 % ( $p<0,01$ ) и 6,54 % ( $p<0,01$ ) соответственно по сравнению с данными у животных первой группы (ТГП). Однако относительно соответствующих значений у животных второй группы (КВЧ+ФТ) эти показатели в этот срок изменились недостоверно. В последующие сутки воздействия у животных третьей группы отмечалось постепенное увеличение БП и УВБ относительно значений данных показателей у животных как первой (ТГП), так и второй (КВЧ+ТГП) групп. В частности, на седьмые сутки БП и УВБ увеличились на 6,52 % ( $p<0,01$ ) и ,90 % ( $p<0,01$ ), а на девятые сутки – на 7,86 % ( $p<0,01$ ) и 5,89 % ( $p<0,01$ ) соответственно относительно значений этих показателей у животных, которые подвергались изолированному действию болевого фактора (ТГП).

Относительно значений у животных второй группы, подвергнутых комбинированному действию ЭМИ КВЧ без поляризации и болевого фактора, у крыс третьей группы (КВЧп+ФТ) БП и УВБ на пятые сутки достоверно увеличились на 2,17 % ( $p<0,01$ ) и 1,96 % ( $p<0,01$ ), а на девятые сутки – на 3,23 % ( $p<0,01$ ) и 3,59 % ( $p<0,01$ ) соответственно.

Экспоненциальный анализ значений БП у животных третьей группы свидетельствует о тенденции к их увеличению, а УВБ – к уменьшению относительно исходных данных.

Таким образом, воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с помощью опытного генератора «РАМЕД – РЭМО» с излучателем, в котором использована фиксированная круговая правосторонняя поляризация ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с терапевтическим генератором «РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» с излучателем, выполненным в виде «точки» без поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией максимальное увеличение обезболивающего действия данного физического фактора отмечалось после трехкратного КВЧ-воздействия, как и при курсовом КВЧ-воздействии без поляризации. Однако если в последующие сутки воздействия ЭМИ КВЧ без поляризации наблюдалось увеличение болевой чувствительности животных, то при КВЧ-воздействии с поляризацией зарегистрировано стабилизация антиноцицептивного эффекта данного физического фактора.

По-видимому, поляризация ЭМИ является физиологически адекватным положительным модификатором болевой реакции, поскольку, характеризуясь пространственно-временной упорядоченностью ориентации электрического и магнитного векторов излучения, обладая очень низкой (неповреждающей) интенсивностью потока энергии, обеспечивает резонансные эффекты с мембранами клеток кожи, форменных элементов крови, кожных капилляров, т.е. «мишеней» ЭМИ КВЧ. При этом развивается комплекс биофизических ответных реакций, общим итогом которых является многоуровневая оптимизация клеточных функции [20, 21].

Таким образом, воздействие низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без

поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом воздействии данного физического фактора анальгетический эффект постепенно возрастает и становится более стабильным.

#### ВЫВОДЫ

1. Воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации при действии острого термического фактора.
2. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией максимальное увеличение анальгетического действия данного физического фактора отмечается после трехкратного КВЧ-воздействия, как и при курсовом КВЧ-воздействии без поляризации.
3. В последующие сутки воздействия (5-9 сутки) ЭМИ КВЧ с поляризацией отмечается уменьшение болевой чувствительности по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации.

#### Список литературы

1. Ковалев А.А. Кортикальные механизмы реализации биологического действия электромагнитных излучений миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 1 (13). – С. 8-16.
2. Чуян Е.Н., Темуриянц М.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
3. Гапеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е. Модификация активности перитонеальных нейтрофилов мыши при воздействии миллиметровых волн в ближней и дальней зонах излучателя // Биофизика. – 1996. – Т. 41, Вып. 1. – С. 205-219.
4. Алейник Д.Я., Заславская М.И., Карнаухов А.В. и др. Некоторые биологические эффекты КВЧ-излучения // Бюллетень эксп. биол. и медицины. – 1999. – №5. – С. 516-518.
5. Самосюк И.З., Куликович Ю.Н., Тамарова З.А., Самосюк Н.И., Кажанова А.К. Подавление боли низкоинтенсивными частотно-модулированными миллиметровыми волнами при воздействии на точки акупунктуры // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2000. – № 4. – С. 7-11.
6. Бриль Г.Е., Панина Н.П., Невская Е.Ю. Действие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на полигенные хромосомы *Chironomus plumosus* // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2000. – № 1 (17). – С. 3-7.
7. Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
8. Теплоне М.В., Щеглов В.С., Симакова А.А. Способ оптимизации КВЧ терапии. В сб.: Применение КВЧ-излучения низкой интенсивности в биологии и медицине: VII Всесоюзный семинар, Москва, Звенигород, 13-15 ноября 1989 г. - М.: ИРЭ АН СССР, 1989. – С. 118.
9. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ”, 2006. – 456 с.
10. Лиманський Ю.П., Тамарова З.А., Гуляр С.О., Бідков Е.Г. Дослідження анальгетичної дії поляризованого світла на точки акупунктури // Фізіол. журн. - 2000. – Т. 46, №6. – С.105-111.
11. Зазулевская Л. Светобионотерапия в стоматологии // Дент-Арт. – 2001. – № 2. – С. 61-63.
12. Міщенко С.В. Вплив поляризованого світла на фібриноліз // Фізіол. журнал. – 2004. – Т. 50, № 3. – С. 55-58.

13. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис... канд. биол. наук / СГУ. – Симферополь, 1992. – 25 с.
14. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.
15. O'Callaghan J., Holtzman S.G. Quantification of the analgesic activity of narcotic antagonists by a modified hot-plate procedure // *Pharmacol. Exp. Ther.* – 1979. – Vol. 194. – P. 497–505.
16. Папин А.А., Петров О.В., Какурин Ф.Ф., Вагина М.А., Зетилов В.Б. Исследование анальгетического компонента премедикации методом тепловой сенсометрии // *Анестезиология и реаниматология.* – 1983. – № 1. – С. 18–20.
17. Осипова Н.А., Абрамова Ю.Б., Рыбакова Л.В., Ефимова Н.В., Багдатов М.Г. Сенсометрия в оценке эффективности премедикации // *Анестезиология и реаниматология.* – 1984. – № 1. – С. 54–59.
18. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: Наука, 2004. – 272 с.
19. Golombek D.A., Escobar E., Burin L.J. et al. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist // *Eur. J. Pharmacol.* – 1991. – Vol. 194, № 1. – P. 25–30.
20. Gimsa J., Wachner D. A polarization model overcoming the geometric restrictions of the laplace solution for spheroidal cells: obtaining new equations for field-induced forces and transmembrane potential // *Biophys J.* – 1999. – Vol. 77(3). – P. 1316–1326.
21. Kashimori Y., Funakubo H., Kambara T. Effect of syncytium structure of receptor systems on stochastic resonance induced by chaotic potential fluctuation // *Biophys J.* – 1998. – Vol. 75(4). – P. 1700–1711.

Дж елдубаева Е.Р., Чуян О.М., Чуян С.В. Залежність анальгетичної дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ від наявності поляризації ЕМВ та тривалості курсової дії // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 75–81.

Досліджували залежність курсової дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ (довжина хвилі 7,1 мм; щільність потоку потужності 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) від наявності і відсутності поляризації ЕМВ при експериментально викликаній гострій больовій реакції. Показано, що дія низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ з наявністю фіксованої кругової правосторонньої поляризації ЕМВ має більш виражений антиноцицептивний ефект в порівнянні з НВЧ-дією без поляризації при дії гострого термічного чинника. При курсовій НВЧ-дії з поляризацією отримано більш виражене зменшення больової чутливості в порівнянні з НВЧ-дією без поляризації.

Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, антиноцицептивна дія, поляризація, больовий поріг, рівень тривалості болю.

Dzheldubaeva E.R., Chuyan E.N., Chuyan E.V. Dependence of analgetics action of low intensity of EMI UHF on the presence of polarization of EMI and duration of course influence // *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, Chemistry».* – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 75–81.

There was studied the dependency of the nociceptive effect of the low intensity EHF EMR course exposure (wave-length 7,1 mm; power flux density 0,1 mw/cm<sup>2</sup>) on the presence/absence of polarization of EMR at the experimentally caused sharp pain reaction. The exposure of the low intensity EHF EMR while the fixed EMR circular right-side polarization is present turned out to have the stronger antinociceptive effect as compared with the EHF exposure without polarization under the influence of sharp thermal factor. The EMR course exposure with polarization led to the decrease of pain sensitivity as compared with the one without polarization.

Keywords: низькоінтенсивное electromagnetic radiation of extremely high-frequency, антиноцицептивное action, polarization, pain threshold, level of endurance of pain

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.