

Б.С. Сушко, Ю.П. Лиманський, С.О. Гуляр

Дія електромагнітних хвиль червоних та інфрачервоних світлодіодів на поведінкові прояви соматичного болю

Проведено исследование анальгетического действия электромагнитных волн (ЭМВ) красного ($\lambda=640$ нм \pm 30 нм) и инфракрасного ($\lambda=880$ нм \pm 30 нм) светодиодов аппарата МЕДОЛАЙТ на поведенческие проявления белых аутбредных половозрелых самцов мышей при тонической и острой боли. Тоническую боль вызывали подкожным введением 20 мкл 5%-го раствора формалина в тыльную поверхность стопы задней лапы. Точка акупунктуры (ТА) E-36 или очаг боли подвергались в течение 10 мин действию излучения ЭМВ красного и инфракрасного светодиодов суммарной плотностью потока мощности излучения 26 мВт/см² в непрерывном и импульсном (частоты 10, 600, 8000 Гц) режимах. Количественную оценку интенсивности болевого синдрома производили по средней групповой продолжительности или по числу болевых проявлений поведения животных (лизание очага боли, одиночные мышечные сокращения травмированной формалином лапы), а также неболевых проявлений (сон, грумминг, перемещения, еда) за определенный промежуток наблюдений. Чувствительность животных к острой боли (болевого порог) определяли в опытах с "электрическим полом" по значению электрического напряжения, вызывавшего вокализацию. Показано анальгетическое действие аппликаций как непрерывных, так и импульсных ЭМВ, изучены особенности их влияния в зависимости от места приложения и режимов применения. Так, при непрерывной стимуляции ТА E-36 только красным светом животные снижали длительность болевых реакций и повышали длительность грумминга, сна и потребления пищи. Воздействие на ТА E-36 совместно с красным излучением инфракрасного светодиода вызывало разнонаправленные изменения болевых реакций животных и повышение гиперемии конечности, что сопровождалось стойким повышением чувствительности к острой боли. Действие таких совместных ЭМВ на очаг боли снижало длительность болевых реакций в среднем на 30 %, при этом в два раза повышалось время перемещения животных и на 39 % продолжительность сна. Использование импульсных режимов совместных излучений красного и инфракрасного светодиодов на ТА E-36 в два раза снижало количество мышечных сокращений лапы животных при тонической боли. Наибольшую эффективность в подавлении тонического болевого синдрома вызывали импульсы частотой 10 и 8000 Гц. Полученные результаты свидетельствуют о том, что анальгетический эффект светодиодных излучений зависит от области аппликации, длины волны и режимов облучения, выбранных с учетом интенсивности и длительности воздействий.

ВСТУП

Світло для людини та для всього живого на Землі є невід'ємним компонентом середовища проживання. Застосування світла як лікувального фактора сягає своїми коренями в тисячолітню історію. Останнім ча-

сом особливо широке застосування одержало лазерне випромінювання. Показано, що при взаємодії з біологічними тканинами когерентне лазерне випромінювання перетворюється в звичайне розсіяне світло [1, 2]. Тому недешеві лазери нині успішно замінюють світловими діодами без втрати

© Б.С. Сушко, Ю.П. Лиманський, С.О. Гуляр

клінічної ефективності [3, 9]. Для лікування людини все ширше стали застосовувати апарати з червоними та інфрачервоними світлодіодами, наприклад прилад для динамічної фототерапії АДФТ-4 (“Веселка”), “DETA-QUANTUM”, серії «ГЕСКА», “Барва”, “Дюна-Т” тощо [10]. Такі пристрої призначені для використання в лікувально-профілактичних установах і домашніх умовах як доповнення до класичних методів лікування. Робота з ними зручна, а докладно розроблені методики дають змогу користуватися широкому колу населення.

В основі дії низькоінтенсивних світлодіодних електромагнітних хвиль (ЕМХ) на біологічні об’єкти є фотофізичні, фотохімічні та фотобіологічні процеси, які нормалізують функції регуляторних систем організму людини – імунної, ендокринної та нервової [4-7, 12, 14, 19-21]. Вплив таких монохроматичних ЕМХ може бути місцевим чи рефлекторним. При місцевому впливі безпосередньо на тканини вони модулюють стан систем перекисного окиснення й антиоксидантного захисту [1, 19, 20], порушення яких спостерігається практично при всіх захворюваннях, що супроводжуються наявністю запалення. Інфрачервоні ЕМХ глибоко проникають у тканини організму. При цьому посилюється кровонаповнення всіх шарів шкіри та підшкірної клітковини. Рефлекторний вплив може стимулювати метаболізм і певні функціональні системи, які активують комплекс захисних реакцій та життєзабезпечення [4-6, 13, 14, 20, 21].

Мета нашого дослідження – з’ясувати вплив червоних та інфрачервоних ЕМХ світлодіодного апарата МЕДОЛАЙТ у різних режимах їх застосування на розвиток соматичного тонічного і гострого больових синдромів у мишей.

МЕТОДИКА

Дослідження анальгетичного впливу ЕМХ світлових діодів на тонічний біль у дослід-

них тварин, викликаний формаліном, проводили у режимах безперервної чи імпульсної їх дії з певною частотою на протибольову точку акупунктури (ТА) Е-36 або на осередок болю протягом 10 хв. Використовували білих аутбредних статевозрілих самців мишей, яких утримували в стандартних умовах віварію Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України. Дотримувалися загальнозживаних правил гуманного поводження з тваринами. Біль викликали підшкірним введенням 20 мкл 5 %-го формаліну в тильну поверхню стопи задньої лапи тварини. Опромінювали певну зону на поверхні тварин червоними ($\lambda=640 \text{ нм} \pm 30 \text{ нм}$) й інфрачервоними ($\lambda=880 \text{ нм} \pm 30 \text{ нм}$) світлодіодами відразу після ін’єкції формаліну. Щільність потужності сумарного випромінювання становила 26 мВт/см^2 . Під час маніпуляцій тварини перебували в іммобілізаційній камері. Відстань від поверхні світлодіодів до поверхні тварини була близько 3 мм. У контрольних тварин опромінення ЕМХ імітували протягом такого ж часу (10 хв).

Інтенсивність больового синдрому вимірювали як тривалість або кількість характерних больових поведінкових реакцій тварини, які реєстрували протягом 60 хв. За одну з больових реакцій брали характерний поведінковий прояв тварин – тривалість вилізання твариною лапи з осередком болю, за другу – специфічну рухову реакцію як кількість поодиноких м’язових скорочень тієї ж лапи. Окрім цього реєстрували тривалість таких поведінкових проявів, як переміщення тварини по клітці, сон, їжа (або споживання води), грумінг (вмивання і вичісування нетравмованих ділянок тіла). Кількісною характеристикою кожного виду прояву поведінки тварин було значення середньої групової тривалості або кількості кожного поведінкового прояву за визначений проміжок спостережень (інтенсивність прояву).

Дослідження впливу ЕМХ на чутливість тварин до гострого болю проводили в

дослідах з “електричною підлогою”. В цій серії дослідів визначали больовий поріг тварин як електричну напругу, що викликала вокалізацію. Кожну тварину на “електричній підлозі” піддавали трьом випробуванням до зростаючої електричної напруги з інтервалом 2 хв. Швидкість розгортки постійної напруги становила 10 В/с. Підвищення напруги, що викликала вокалізацію, відповідало зростанню больового порогу, зменшення напруги – зниженню больового порогу сприйняття гострого болю. Методичні особливості всіх послідовних серій експериментів наведено в таблиці.

Перед і під час досліджень тварини проходили низку однакових і обов’язкових процедур. За добу перед дослідями їх розсаджували в індивідуальні клітки, у які повертали після маніпуляцій для спостережень за поведінкою. При вимірах больового порога, окрім адаптації до індивідуальної клітки, тварини проходили попередню адаптацію до вимірювальної камери “електрична підлога”. Кожну з тварин використовували в дослідах тільки один раз, після чого присипляли нембуталом. Дослідних і контрольних тварин в однаковій кількості обстежували в ранкові години [7, 16,17]. Оцінку розбіжності між відповідними значеннями інтенсивностей поведінкових проявів і больових порогів усіх груп тварин здійснювали за критеріями Стьюдента та Фішера. Значення $P < 0,05$ розглядали як статистично достовірні.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дія сукупних ЕМХ на тонічний біль при безперервному опроміненні ТА Е-36. Досліджували одночасну дію двох різних світлодіодів апарата МЕДОЛАЙТ на тонічний біль тварин. Такими сукупними ЕМХ від світлодіодів червоного й інфрачервоного діапазонів у безперервному режимі опромінювалася протибольова ТА Е-36 на гомілці тварини впродовж 10 хв. У результаті розходження між середніми значеннями інтенсивності больових реакцій дослідних і контрольних тварин виявилися не достовірними. Натомість у дослідній групі тварин можна було виділити дві підгрупи, як зі зниженою, так і з підвищеною тривалістю поведінкової реакції вилузування тваринами лапи з осередком болю. Так, за 60 хв спостережень для однієї підгрупи цей показник становив $454 \text{ с} \pm 127 \text{ с}$ ($n=5$), а для іншої – $1054 \text{ с} \pm 117 \text{ с}$ ($n=7$, $P<0,01$). Такі значення в кожній з підгруп вірогідно ($P<0,05$) відрізнялись від контрольних значень ($745 \text{ с} \pm 65 \text{ с}$, $n=12$). У цих підгрупах тварин подібні зміни зазнавала інша больова поведінкова реакція (скорочення травмованої формаліном лапи). Кількість скорочень у двох підгрупах тварин було в середньому 79 ± 10 і 248 ± 29 відповідно ($P<0,01$), у контролі – 135 ± 16 ($P<0,01$). Отже, вплив спільних ЕМХ на больові реакції дослідних тварин був різним. Такий розподіл тварин за протилежною спрямованістю змін больових реакцій можна

Характеристика експериментів

Серія	Вид болю	Вид опромінення	Режим опромінення	Місце аплікації	Кількість груп (к) і тварин (n) у групі (кхп)
I	Тонічний	Червоне та інфрачервоне	Безперервний	ТА Е-36	2 x 12
II	Тонічний	Червоне	Безперервний	ТА Е-36	2 x 8
III	Гострий	Червоне та інфрачервоне	Безперервний	ТА Е-36	4 x 12
IV	Тонічний	Червоне та інфрачервоне	Безперервний	Осередок болю	2 x 11
V	Тонічний	Червоне та інфрачервоне	Імпульсний	ТА Е-36	4 x 12

сприймати як індивідуальну особливість реакції організму тварин на опромінення [16]. Подібні зміни больових реакцій тварини можуть ускладнювати вплив ЕМХ інфрачервоного (теплого) світлодіода. Так, дія сукупних ЕМХ на ТА Е-36 призвела до більш інтенсивної гіперемії кінцівки тварин, травмованої формаліном [7].

Дія червоних світлодіодних ЕМХ на тонічний біль при безперервному опроміненні ТА Е-36. Для перевірки припущення про особливий вплив інфрачервоних ЕМХ ми усунули опромінення ТА Е-36 тварин тепловим світлодіодом. Дія тільки червоного світлодіода на ТА Е-36 впродовж 10 хв значно зменшувала одну з больових поведінкових реакцій тварин – кількість скорочень травмованої кінцівки (рис. 1). За весь час спостережень середня кількість скорочень кінцівки знизилася на 37 % і становила в дослідній групі 109 ± 18 щодо 172 ± 20 в контрольній ($n=8$, $P<0,05$). Ще більші розбіжності відмічено в середині періоду спостережень. Після дії червоного світлодіода на ТА Е-36, у першій половині спостережень, спостерігали також змен-

шення середньої тривалості вилизування тваринами лапи з осередком болю (рис. 2). З 5-ї по 30-ту хвилину достовірно знижувалася тривалість цього прояву на 33 % у середньому до $209 \text{ с} \pm 20 \text{ с}$, у контролі – $311 \text{ с} \pm 34 \text{ с}$ ($P<0,05$).

На зменшення проявів больового синдрому після дії червоного світлодіода на ТА Е-36 вказували певні зміни інших проявів поведінки. Так, значно збільшувалося споживання їжі тваринами, час цього прояву підвищувався в середньому до $155 \text{ с} \pm 67 \text{ с}$ порівняно з $18 \text{ с} \pm 10 \text{ с}$ ($P<0,05$) для контрольних тварин. Середній час грумінгу і сну тварин набували тенденції до підвищення, перевищуючи контрольні значення в середньому на 24 і 26 % відповідно. Поряд з цим, у дослідній групі на 37 % скорочувався час переміщень тварини по клітці, що могло відбуватися внаслідок подовження часу їжі тварин. У підсумку частка больової активності дослідних тварин відносно всієї активності цих тварин зменшувалася до $32,2 \% \pm 4,8 \%$ порівняно з $46,4 \% \pm 5,1 \%$ у контролі ($P<0,05$). Отже, припинення дії інфрачервоного світлодіода

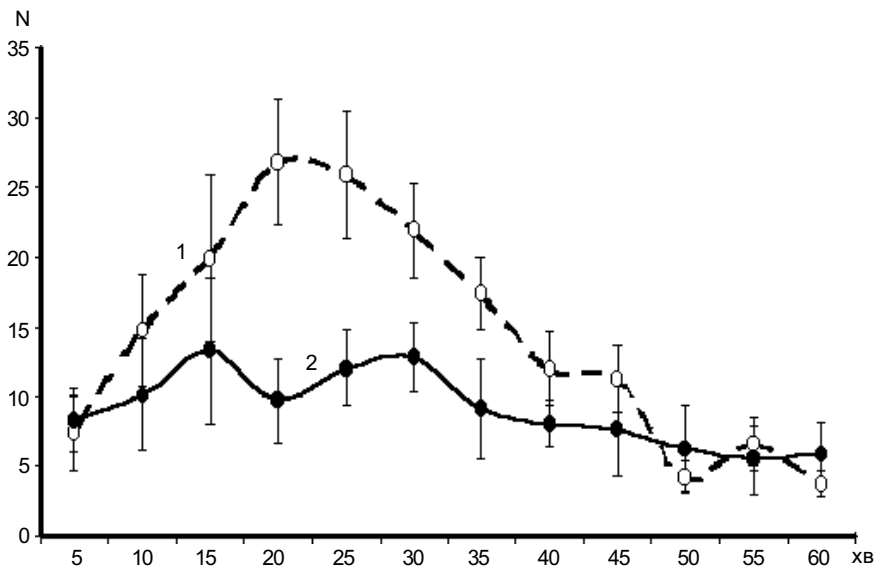


Рис. 1. Зміна кількості поодиноких м'язових скорочень лапи тварин, травмованої формаліном, з часом у контролі (1) і після 10-хвилинного опромінення точки акупунктури Е-36 червоним світлодіодом у безперервному режимі (2). За віссю ординат – середня кількість “скорочень” лапи тварин за 5-хвилинні проміжки спостережень, за віссю абсцис – час спостережень

і опромінення ТА Е-36 тільки червоним світлом однозначно сприяло зниженню соматичного больового синдрому тварин у дослідах із формаліновим тестом.

Визначення чутливості тварин до гострого болю під впливом сукупних світлодіодних ЕМХ на ТА Е-36. Неоднозначна спрямованість змін больової реакції тварин при одночасній дії двох світлодіодів (червоного та інфрачервоного) на ТА Е-36 викликала необхідність додатково провести виміри порогу больової чутливості тварин після такого впливу. Больовий поріг для кожної тварини визначали тричі послідовними випробуваннями в дослідах з “електричною підлогою”, у двох серіях – відразу після опромінення ТА Е-36 двома світлодіодами та через 30 хв після опромінення. Результати, які були отримані після опромінення тварин, засвідчили підвищення больового порога (зниження напруги вокалізації) лише для третього випробування (тобто на 7-й хвилині після посадки тварин на “електричну підлогу”). При третьому випробуванні було виявлено, що електрична напруга, яка викликала вокалізацію тварин,

знизилася до $55,3 \text{ В} \pm 3,1 \text{ В}$ порівняно з $64,3 \text{ В} \pm 5,6 \text{ В}$ у контролі ($n=12$, $P<0,05$). Для перших двох випробувань достовірних змін больового порогу не спостерігалось. Аналіз результатів цієї серії дав змогу припустити розвиток віддалених ефектів зміни чутливості тварин до гострого болю після опромінення.

У результаті вимірювань больового порога через 30 хв після опромінення в новій серії дослідів було отримано такі закономірності. Кожне з наступних випробувань призводило до поступового посилення больової чутливості тварин. Середні значення електричної напруги, що викликає вокалізацію як дослідних, так і контрольних тварин знижувалися. Однак для дослідної групи вони залишалися нижчими від контрольних значень для кожного з трьох випробувань (рис. 3). На підвищення чутливості тварин до гострого болю впливають одночасно два фактори: перший – адаптація до послідовних випробувань, другий – безпосередній вплив ЕМХ. Середня електрична напруга, що викликала вокалізацію тварин, з урахуванням усіх трьох вимірів становила для групи тварин

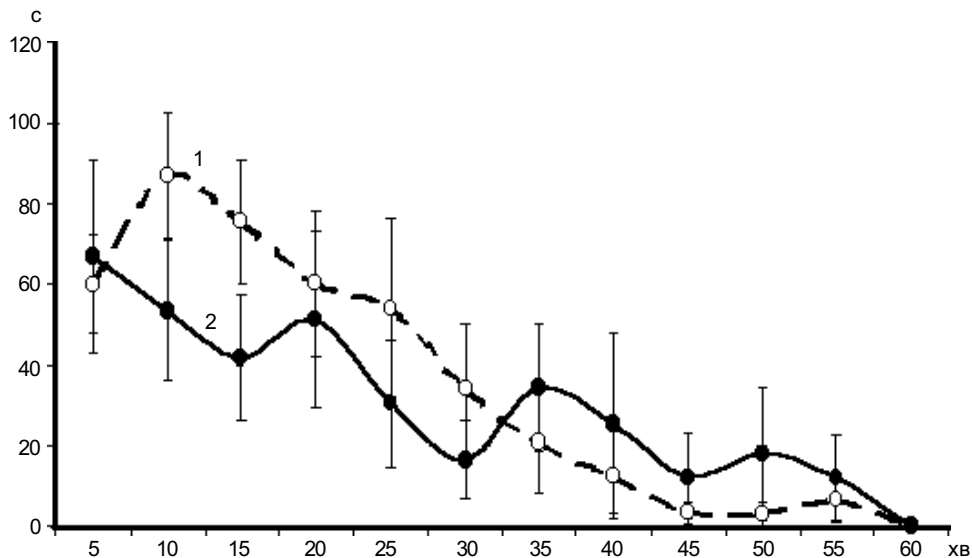


Рис. 2. Зміна тривалості больової реакції тварин з часом у контролі (1) і після 10-хвилинного опромінення точки акупунктури Е-36 тварин червоним світлодіодом у безперервному режимі (2). За вісью ординат – середні значення тривалості облизування твариною травмованої формаліном лапи за 5-хвилинні проміжки спостережень, за вісью абсцис – час спостережень

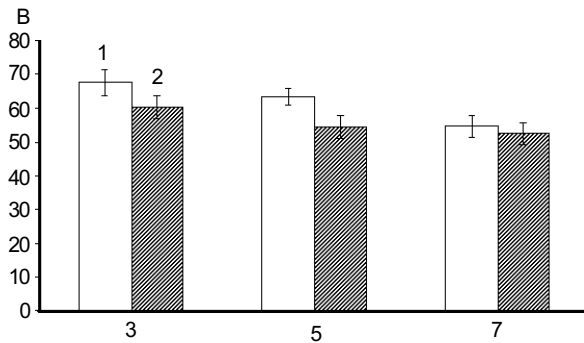


Рис. 3. Зміна середнього порога чутливості мишей до гострого болю для трьох послідовних випробувань на "електричній підлозі" через 30 хв після 10-хвилинного опромінення точки акупунктури ТА Е-36 сукупним випромінюванням двох різних світлодіодів у безперервному режимі: 1 – контроль, 2 – дослідна група тварин. За віссю ординат – середня електрична напруга, яка викликає вокалізацію тварин, за віссю абсцис – час трьох послідовних випробувань

після опромінення $55,8 \text{ В} \pm 1,9 \text{ В}$, для контрольної групи – $61,9 \text{ В} \pm 2,0 \text{ В}$ ($P < 0,05$, $n = 36$). Отже, після опромінення ТА Е-36 одночасно двома різними світлодіодами у тварин спостерігається підвищення чутливості до гострого болю, починаючи з 7-ї хвилини і впродовж наступних 30 хв. Слід відзначити, що кількісні характеристики такого підвищення чутливості тварин до гострого болю (всього на 10 %) виглядають менш наочно без врахування вихідного рівня чутливості тварин до електричної напруги. Віддалені ефекти впливу опромінення на больову чутливість можна пояснити тим, що для повної активації систем організму після дії ЕМХ світлодіодів необхідно деякий час. Отримані результати дозволяють припустити, що неоднозначна спрямованість змін больових реакцій тварин після аналогічного опромінення ТА Е-36 може відбуватися за умов

посилення больової чутливості у деяких тварин. Такий вплив, напевно, спричиняється дією інфрачервоного світлодіода. Припинення дії на ТА Е-36 і вплив лише ЕМХ червоного світлодіода сприяє зменшенню проявів больового соматичного синдрому у тварин.

Вплив безперервних сукупних світлодіодних ЕМХ на осередок болю. У цій серії експериментів досліджували одночасний вплив ЕМХ двох світлодіодів при їх дії безпосередньо на осередок тонічного болю. Опроміненню піддавалася зовнішня бік поверхні лапи тварини, в яку вводили формалін. Умови дослідів цієї серії були подібні до таких зі впливом сукупних ЕМХ на протибольову ТА Е-36. Слід відмітити зменшення тривалості больових реакцій тварин після опромінення осередку болю. Так, за 60 хв спостережень тривалість вилузувань твариною травмованої лапи знижувалась на 33%, що в середньому становило $298 \text{ с} \pm 31 \text{ с}$ (у контролі $445 \text{ с} \pm 64 \text{ с}$, $n = 11$, $P < 0,05$). Найбільше скорочення цього больового прояву (на 83 %) відзна-

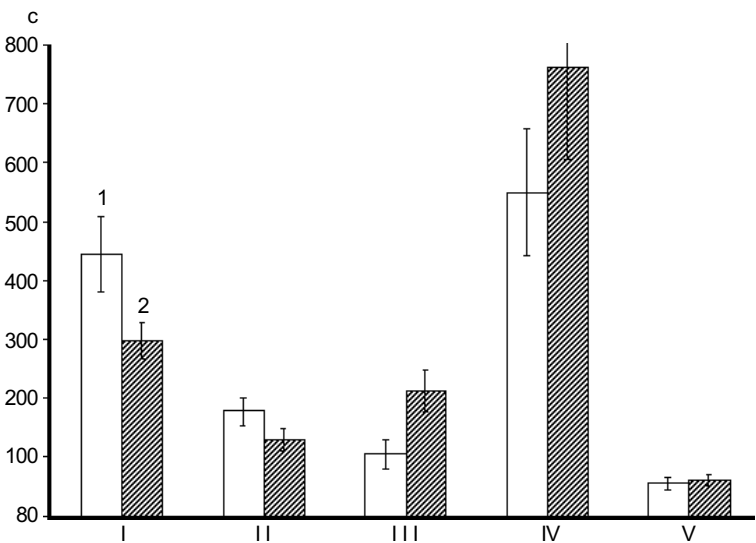


Рис. 4. Зміни деяких проявів поведінки експериментальних тварин після впливу на осередок болю сукупним світлодіодним випромінюванням в безперервному режимі: 1 – контрольні тварини, 2 – тварини після 10-хвилинного опромінення осередка болю; I – облизування тваринами лапи, травмованої формаліном, II – кількість поодиноких м'язових скорочень лапи тварин, травмованої формаліном, III – переміщення, IV – сон, V – гурміг тварин

чалось в останні 25 хв спостережень. На цьому кінцевому проміжку досліджень кількість тварин з таким проявом у контрольній групі зменшувалася до 8 з 11 (середній час прояву дорівнював $173 \text{ с} \pm 68 \text{ с}$), а в дослідній групі – до 3 тварин (середній час прояву – $57 \text{ с} \pm 9 \text{ с}$). У результаті після опромінення осередку болю зменшувалася як тривалість цієї больової реакції, так і кількість тварин з таким поведінковим проявом.

Після опромінення осередку болю кількість поодиноких скорочень травмованої кінцівки за весь час спостережень скоротилася на 28 %, особливо в першій половині спостережень: за перші 10 хв – на 52 %, а за 35 хв – на 35 % (93 ± 15 щодо 143 ± 20 у контролі, $n=11$, $P<0,05$).

Відомо, що розвиток больового синдрому призводить до зменшення тривалості

переміщень тварин, сну і такого важливого компонента в поведженні тварин, як грумінг [16, 20, 21]. Після опромінення осередку болю сукупними ЕМХ кількісно і якісно змінювалися й інші прояви поведінки тварин (рис. 4). Так, середня тривалість переміщень за 60 хв спостережень підвищувалася на 100% (до $212 \text{ с} \pm 35 \text{ с}$ щодо $106 \text{ с} \pm 25 \text{ с}$ у контролі, $n=11$, $P < 0,05$), а ще більше на початку спостережень. Тварини починали засинати на 10 хв раніше, сумарний час сну у них підвищувався на 39 % внаслідок збільшення кількості епізодів сну. Більшість тварин дослідної групи на відміну від контрольних була здатна відновляти грумінг у другій половині спостережень. Таким чином, дія ЕМХ ТА Е-36 одночасно двох різних світлодіодів на осередок болю спричиняє у тварин більш ефективний анальгетичний вплив.

Вплив імпульсних сукупних світлодіодних ЕМХ на соматичний біль при опроміненні ТА Е-36.

Імпульсні низькоінтенсивні ЕМХ неоднакових діапазонів, які прикладені до різних ділянок тіла людини та тварин, можуть спричиняти ефективну терапевтичну дію. Максимальний фізіологічний ефект вони чинять при частоті імпульсів $8 \text{ Гц} \pm 2 \text{ Гц}$, що збігається з частотою а-ритму й активністю судинної стінки. Особливо чутливими виявилися нервова система та система крові дослідних тварин [1, 3, 4, 18, 21, 23]. У зв'язку з цим нами була перевірена дія імпульсних ЕМХ одночасно від червоного і інфрачервоного світлодіодів на соматогенний тонічний біль. Застосовувались імпульси частотою 10, 600 і 8000 Гц. Впливу піддавалася ТА Е-36 тварин упродовж 10 хв. Результати дослідів показали, що середня тривалість больових

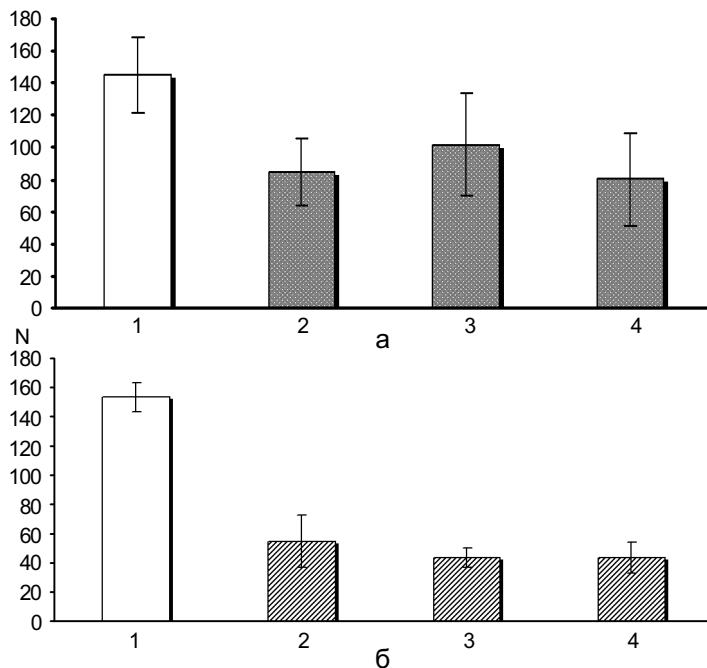


Рис. 5. Зміна больових реакцій тварин після 10-хвилинного опромінення точки акупунктури Е-36 імпульсами сукупного світлодіодного випромінювання різними частотами: а – тривалість облизування тваринами травмованої формаліном лапи за другу половину спостережень з 30-ї по 60-ту хвилину; б – кількість поодиноких м'язових скорочень лапи тварин, травмованої формаліном за 60 хв спостережень: 1 – контроль, 2 – 10 Гц, 3 – 600 Гц, 4 – 8000 Гц

реакцій поведінки тварин знижувалася для всіх застосованих частот (рис. 5, а,б). Кількість скорочень лапи з осередком болю зменшилася більше ніж у 2 рази для кожної з трьох застосованих частот імпульсів ЕМХ (див. рис. 5, б). Що стосується такої больової реакції, як вилузування твариною травмованої лапи, то достовірно зниження тривалості цього прояву поведінки спостережалося лише для другої половини спостережень при дії імпульсів з частотою 10 і 8000 Гц (див. рис. 5, а). Так, для частоти 10 Гц тривалість вилузувань для цього інтервалу спостережень скоротилася на 44 % і становила $81 \text{ с} \pm 21 \text{ с}$ порівняно з $145 \text{ с} \pm 23 \text{ с}$ у контролі ($P < 0,05$, $n=12$), а при дії імпульсів з частотою 8000 Гц – на 45 %. Скорочення інтенсивності больових реакцій при імпульсному опроміненні ТА Е-36 такими частотами супроводжувалося підвищенням тривалості сну на 44 і 52 % відповідно. До того ж імпульси з частотою 10 Гц підвищували тривалість переміщень тварин, в першу чверть спостережень на 41 %, а з частотою 8000 Гц підвищували час споживання їжі тваринами (в 2,5 рази). Частота імпульсів 600 Гц, окрім зменшення кількості скорочень, достовірно не змінювала решту поведінкових проявів. Отримані результати дають змогу вважати, що імпульсне опромінення також здатне викликати анальгетичну дію. Найбільш ефективно зменшуються у тварин прояви скорочень травмованої формаліном лапи. Серед випробуваних частот таких імпульсів найістотніше зменшують больовий соматичний синдром частоти 10 і 8000 Гц.

ВИСНОВКИ

1. Безперервні та імпульсні ЕМХ від світлодіодів апарата МЕДОЛАЙТ зменшують прояви соматичного болю у дослідних тварин. Анальгетичний ефект цих хвиль залежить від місця їх впливу, довжини, режимів опроміненя, обраних з урахуван-

ням інтенсивності та тривалості дії.

2. Вплив ЕМХ світлодіодів червоного діапазону в безперервному режимі на ТА Е-36 тварин суттєво зменшує у них больовий синдром, створений ін'єкцією формаліну.

3. Опромінення ТА Е-36 тварин світлодіодами червоного й інфрачервоного діапазону у безперервному режимі призводить до різноспрямованих змін больових реакцій тварин і підвищенню гіперемії кінцівки з осередком соматичного болю. При такому режимі опромінення у тварин протягом тривалого періоду підвищується чутливість до гострого болю.

4. Опромінення ділянки тіла тварин з джерелом болю одночасно світлодіодами червоного та інфрачервоного діапазонів у безперервному режимі здатне зменшувати прояви тонічного соматичного больового синдрому у тварин.

5. Опромінення ТА Е-36 імпульсними сукупними ЕМХ від обох видів світлодіодів з частотами 10, 600 і 8000 Гц сприяє суттєвій анальгетичній дії на соматичний тонічний біль. Найбільш ефективними є частоти імпульсів 10 і 8000 Гц.

B.S. Sushko, Yu.P. Limansky, S.O. Gulyar

ACTION OF THE RED AND INFRARED ELECTROMAGNETIC WAVES OF LIGHT-EMITTING DIODES ON THE BEHAVIORAL MANIFESTATION OF SOMATIC PAIN

Research of analgesic action of electromagnetic waves (EMWs) of red ($\lambda=640\pm 30 \text{ nm}$) and infra-red ($\lambda=880\pm 30 \text{ nm}$) light-emitting diodes of device «MEDOLIGHT» on a tonic and acute pain of white outbred male mice is carried out. The tonic pain was caused by hypodermic injection of 20 ml of 5% formalin solution in a back surface pad of a hinder leg. Acupuncture point (AP) E-36 or the center of pain were exposed to the action of red or infrared light-emitting diodes in cumulative density of steam radiation capacity during 10 min by 26 mWt/cm² in continuous or pulse regimen for frequencies 10, 600, 8000 Hz. Quantitative intensity of a painful syndrome was estimated by average group duration or quantity of painful (licking of the center of a pain, twitching of a hinder leg) and non-painful (dream, grooming, eating) behaviour manifestation of animals for the certain intervals of observation. Sensitivity of animals to acute pain - «a painful threshold» - was deter-

mined in experiences with «an electric floor» on size of the electric voltage caused vocalization. The analgesic action both continuous, and pulse light-emitting diode EMWs, features of their action in relation to the place of the application and modes of influence were shown. Thus, the continuous stimulation of AP E-36 only by red EMW decreased the duration of pain paw licking on 33% and quantities of twitching of animals paw on 37 % while the duration of grooming, dream, and consumption of feed raised. Such changes of painful and non-painful behaviour unequivocally specify reduction of a tonic pain. Combined action of red and infrared EMWs caused diverse changes of painful reactions of animals and increase of extremity hyperemia. Thus at summary action of EMWs on AP E-36 of mice the long increase of painful sensitivity was observed. Exposure of EMWs to the center of a pain reduced the intensity of painful reactions of mice on 30 % in average, time of their movings in a cage increased twice and duration of dream increased by 39 %. Thus, summary action of red and infrared EMWs on AP E-36 promoted only to improvement of a blood circulation and increase painful sensitivity. In experiments with a tonic pain the summary pulse action on AP E-36 of the red and infrared EMWs with frequencies 10, 600, 8000 Hz reduced twice quantity of paw twitchings of animals with pain. The greatest efficiency in suppression of tonic pain syndrome observed for frequencies of 10 and 8000 Hz. The data received testify that the hypoanalgesic effect of light-emitting diode EMWs depends on area of influence, lengths of wave and the modes of an irradiation chosen in view of intensity and duration of stimulation.

Bogomoletz Institute of Physiology, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ану Макела, Гаспарян Л. В., Биохимические эффекты светового облучения. – В кн.: IX Междунауч.-практ. конф. по квантовой медицине. – М.: Квантовая медицина, 2003. – С. 41–44.
2. Бриль Г. Е. Проблема специфичности действия низкоинтенсивного лазерного излучения на живую систему // Там же. – С. 23–26.
3. Гаспарян Л. В., Дементьева И. Н. Влияние светодиодного излучения различных длин волн на агрегационную активность тромбоцитов // Там же. – С. 45–46.
4. Геращенко С. И. Основы лечебного применения электромагнитных полей микроволнового диапазона. – К.: Радуга, 1997. – 223 с.
5. Гуляр С. А., Лиманский Ю. П., Тамарова З. А. Боль и Биоптрон: Лечение болевых синдромов поляризованным светом. – К.: Цептер, 2000. – 80 с.
6. Гуляр С. А., Лиманский Ю. П., Тамарова З. А. Боль и цвет: Лечение болевых синдромов цветным поляризованным светом. – К.-Донецк: Биосвет, 2004. – 122 с.
7. Гуляр С. О., Лиманский Ю. П., Сушко Б. С., Гречаний В. Г. Вплив червоно-інфрачервоного монохроматичного світла на тонічний біль // Фізіол. журн. – 2006. – **59**, № 2. – С. 31.
8. Калуев А. В. Проблемы изучения стрессорного поведения. – К.: Центр физиол.-биохим. проблем, 1999. – 133 с.
9. Клебанов Г. И. Сравнительное исследование влияния красного когерентного (лазерного) и некогерентного (светодиодного) излучений на свободнорадикальные механизмы активации лейкоцитов. – В кн.: IX Междунар. науч.-практ. конф. по квантовой медицине. – М.: Квантовая медицина, 2003. – С. 27–40.
10. Коробов А. М., Коробов В. А. Фотонные аппараты серии “Барва”, разработанные и производимые корпорацией “Лазер и здоровье”, для лечения и профилактики наиболее распространенных заболеваний человека // Там же. – С. 73–76.
11. Кукушкин М. Л., Хитров Н. К. Общая патология боли. – М.: Медицина, 2004. – 142 с.
12. Лиманский Ю. П., Тамарова З. А., Бидков Е. Г., Колбун Н. Д. Угнетение ноцицептивных реакций мышей под влиянием низкоинтенсивного микроволнового облучения точек акупунктуры // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 1999. – **31**, № 4. – С. 318–322.
13. Самосюк И.З., Фисенко Л.И., Колесник К.Э. и др. Терапия электромагнитными волнами миллиметрового диапазона. – К.: Мед. иноват. технологии, 1998. – 125 с.
14. Самосюк И. З., Чухраев Н. В., Парамончик В. М. и др. Терапия магнитными полями / Научн.-практ. материалы. – К.: МЕДИНТЕХ, 2000. – 240 с.
15. Скрыпнюк З. Д. Современное состояние и перспективы развития инфомотерапии // Інформаційна та негентропійна терапія. – 1999. – № 1. – С. 53–54.
16. Сушко Б. С. Особливості больової реакції та чутливості тварин різних генетичних груп // Фізіол. журн. – 2004. – **50**, № 2. – С. 75–79.
17. Сушко Б. С., Лиманський Ю. П. Зміни больової реакції при сполученій дії модулаторів оксида азоту і низькоінтенсивного електромагнітного поля // Там само. – 2005. – **51**, № 4. – С. 47–52.
18. Темурьянц Н.А., Макеев В. Б., Малыгина В. И. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфранидную ритмику симпато-адреналовой системы крыс // Биофизика. – 1992. – **37**, № 4. – С. 653–655.
19. Христофоров В. Н., Грабовщинер А. Я., Любимова И. П., Христофорова Т. В. Механизмы нелинейных оптических процессов в биологии при квантовой терапии. – В кн.: IX Междунар. науч.-практ. конф. по квантовой медицине. – М.: Квантовая медицина, 2003. – С. 58–60.
20. Чуян Е. Н., Темурьянц Н.А., Московчук О. Б. и др. Физиологические механизмы биологических

- эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: Эльиньо, 2003. – 448 с.
21. Чуян Е. Н., Джелдубаева Э. Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2006. – 458 с.
22. Belzung C., El Hage W., Moindrot N., Griebel G. Behavioral and neurochemical changes following predatory stress in mice // *Neuropharmacology*. – 2001. – **41**, № 3. – P. 400–408.
23. Limansky Yu. P., Tamarova Z. A., Gulyar S. A. Suppression of pain by exposure of acupuncture points to polarized light // *Pain Res. and Management*. – 2006. – **11**, № 1. – P. 49–57.

*Ин-т фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України,
Київ*

*Матеріал надійшов до
редакції 20.10.2006*