

**Ю. П. Лиманський, З. А. Тамарова, С. О. Гуляр,
Є. Г. Бідков**

Дослідження анальгетичної дії поляризованого світла

В експериментах на мишах с искусственно созданным очагом тонической боли (формалиновый тест) изучали влияние низкоинтенсивного поляризованного света на болевую и болевые поведенческие реакции (ПР). Показано, что при воздействии на точки акупунктуры (ТА) поляризованный свет статистически достоверно ослабляет болевую ПР (лизание очага боли), но увеличивает продолжительность не болевых ПР (сон, еда). Анальгетический эффект зависит от выбора ТА и продолжительности воздействия на нее. Максимальная анальгезия (50 %) наблюдалась после 10-минутного воздействия поляризованного света на ТА E-36.

Вступ

Нині успішно застосовується низькоінтенсивне поляризоване світло в лікуванні больових синдромів [1–3, 14]. Однак через суб'єктивну оцінку болю людиною та неможливістю кількісно визначити його інтенсивність до і після лікування, багато аспектів протибольової дії низькоінтенсивного поляризованого світла залишаються невивченими. Так, нема статистично достовірних даних про інтенсивність і тривалість анальгезії, не встановлено режими дії поляризованого світла, які викликають максимальний анальгетичний ефект, нема інформації про механізми пригнічення болю поляризованим світлом. Відповіді на ці питання можуть дати лише експерименти на тваринах, де є можливість точної кількісної оцінки болю, а, головне, відсутній психогенний фактор, що завжди супроводжує дослідження больових реакцій у людини.

Перспективною можливістю застосування низькоінтенсивного поляризованого світла є дія на точки акупунктури (ТА), котрі, на думку деяких дослідників, являють собою електромагніторецептори [5, 17, 23]. Нещодавно виявлено [6], що ТА можна ефективно стимулювати електромагнітними полями різних частот, наприклад низькоінтенсивними мікрохвилями.

Метою нашої роботи було перевірити в експериментах на тваринах зі штучно створеним осередком тонічного болю, чи викликає низькоінтенсивне поляризоване світло при дії його на ТА статистично достовірне послаблення болю, а також дослідити залежність ступеня анальгезії від вибору ТА і тривалості експозиції світла.

Методика

Дослідження виконано на 60 дорослих білих мишах-самцях масою 28–33 г. Тварини розподілили на 6 груп (по 10 у кожній): одна контрольна і п'ять дослідних. Осередок тонічного болю у мишей створювали за допомогою

© Ю. П. Лиманський та ін.

підшкірної ін'єкції 30 мкл 5 %-го розчину формаліну (РФ) в тильну поверхню стопи лівої задньої кінцівки. Ця модель (формаліновий тест) широко застосовується в різних лабораторіях світу [10, 11, 18] і є класичною моделлю хомогенного тонічного болю. Типовою больовою поведінковою реакцією (ПР) на ін'єкцію РФ є вилизування враженої кінцівки. За допомогою комп'ютерної програми реєстрували початок і кінець кожного циклу вилизування протягом 60 хв. Після закінчення експерименту складали графіки розподілу частоти та тривалості вилизування осередку болю за послідовні 10-хвилинні проміжки часу і в цілому за 60 хв спостереження. Крім того, у мишей контрольних і дослідних груп за аналогічною схемою реєстрували не больові ПР : їжа, сон, біг і вмивання (вилизування всіх частин тіла, крім кінцівки з осередком тонічного болю).

Миші дослідних груп зразу після ін'єкції РФ зазнавали дії поляризованого світла на поверхню шкіри кінцівки, в яку вводили формалін. Джерелом світла був апарат «Биоптрон-1» (фірми «Zerter», Швейцарія), який випромінював лінійно поляризоване поліхроматичне, без ультрафіолетової і значної частини інфрачервоної полоси, некогерентне, низькоенергетичне (40 мВт/см^2) світло з довжиною хвилі 400–2000 нм. Світлопроникна насадка з отвором створювала світлову пляму діаметром 5 мм. Відстань від поверхні шкіри — 5 см, час дії — 4, 8 або 10 хв.

У різних дослідних групах дії світла зазнавали: протибольова ТА V-60, розташована на латеральній поверхні гомілки в ділянці гомілкостопного суглоба; протибольова ТА E-36, яка лежить на латеральній поверхні гомілки в ділянці колінного суглоба; поверхня шкіри над ікроножним м'язом у середній частині гомілки, де нема специфічних протибольових ТА. Миші контрольної групи після ін'єкції РФ витримувалися 10 хв під апаратом «Биоптрон», який не було ввімкнено в мережу. Таким чином, реєстрація больових і небольових ПР у всіх мишей починалась через 10 хв після ін'єкції РФ і тривала 60 хв.

Результати експериментів обробляли статистично, для кожного показника визначали середнє і квадратичну помилку середнього. Достовірність різниці між групами визначалась з використанням критерію t Стьюдента.

Результати

Доказ анальгетичної дії поляризованого світла. Введення РФ викликало у мишей больову ПР, котра тривала кілька годин, але найбільш інтенсивною була протягом першої години. Вона виражалась в частих і тривалих періодах вилизування осередка болю (рис. 1).

Як видно з рис. 1, *a*, больова реакція в дослідній групі була слабша, ніж у контрольній. Тривалість больової ПР у контрольній групі за перші 10 хв становила $163,7 \text{ с} \pm 20,2 \text{ с}$, наступні 10 хв вона сягала максимуму ($196 \text{ с} \pm 22,8 \text{ с}$) і потім дуже повільно знижувалась, але навіть у кінці години, як і раніше, перевищувала відмітку 100 с ($116,4 \text{ с} \pm 32,7 \text{ с}$). У групі дослідних мишей тривалість больової ПР за перші 10 хв спостереження була всього $70,2 \text{ с} \pm 21,7 \text{ с}$, що в 2,3 раза нижче, ніж у контрольній групі. Максимум реакції у дослідних мишей відмічався лише у кінці півгодинного проміжку часу спостереження і становив $118,1 \text{ с} \pm 13,7 \text{ с}$, (в 1,6 раза нижче

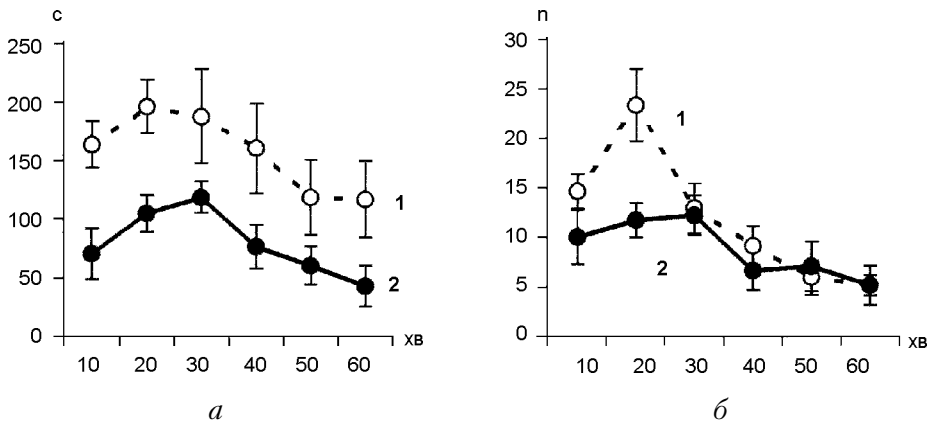


Рис. 1. Вплив поляризованого світла на тривалість (а) і частоту (б) больової поведінкової реакції у мишей: 1 — контрольна група; 2 — група мишей, котра зазнала 10-хвилинної дії поляризованого світла на точки акапунктури E-36.

від контролю). Зразу за цим починався спад. За останні 10 хв спостереження тривалість больової ПР становила всього $42,3 \pm 17,6$ с, що в 2,8 раза менше від аналогічної величини у мишей контрольної групи.

У цілому за весь період спостереження тривалість больової ПР у мишей контрольної групи становила $942,1 \pm 130,9$ с. З них за перші півгодини — $547,3 \pm 66,9$ с, за другі — $394,8 \pm 75,2$ с. Після дії поляризованого світла реакція скорочувалася до $471,3 \pm 38$ (за 60 хв), $292,8 \pm 21,8$ (за перші 30 хв) і $178,6 \pm 35,5$ с (за другі 30 хв). Різниця між значеннями в контрольній і дослідних групах статистично достовірна ($P < 0,01$, $P < 0,01$ і $P < 0,05$ відповідно).

Про послаблення больової ПР у результаті дії поляризованого світла на ТА свідчить також зниження частоти вилузування осередку болю (див. рис. 1,б). Видно, що крива зміни кількості циклів вилузування за кожні наступні 10 хв у контрольній групі вища, ніж у дослідній групі. В цілому за 60 хв миші контрольної групи здійснювали в середньому $70,9 \pm 7,7$ циклів вилузування враженої кінцівки, тоді як миші дослідної групи — лише $52,5 \pm 6,5$, що становить 74 % від контролю. Таким чином, після дії поляризованого світла на ТА E-36 періоди вилузувань осередку болю стають більш рідкими і короткочасними, що доводить його послаблення.

Залежність ефекту від тривалості дії поляризованого світла. Нами вивчено ефекти поляризованого світла при різній тривалості його дії на ТА E-36 — 4, 8 і 10 хв. У трьох дослідних групах больова ПР була достовірно нижча, ніж у контролі, але найбільш ефективною виявилася 10-хвилинна експозиція світла. Якщо тривалість больової ПР за 60 хв спостереження у контрольних тварин прийняти за 100 %, то після дії поляризованого світла на ТА протягом 4, 8 або 10 хв вона скорочувалася до $66,3 \pm 7,9$, $66 \pm 8,3$ і 50 ± 4 % відповідно. При 4 і 8-хвилинній експозиції анальгетичний ефект поляризованого світла був $33,7 \pm 4,1$ і $33 \pm 4,2$ %, але при збільшенні часу дії світла на ТА E-36 до 10 хв відбувається суттєвий стрибок — анальгезія підвищується до 50 ± 4 %.

Ми вивчали також невольові ПР (табл. 1). Виявлена активація харчової поведінки у мишей, котрі зазнавали дії поляризованого світла, особли-

во в групах, які підлягали тривалим експозиціям. Контрольні миші і дослідні, які одержували 4 хв експозицію світла, практично не торкались їжі. В групі з 8-хвилинною експозицією харчувалися 2 із 10 мишей, а при збільшенні експозиції світла до 10 хв уже 6 з 10 мишей активно поїдали корм. Загальна тривалість споживання їжі в останніх двох групах становила $31,4 \pm 24$ і $39,7 \text{ с} \pm 15,4 \text{ с}$.

У групах, які зазнали дії поляризованого світла, простежується тенденція і до збільшення тривалості сну (див. табл. 1). Однак лише у тварин,

Таблиця 1. Тривалість (с) поведінкових реакцій у мишей з осередком тонічного болю залежно від експозиції поляризованого світла на точки акупунктури E – 36 (M ± m)

Поведінкові реакції	Контроль	Експозиція поляризованого світла		
		4 хв	8 хв	10 хв
Вилузування осередка болю	942,1±130,9	624,4±4,0 *	622,0±78,4 *	471,3±38,0 **
Їжа	0,1±0,09	0	31,4±24,0	39,7±15,4 *
Сон	557,3±130,6	725,4±180,4	958,0±187,1	1087,3±187,7*
Біг	92,4±26,9	142,3±25,8	338,3±90,1*	126,0±33,0
Вмивання	139,4±29,9	97,3±25,7	106,7±21,3	186,8±63,1

* P < 0,05, ** P < 0,001 порівняно з контролем.

які одержали 10-хвилинну експозицію світла, тривалість їжі і сну достовірно відрізнялася від контролю (P<0,05).

Не виявлено залежності від експозиції поляризованого світла в таких ПР, як біг і вмивання (див. табл. 1).

Залежність ефекту від зони дії поляризованого світла. Нами вивчена дія поляризованого світла на дві різні ТА (E-36 і V-60), а також на ділянку шкіри, яка не містить специфічних протибольових ТА. Про інтенсивність болю в різних групах можна судити з рис.2.

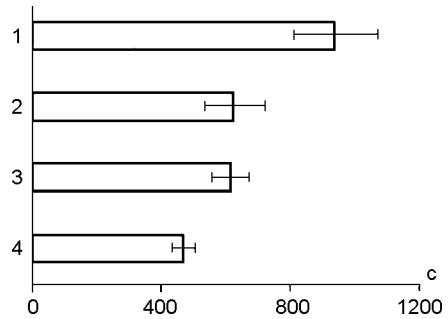
Статистичний аналіз довів, що лише дія поляризованого світла на ТА достовірно послаблює больову ПР (табл. 2). При цьому у випадку дії світла на ТА E-36 достовірність різниці з контролем вища (P<0,01), ніж при дії на ТА V-60 (P<0,05). Така ж експозиція поляризованого світла на ділянку шкіри, яка не містить протибольових ТА, не викликала статистично достовірного зниження тривалості больової ПР. Не відрізнялися від контрольних

Таблиця 2. Тривалість (с) больових і небольових поведінкових реакцій у мишей з осередком тонічного болю залежно від ділянки, яка зазнала дії поляризованого світла (M ± m)

Поведінкові реакції	Контроль	Зона дії поляризованого світла		
		Точка акупунктури V-60	Точка акупунктури E-36	Зона без точок акупунктури
Вилузування осередка болю	942,1±130,9	617,6±59*	471,3±38**	629,5±94,3
Їжа	0,1±0,09	4,9±2,9	39,7±15,4*	1,1±1,1
Сон	557,3±130,6	1033,2±129*	1087,3±187,7*	1069±150*
Біг	92,4±26,9	288,8±52,9*	126±33	218,7±46,8*
Вмивання	139,4±29,9	81±7,9	186,8±63,1	48,3±9,4**

* P < 0,05, ** P < 0,01 порівняно з контролем.

Рис. 2. Тривалість больової поведінкової реакції у мишей різних груп за 60 хв спостереження: 1 — без опромінення поляризованим світлом (контроль), 2 — після 10-хвилинного опромінення зони без точок акупунктури (2), точок акупунктури V-60 (3) і E-36 (4).



і значення тривалості їжі у мишей, які зазнали дії світла на ділянку шкіри, яка не мала протибольових ТА. Тривалість сну у мишей трьох дослідних груп була приблизно вдвічі довшою, ніж у контролі. За двома іншими поведінковими реакціями (біг, вмивання) чіткої залежності від ділянки експозиції не виявлено.

Обговорення

Дослідження на тваринах з експериментально викликаним осередком тоничного болю дозволило вперше кількісно оцінити інтенсивність болю до і після дії поляризованого світла на ТА. Виявлено статистично достовірне послаблення болю у мишей після опромінення ТА *E-36* або ТА *V-60* поляризованим світлом прибору «Биоптрон».

Ми вивчали тонічний біль на моделі формалінового тесту, котра описана в літературі і широко застосовується для визначення ефективності анальгетичної дії різних речовин або фізіотерапевтичних факторів [15–17]. Відомо, що тонічний компонент цього тесту є результатом запального процесу в периферичних тканинах і змін функції нейронів дорсальних рогів спинного мозку [4]. Оскільки в наших експериментах застосовувалась однократна дія поляризованого світла, причому не на осередок болю (стопа), а на протибольові ТА, можна думати, що анальгезія не є наслідком проти-запальної дії. Раніше було показано [7], що при тривалих експозиціях низькоінтенсивних електромагнітних полів (ЕМП) мікрохвильового діапазону відбувається кумуляція слабких дій, котра проявляється в функціональних і морфологічних змінах на різних рівнях живих організмів (субклітинному, клітинному, тканинному тощо). Наші дослідження підтверджують цей загальний принцип взаємодії ЕМП з живими організмами і показують, що ступінь анальгезії при дії поляризованого світла на ТА знаходиться в прямій залежності від тривалості експозиції. В межах випробуваних нами інтервалів часу найбільша анальгезія розвивалася при максимальній експозиції світла (10 хв).

Було встановлено, що статистично достовірне послаблення болю можна одержати лише при дії на ТА, ділянка шкіри без протибольових ТА не ефективна. Клінічні дослідження підтверджують специфічність ТА відносно неакупунктурних точок. При порівнянні плацебо та реальної акупунктури позитивний ефект відмічений відповідно у 30 і 70 % хворих з хронічним больовим синдромом [12], що є одним з доказів того, що ТА — специфічні ділянки шкіри, які мають особливі рецепторні властивості.

У наших дослідженнях поляризоване світло аплікувалося на дві широко використані в практиці протибольові ТА: *E-36* (цзу-сань-лі) і *V-60* (кунь-лунь). Встановлено, що для пригнічення болю, який локалізується на тильній

поверхні стопи задньої кінцівки миші, більш ефективна ТА *E-36*. Це можна пояснити різницею в сегментарній іннервації ділянок локалізації які вивчають ТА. Відомо, що ТА *E-36* іннервується через загальний малогомілковий нерв із 4–5 поперекових сегментів спинного мозку [21], із тих же сегментів іннервується і тильна ділянка стопи задньої кінцівки гризунів і людини [8, 22]. Навпаки, ТА *V-60* іннервується литконожним нервом, який починається з I крижового сегмента. Це збігається зі спостереженнями інших авторів [13], які виявили залежність глибини анальгезії від специфічних властивостей ТА або їх іннервації.

Механізми анальгетичної дії поляризованого світла поки що не вивчені. Можна думати, що в результаті дії поляризованого світла на ТА запускаються власні протибольові системи мозку, що призводить до пригнічення передачі больової імпульсації на нейронному рівні. Нині такий механізм, як було експериментально доказано, існує у випадку дії на ТА електричним струмом або низькоінтенсивним електромагнітним випромінюванням мікрохвильового діапазону [19, 20]. Доведено участь в акупунктурній анальгезії опіатної, моноамінергічної та пептидергічної ендогенних протибольових систем.

Висновки

1. У мишей з осередком тонічного болю (формаліновий тест) дія поляризованого світла на точки акупунктури (ТА) статистично достовірно пригнічує больову поведінкову реакцію (вилузування осередку болю), але збільшує тривалість невольових ПР (сон, їжа).

2. Ступінь анальгезії залежить від тривалості експозиції поляризованого світла. В межах випробуваних нами інтервалів часу (4, 8 і 10 хв) найбільша анальгезія (50 %) спостерігалось при максимальному часі.

3. Ступінь анальгезії залежить від вибору ТА. З двох вивчених ТА більш виражену анальгетичну дію викликала точка *E-36*. Дія світла на ділянку шкіри, яка не має протибольових ТА, виявилася неефективною.

Y.P. Limansky, Z.A. Tamarova, S.A. Gulyar, E.G. Bidkov

EXAMINATION OF THE ANALGETIC ACTION OF POLARIZED LIGHT ON THE POINTS OF AN ACUPUNCTURE

The influence of lowintensive polarized light on pain and nonpain behavioural responses (BR) was studied in experiments on mice with the locus of tonic pain (phormalin test). It was shown, that the action of polarized light on the acupuncture points (AP) statistically reliablly decrease of pain BR (licking of the locus of a pain), but increase the duration of nonpain BR (slepping, eating). The analgetic effect depends from a choice of AP and ehpozition. The maximal analgesia (50 %) was observed after 10-minute action of polarized light on AP *E-36*.

*A.A. Bogomoletz Institute of Physiology
National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev*

Список літератури

1. *Влахова И.О.* Применение светотерапии аппаратом «Биоптрон-1» в лечении пациентов с сахарным диабетом. — В кн.: Биоптрон: Теория, клиника, перспективы. — Киев. — 1999. — С. 41-44.

2. Грохольский А.П., Грохольская Л.А., Макашова Т.В. и др. Применение видимого поляризованного света при лечении стоматологических заболеваний. — Там же. — С. 52-58.
3. Клименко П.М. Применение аппарата «Биоптрон» при лечении хронического простатита и его осложнений. — Там же. — С. 67-72.
4. Колбун Н.Д. Теория и практика информационно-волновой терапии. — К., Биополис, 1996. — 272 с.
5. Лиманский Ю.П. Гипотеза о точках акупунктуры как полимодальных рецепторах системы эгоцептивной чувствительности // Физиол. журн. — 1990. — **36**, № 4. — С. 115-122.
6. Лиманский Ю.П., Тамарова З.А., Бидков Е.Г., Колбун Н.Д. Подавление ноцицептивных реакций у мышей низкоинтенсивным микроволновым воздействием на точку акупунктуры // Нейрофизиология. — 1999. — **31**, № 2. — С. 290-294.
7. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. — М.: Наука. — 1968. — 268 с.
8. Bossy J. Bases neurobiologiques des reflexotherapies. — In.: Monographies de reflexotherapie appliquee. — Paris: Masson, 1978. — 157 p.
9. Du J., He L. Alterations of spinal dorsal horn substance P following electroacupuncture analgesia — a study of the formalin test with immunohistochemistry and densitometry // Acupunct. Electrother. Res. — 1992. — **17**, № 1. — P. 1-6.
10. Dubuisson D., Dennis S.G. The formalin test: a quantitative study of the analgesic effects of morphine, meperidine and brainstem stimulation in rats and cats // Pain. — 1977. — **4**, — P. 161-164.
11. Hunskaar S., Fasmer O.B., Hole K. Formalin test in mice, a useful technique for evaluating mild analgesics // J. Neurosci. Meth. — 1985. — **14**. — P. 69-76.
12. Lewith G.T., Machin D. On the evaluation of the clinical effects of acupuncture // Pain. — 1983. — **16**, № 2. — P. 111-127.
13. Liu X., Zhang S., Wei B. The relation of the relative specificity of point to channel lines or spinal segments // Chen Tsu Yen Chiu. — 1995. — **20**, № 1. — P. 54-59.
14. Otsuka H., Okubo K., Imai M. et al. Polarized light irradiation near stellate ganglion in a patient with Raynaud's sign // Masui. — 1992. — **41**, — № 11. — P. 1814- 1817.
15. Oyama T., Ueda M., Kuraishi Y. et al. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord // Neurosci. Res. — 1996. — **25**. — P. 129-135.
16. Repacholi M.H. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs // Bioelectromagnetics. — 1998. — **19**, — № 1. — P. 1-19.
17. Sher L.. Effects of natural and man-made electric/electromagnetic fields on human health: a possible mechanism // Med. Hypotheses. — 1997. — **49**, № 1. — P. 31-34.
18. Sugimoto M., Kuraishi Y., Satoh M., Takagi H. Involvement of medullary opioidpeptidergic and spinal noradrenergic systems in the regulation of formalin-induced persistent pain // Neuropharmacology. — 1986. — **25**, — P. 481-485.
19. Ulett G.A., Han S., Han J.S. Electroacupuncture: mechanisms and clinical application // Biol. Psychiatry. — 1998. — **44**, № 2. — P. 129-138.
20. Wang J., Wang S., Zhang W. Effects of naloxone on the changes of pain threshold and contents of monoamine neurotransmitters in rat brain induced by EA // J. Tradit. Chin. Med. — 1991. — **11**, № 4. — P. 286-290.
21. Xu G.Y., Duanmu Z., Yin Q. Reversal of the inhibitory effect of electroacupuncture on the nociceptive response of neurons in parafascicular nucleus by naloxone in acute arthritic rats // Sheng Li Hsueh Pao. — 1994. — **46**, № 5. — P. 427-434.
22. Yang J., Tang J., Yuan B., Jia H. Responses of neurons in thalamic nucleus submedius to electrical stimulation of peroneal nerve and "zusanli" point in rats // Chen Tsu Yen Chiu. — 1996. — **21**, № 4. — P. 28-33.
23. Zukauskas G., Dapsys K. Bioelectrical homeostasis as a component of acupuncture mechanism // Acupunct. Electrother. Res. — 1991. — **16**, № 3-4. — P. 117-126.

Ін-т фізіології ім. О.О.Богомольця
НАН України, Київ;
Мед. наук.-інформ.центр «Центер-Віта», Київ

Матеріал надійшов
до редакції 24.03.2000