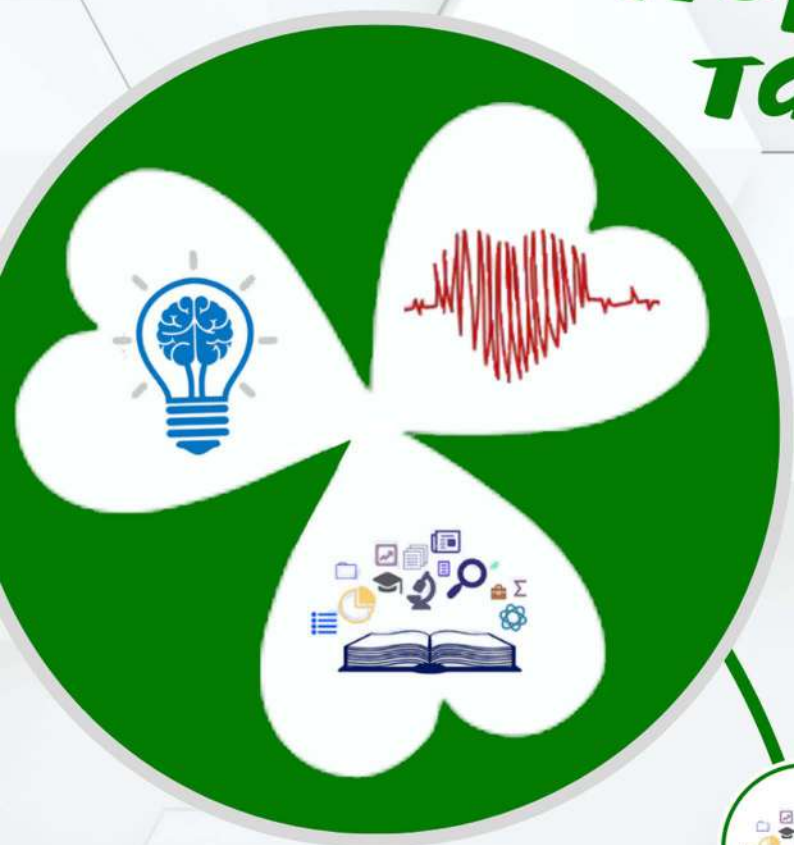




Наукові перспективи
Видавнича група

Перспективи та інновації науки



№2(60) 2026

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського

Видавнича група «Наукові перспективи»

Луганський державний медичний університет

Громадська наукова організація «Система здорового довголіття в мегаполісі»

Християнська академія педагогічних наук України

Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з духовно-морального виховання

*за сприяння КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва",
Центру дієтології Наталії Калиновської*

«Перспективи та інновації науки»

№ 2(60) 2026

Київ – 2026

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Luhansk State Medical University

Public scientific organization "System of healthy longevity in the metropolis"

Christian Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine

All-Ukrainian Association of Teachers and Psychologists of Spiritual and Moral Education

*with the assistance of the KNP "Clinical Hospital No. 15 of the Podilsky District of Kyiv",
Nutrition Center of Natalia Kalinovska*

"Prospects and innovations of science"

№ 2(60) 2026

Kyiv – 2026

ISSN 2786-4952 Online

УДК 001.32:1/3](477)(02)

Ідентифікатор медіа - R40-05846

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60))

«Перспективи та інновації науки»: журнал. 2026. № 2(60) 2026. С. 3763



Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.09.2021 № 1017 журналу присвоєно категорію "Б" із психології та педагогіки

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.04.2023 № 491 журналу присвоєно категорію "Б" із медицини: спеціальність 222

Рекомендовано до видавництва Президією громадської наукової організації «Всеукраїнська Асамблея докторів наук з державного управління» (Рішення від 16.02.2026, № 6/2-26)

Журнал видається за підтримки КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва", Центру дієтології Наталії Калиновської



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), Research Bible, міжнародної пошукової системи Google Scholar

Електронний науковий журнал «Перспективи та інновації науки» заснований з метою висвітлення актуальних питань теорії та практики медицини, біології, біотехнології та реабілітації в Україні, за кордоном. Видання розраховано на науковців, викладачів, педагогів-практиків, представників органів державної влади та місцевого самоврядування, здобувачів вищої освіти, громадсько-політичних діячів

Згідно Порядку формування Переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказом МОН України від 15.01.2018 № 32, повнотекстовий доступ до наукових статей журналу представлений на платформі «Наукова періодика України» в Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського НАН України та в Національному репозитарії академічних текстів

Голова редакційної колегії:



Вадзюк Степан Несторович - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фізіології з основами біоетики та біобезпеки Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України (Україна)

Заступник голови редакційної колегії: Торяник Інна Іванівна - доктор медичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії вірусних інфекцій Державної установи «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова Національної академії медичних наук України» (Харків, Україна)

Редакційна колегія:

- **Алієв, Ельнур М.** - доктор медичних наук, професор, професор Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
- **Бабова Ірина Костянтинівна** - доктор медичних наук, професор, старший науковий співробітник відділу економічного регулювання природокористування ДУ "Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень Національної академії наук України", лікар ФРМ (фізичної та реабілітаційної медицини) ДУ "Територіальне медичне об'єднання МВС України по Одеській області" (Одеса, Україна)

- **Бабчук Олена Григоріївна** - кандидат психологічних наук, доцент, завідувач кафедри психології та педагогіки Одеського державного університету внутрішніх справ, (Україна)
- **Галандаров, Вагіф Календер** - доктор медичних наук, доктор філософії, професор, професор кафедри хірургічних захворювань Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
- **Гараєв, Ельдар Абдулла** - доктор медичних наук, професор кафедри загальної та токсикологічної хімії, Заступник директора Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
- **Гудзь Наталія Іванівна** - доктор фармацевтичних наук, професор кафедри технології ліків та біофармації Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (Львів, Україна), ад'юкт кафедри фармації і екологічної хімії Опольського університету (Польща) (adjunct of the Department of Pharmacy and Ecological Chemistry of the University of Opole, Poland)
- **Ельдар Елієв** доктор - медичних наук, професор, професор кафедри хірургічних захворювань Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
- **Журавльова Лариса Петрівна** — доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології Поліського національного університету (Житомир, Україна),
- **Іншакова Ганна Вадимівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри громадського здоров'я Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, Україна)
- **Керецман Анжеліка Олексіївна**– кандидат медичних наук, доцент, завідувачка кафедри соціальної медицини та гігієни медичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)
- **Кернас Андрій В'ячеславович** – доктор філософії в галузі психології, кандидат психологічних наук, дійсний член Української психологічної асоціації, магістр права, магістр педагогіки, доцент кафедри Практичної психології Одеського національного морського університету, старший викладач кафедри мовної та психолого-педагогічної підготовки Одеського національного економічного університету (Одеса, Україна)
- **Коваль Галина Миколаївна** - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, епідеміології з курсом інфекційних хвороб Ужгородського національного університету (Ужгород, Україна)
- **Ковальська Оксана Романівна** - кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри соціальної медицини, економіки та організації охорони здоров'я Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (Львів, Україна)
- **Корильчук Неоніла Іванівна** – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
- **Левков Анатолій Анатолійович** - кандидат медичних наук, доцент кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри онкології, радіаційної медицини та радіології Полтавського державного медичного університету (Полтава, Україна)
- **Лич (Назарук) Оксана Миколаївна** - доктор психологічних наук, доцент, член-кореспондент української академії акмеології, член громадської спілки «Національна психологічна асоціація», доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- **Макаренко Олександр Миколайович** — доктор медичних наук, професор, академік Міжнародної академії освіти та науки, професор кафедри загальномедичних дисциплін Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- **Мельник Володимир Степанович** — доктор медичних наук, професор кафедри неврології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, декан медичного факультету №1 (Київ, Україна)
- **Мігенько Богдан Орестович** – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
- **Мігенько Людмила Михайлівна** – кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини №2 Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
- **Мочалов Юрій Олександрович** - доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)
- **Олійник Світлана Валентинівна** - кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри аптечної технології ліків Національного фармацевтичного університету
- **Помиткін Едуард Олександрович** — доктор психологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту педагогічної освіти і освіти дорослих імені Івана Зязюна НАПН України (Київ, Україна)
- **Помиткіна Любов Віталіївна** — доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- **Сатурська Ганна Степанівна** - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
- **Теренда Наталія Олександрівна** - доктор медичних наук, професор, т.в.о завідувача кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
- **Черська Марія Сергіївна** - доктор медичних наук, завідувачка консультативно-діагностичним відділенням Державної Установи «Інститут ендокринології та обміну речовин НАМН України» (Київ, Україна)
- **Шульгай Аркадій Гаврилович** - доктор медичних наук, професор, професор кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)

Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.

Нестерчук Н.Є., Петровська Н.С. 2446
ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ ПРИ МУКОВІСЦИДОЗІ

Нефьодов О.О., Нефьодова О.О., Севрюков О.В., Шевченко І.В., Грузд В.В. 2458
СТРАТЕГІЇ ФАРМАКОТЕРАПІЇ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО БОЛЮ В АБДОМІНАЛЬНІЙ ХІРУРГІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Нефьодов О.О., Сахарова Т.С., Семененко С.І., Севрюков О.В., Тереховський А.І., Воронцова Л.Л., Бєсєдін О.М. 2470
ФАРМАКОГЕНЕТИЧНІ ТА КЛІНІКОФАРМАКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ БОЛЬОВОГО ВІДЧУТТЯ

Обухова О.А., Ластовець М.О. 2485
СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ГЕНЕТИЧНІ ТА НЕЙРОМЕТАБОЛІЧНІ МЕХАНІЗМИ ОЖИРІННЯ

Первак М.П., Єгоренко О.С., Букрєєва Н.І., Кащенко О.А., Ляшенко С.Л. 2497
ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ЩУРІВ З ПЕНТИЛЕНЕТЕТРАЗОЛ-ІНДУКОВАНИМ ЕПІЛЕПТИЧНИМ СИНДРОМОМ У ВІДКРИТОМУ ПОЛІ ТА ТЕСТІ ВИМУШЕНОГО ПЛАВАННЯ ЗА УМОВ ТРАНС-КРАНІАЛЬНОГО ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИМ ПУЛЬСУЮЧИМ УЛЬТРАЗВУКОМ

Петруняк С.О., Воронич-Семченко Н.М. 2509
ЗМІНИ ВМІСТУ ОКСИПРОЛІНУ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ІЗ ГІПОТИРЕОЇДНОЮ ДИСФУНКЦІЄЮ ТА ІНСУЛІНО-РЕЗИСТЕНТНІСТЮ

Плеш І.А., Борейко Л.Д., Перижняк А.І., Юрків О.І., Борейко С.О. 2518
ДІАГНОСТИКА ОБ'ЄМЗАЛЕЖНОГО ВАРІАНТУ ЕСЕНЦІЙНОЇ ГІПЕРТЕНЗІЇ II СТАДІЇ З УРАХУВАННЯМ ЦИРКАДІАННОГО РИТМУ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ

Пліс М.О., Царьов О.В. 2531
ДИНАМІКА БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА МАРКЕРІВ СТРЕСУ ПІСЛЯ РОБОТ - АСИСТОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВАРІАНТУ АНЕСТЕЗІЇ

Первак Михайло Павлович кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри симуляційних медичних технологій Одеського національного медичного університету, м. Одеса, <https://orcid.org/0000-0002-0360-5756>

Єгоренко Ольга Сергіївна доктор філософії, асистент кафедри симуляційних медичних технологій Одеського національного медичного університету, м. Одеса, <https://orcid.org/0000-0002-1464-9690>

Букрєєва Наталя Іванівна, кандидат біологічних наук, вірусолог, генетик, завідувачка Навчально-виробничої лабораторії молекулярної патології Одеського національного медичного університету, м. Одеса, <https://orcid.org/0009-0006-8161-1453>

Кашченко Ольга Анатоліївна кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри фізіології, патологічної фізіології, медичної фізики та інформатики Одеського національного медичного університету, м. Одеса, <https://orcid.org/0000-0003-0120-9503>

Ляшенко Світлана Леонідівна кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри фізіології, патологічної фізіології, медичної фізики та інформатики Одеського національного медичного університету, м. Одеса, <https://orcid.org/0000-0002-9687-5674>

ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ЩУРІВ З ПЕНТИЛЕНЕТЕТРАЗОЛ-ІНДУКОВАНИМ ЕПІЛЕПТИЧНИМ СИНДРОМОМ У ВІДКРИТОМУ ПОЛІ ТА ТЕСТІ ВИМУШЕНОГО ПЛАВАННЯ ЗА УМОВ ТРАНСКРАНІАЛЬНОГО ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИМ ПУЛЬСУЮЧИМ УЛЬТРАЗВУКОМ

Анотація. Обґрунтування. Епілепсія залишається одним із найпоширеніших хронічних захворювань головного мозку, що вражає мільйони людей у всьому світі та призводить до значної інвалідизації. Окрім судомних нападів, клінічна картина часто ускладнюється коморбідними розладами, такими як тривожність та депресія, що суттєво погіршує якість життя пацієнтів. Пошук нових немедикаментозних методів корекції цих станів є актуальним завданням сучасної медицини. Транскраніальний вплив низькоінтенсивним пульсуючим ультразвуком (НПУ/LIPUS) продемонстрував здатність відновлювати збудливість нейронів, покращувати когнітивні функції та чинити протизапальну дію,

що робить його перспективним інструментом для терапії епілептичних синдромів.

Мета полягала у вивченні ефективності транскраніального впливу НПУ різної тривалості (один та п'ять сеансів) на поведінкові реакції щурів із сформованим пентилентетразол (ПТЗ)-індукованим кіндлінгом у тестах «Відкрите поле» та вимушеного плавання Порсолта.

Матеріали та методи. Експеримент проведено на 42 статевозрілих щурах лінії Вістар. Хронічний епілептичний синдром моделювали введенням ПТЗ (35 мг/кг в/очер) протягом 21 дня. Вплив НПУ (1,5 МГц, 30 мВт/см²) здійснювали на тім'яно-потиличні ділянки обох півкуль (по 10 хв на кожну). Оцінку рівня тривожності та депресивноподібної поведінки проводили за допомогою стандартних поведінкових тестів.

Результати. У щурів із розвиненим кіндлінгом спостерігалися виражені ознаки тривожності та депресії: зниження рухової активності, зменшення числа виходів у центр поля та збільшення часу іммобілізації. Застосування курсу з п'яти сеансів НПУ призвело до статистично значущого покращення поведінкових показників. Зокрема, у групі з 5-кратним впливом НПУ загальне число пересічених квадратів у тесті «Відкрите поле» зросло на 38,5% ($P < 0,01$), число пересічених центральних квадратів збільшилось на 65,3%, а кількість болюсів — на 66,0% ($P < 0,05$) порівняно з групою кіндлінгу без лікування. У тесті Порсолта тривалість пасивного плавання (зависання) скоротилася на 23,5% ($P < 0,01$), що свідчить про антидепресивний ефект терапії. Однократний сеанс НПУ не показав достовірного терапевтичного впливу.

Висновки. Курсовий вплив НПУ ефективно пригнічує поведінкові розлади у щурів з хронічним епілептичним синдромом, нівелюючи прояви тривожності та депресії. Отримані дані обґрунтовують доцільність подальшого вивчення НПУ як методу корекції коморбідних психічних порушень при епілепсії.

Ключові слова: епілепсія, пентилентетразоловий кіндлінг, коморбідні стани, тривожність, депресія, низькоінтенсивний пульсуючий ультразвук, поведінкові тести.

Pervak Mykhailo Pavlovych Candidate of Medical Science, Associate Professor, Associate Professor of Department of Simulation Medical Technologies in Odesa National Medical University, Odesa, <https://orcid.org/0000-0002-0360-5756>

Yehorenko Olha Serhyivna PhD, Assistant Professor of Department of Simulation Medical Technologies in Odesa National Medical University, Odesa, <https://orcid.org/0000-0002-1464-9690>

Bukreeva Natalia Ivanivna Candidate of biological science, virologist, geneticist, Head of the Educational and Production Laboratory of Molecular Pathology in Odesa National Medical University, Odesa, <https://orcid.org/0009-0006-8161-1453>

Kashchenko Olha Anatoliivna Candidate of Medical Science, Associate Professor, Associate Professor of Department of Physiology, Pathological Physiology, Medical Physics, and Informatics in Odesa National Medical University, Odesa, [Vhttps://orcid.org/0000-0003-0120-9503](https://orcid.org/0000-0003-0120-9503)

Liashenko Svitlana Leonidivna Candidate of Medical Science, Associate Professor, Associate Professor of Department of Physiology, Pathological Physiology, Medical Physics, and Informatics in Odesa National Medical University, Odesa, <https://orcid.org/0000-0002-9687-5674>

BEHAVIORAL PECULIARITIES OF RATS WITH PENTYLENETETRAZOL-INDUCED EPILEPTIC SYNDROME IN OPEN FIELD AND FORCED SWIM TESTS UNDER CONDITIONS OF TRANSCRANIAL LOW-INTENSITY PULSED ULTRASOUND INFLUENCE

Abstract. Background. Epilepsy remains one of the most common chronic brain diseases, affecting millions of people worldwide and leading to significant disability. In addition to seizures, the clinical picture is often complicated by comorbid disorders such as anxiety and depression, which significantly impair patients' quality of life. The search for new non-pharmacological methods for correcting these conditions is an urgent task of modern medicine. Transcranial low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) has demonstrated the ability to restore neuronal excitability, improve cognitive functions, and exert anti-inflammatory effects, making it a promising tool for the therapy of epileptic syndromes.

The aim of the work was to study the efficacy of transcranial LIPUS influence of varying duration (one and five sessions) on the behavioral reactions of rats with established pentylenetetrazol (PTZ)-induced kindling in the Open Field and Porsolt forced swim tests.

Materials and Methods. The experiment was conducted on 42 sexually mature Wistar rats. Chronic epileptic syndrome was modeled by administering PTZ (35 mg/kg i.p.) for 21 days. LIPUS influence (1.5 MHz, 30 mW/cm²) was applied to the parieto-occipital areas of both hemispheres (10 min each). Assessment of anxiety levels and depression-like behavior was performed using standard behavioral tests.

Results. Rats with developed kindling showed pronounced signs of anxiety and depression: decreased locomotor activity, reduced number of entries into the center of the field, and increased immobilization time. The application of a course of five LIPUS sessions resulted in a statistically significant improvement in behavioral indicators. Specifically, in the group with 5-fold LIPUS influence, the total number of crossed squares in the Open Field test increased by 38.5% ($P < 0.01$), the number of crossed central squares increased by 65.3%, and the number of boluses increased by 66.0% ($P < 0.05$) compared to the kindling group without treatment. In the Porsolt test, the duration of passive swimming (immobility) decreased by 23.5% ($P < 0.01$), indicating

an antidepressant effect of the therapy. A single LIPUS session did not show a reliable therapeutic effect.

Conclusions. The course influence of LIPUS effectively suppresses behavioral disorders in rats with chronic epileptic syndrome, mitigating manifestations of anxiety and depression. The obtained data substantiate the feasibility of further study of LIPUS as a method for correcting comorbid mental disorders in epilepsy.

Keywords: epilepsy, pentylenetetrazol kindling, comorbid conditions, anxiety, depression, low-intensity pulsed ultrasound, behavioral tests.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Одним із найбільш поширених та важких за наслідками для здоров'я захворювань нервової системи і перш за все ураження головного мозку є епілепсія, на яку у світі страждають близько 50–65 млн людей, що становить приблизно 1% населення [1]. Щороку фіксується близько 2,4 млн нових випадків. Найвищі показники захворюваності спостерігаються в країнах із низьким та середнім рівнем доходу. В Україні, за даними Центру громадського здоров'я, на початку 2018 р. було зареєстровано 52,5 тис. хворих на епілепсію, що становить 0,12% від загальної кількості населення. Це відповідає рівню захворюваності 123,7 на 100 тис. осіб. Аналіз соціальної структури пацієнтів свідчить, що найбільшу групу хворих становили інваліди третьої групи [2]. Тому розробка новітніх підходів до лікування захворювання є актуальною проблемою, вирішення якої дозволяє вернути до соціальної активності хворих працездатного віку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнім часом визначено ефективність впливу на головний мозок низькоінтенсивного пульсуючого ультразвуку (НПУ) LIPUS (Low-Intensity Pulsed Ultrasound), в тому числі у відношенні до пригнічення епілептиформної активності нейронів викликаній застосуванням каїнової кислоти [3]. Крім того, застосування НПУ викликає відновлення когнітивних функцій, яке спостерігалось в тесті розрізнення нових об'єктів, викликає протизапальну дію [4, 5]. Застосування НПУ здійснює вплив на молекулярно - генетичний апарат регуляції активності нейронів та гліальних клітин [6], покращує функціонально - морфологічний стан мікроциркуляторного русла [7, 8].

Однак вивчення впливу НПУ на поведінкові розлади на сьогодні є недостатнім. В той же час, модель пентилентетразолового (ПТЗ) кіндлінга дозволяє ефективно відтворювати основні коморбідні порушення, притаманні клінічним формам захворювання, зокрема прояви тривожності та депресії [9].

Тому **метою** роботи стало вивчення транскраніального впливу НПУ на показники поведінки в тестах відкритого поля, а також плавальному тесті Порсолта у щурів із ПТЗ-індукованим кіндлінгом.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Матеріал та методи дослідження. Спостереження проведені на 42 статевозрілих щурах лінії Вістар (віком три місяці). Тварини знаходились за стандартних умов віварію Одеського національного медичного університету при постійній температурі 23 °С, 60% вологості, 12-годинній зміні освітлення, вільним доступом до води та стандартною дієтою.

Виконання експериментальних процедур проводилось у відповідності до вимог Хельсинської декларації (Directive 86/609/EEC) та вимог Національного Інституту Здоров'я США поводження з експериментальними тваринами. Протокол дослідження схвалено Комісією з Біоетики Одеського національного медичного університету (Протокол № 1, 14.03.2022).

Модель хронічного епілептичного синдрому.

ПТЗ-викликаний кіндлінг моделювали за раніше описаною методикою [6]. PTZ (P6500, Sigma-Aldrich, США) розчиняли в 0,9% NaCl ex tempore і застосовували внутрішньочеревинно (в/очер) дозою 35,0 мг/кг щодобово протягом 21 днів. До спостереження включали щурів із розвиненими генералізованими судомними проявами.

Щурам групи контролю (інтактні тварини) щодобово вводили 0,9% фізіологічний розчин NaCl. Після кожної ін'єкції щурів спостерігали індивідуально в ізольованих камерах на протязі 30 хв, оцінку тяжкості судом проводили за шестибальною шкалою та до спостереження включали щурів із тяжкістю 5-6 балів [6].

Щурів було розподілено в наступні експериментальні групи:

Інтактні щури з хибними впливами НПУ:

-один сеанс (n=8);

-п'ять сеансів (n=7);

Щури з ПТЗ-індукованим кіндлінгом та хибними впливами НПУ:

-один сеанс (n=7);

-п'ять сеансів (n=7);

Щури з ПТЗ-індукованим кіндлінгом та впливом НПУ:

-один сеанс (n=7);

-п'ять сеансів (n=6).

Вплив НПУ

Щурам здійснювали анестезії введенням кетаміну (80,0 мг/кг, в/очер) з кселазином (10,0 мг/кг, в/очер), після чого фіксували в стереотаксичному апараті СЕЖ-5. Для генерування ультразвуку використовували джерело електричних імпульсів SDG 2082X, (Siglent Technologies Germany GmbH, Німеччина), які мали характеристики НПУ (1,5 МГц, 1.5 МГц, інтенсивність 30 мВт/см², тривалість серії імпульсів 200 μ s). Після посилення сигналу, для чого

використовували підсилювач EPC 9083 (США), його передавали на ультразвуковий трансдюсер (V301-SU; Olympus, Японія). Трансдюсер з'єднували з конусоподібним коліматором, який був заповнений дегазованою водою та мав вихідний отвір діаметром 4,0 мм, який розташовували в тім'яно-потиличній зоні лівої та правої півкуль, на кожен з яких впливали протягом 10 хв. Попередньо видаляли волосяний покрив та з'єднували вихід коліматора з поверхнею черепа ультразвуковим гелем. Таким чином, загальна тривалість впливу складала 20 хв.

Щурам групи контролю виконували такі ж процедури без ввімкнення генератора НПУ.

Поведінкові тести

Дослідження в тесті відкритого поля та тест примусового плавання Порсолта проводили за відомою методикою [9]. Відповідні спостереження проведені на відкритій площадці розмірами 100x100 см, розподіленої чорною фарбою на 25 рівних квадратів (20x20 см кожний), яка мала стінки висотою 40 см білого кольору. Інтенсивність освітлення складала 7 люксів. Щура розміщували в центрі поля і фіксували показники рухової активності - загальне число пересічених квадратів та число пересічених центральних квадратів, число вертикальних стійок та число болюсів (дефекацій) протягом 5 хвилинного спостереження.

Депресивну форму поведінки (тест Порсолта) проводили в скляному циліндрі (23/50 см), який був заповнений на дві третини водою при температурі 25°C. Перше розміщення щура здійснювали через 24 г з моменту останнього застосування ПТЗ, після чого, через 24 г проводили друге розміщення. Протягом 5 хв фіксували тривалість зависання (імобілізації) щура [9].

Статистичні методи

Статистичний аналіз було проведено із використанням програмного пакету SPSS для Windows (SPSS Inc., версія 21.0, США). Для порівняння показників застосовували метод ANOVA з post-hoc Tukey's HSD тестом. Відмінності приймалися як статистично значущі при $P < 0,05$. Результати представлені як середня величина з середньоквадратичним відхиленням (M+SD).

Результати дослідження:

Порівняння загального числа пересічених квадратів визначила наявність статистично достовірних відмінностей між групами при $F=9,292$ ($fd=5, 36$), $P=0,000$ (Рис. 1, А). При цьому визначалось достовірне зменшення досліджуваного показника у щурів з ПТЗ-кіндлінгом - на 40,9% ($P=0,0003$) та на 41,2% ($P=0,003$) в групах з одно- та п'ятикратним хибним застосуванням LIPUS. За умови однократного застосування LIPUS відмінності були відсутні порівняно як до контролю (група I), такі до кіндлінгових щурів із однократним хибним застосуванням LIPUS (група III) ($P>0,05$). П'ятикратне застосування LIPUS

супроводжувалось збільшенням загального числа пересічених квадратів - на 38,5% порівняно до групи IV із хибним впливом ($P=0,009$) (Рис. 1, А).

Порівняння числа центральних пересічених квадратів визначило наявність статистично достовірних відмінностей між групами при $F=9,637$ ($fd=5, 36$), $P=0,000$ (Рис. 1, Б).

Досліджуваний показник у щурів із ПТЗ-кіндлінгом був в 2,95 в 3,47 разів меншим порівняно до показників в групах контролю відповідно з однократним ($P=0,002$) та п'ятикратним ($P=0,002$) застосуванням LIPUS - групи I та II відповідно.

На тлі однократного застосування LIPUS у щурів із ПТЗ-кіндлінгом досліджуваний показник залишався в 2,16 разу меншим порівняно до відповідного контролю (група I) ($P=0,003$), в той час як при п'ятикратному застосуванні LIPUS число пересічених центральних квадратів не відрізнялось від контролю (група II) ($P>0,05$) і на 65,3% перевищувало показник у кіндлінгових щурів із хибними впливами LIPUS ($P=0,04$) (група IV) (Рис. 1, Б).

Порівняння числа підйомів на задні кінцівки визначило присутність статистично достовірних відмінностей між групами при $F=5,974$ ($fd=5, 36$), $P=0,0004$ (Рис. 1, В). Досліджуваний показник у кіндлінгових щурів був зниженим як при однократному, так і п'ятикратному хибному впливу LIPUS - в 2,65 та в 2,52 разів у порівнянні до груп контролю (I та II відповідно). Число вертикальних підйомів на тлі однократного впливу LIPUS залишалось меншим на 52,3% порівняно до контролю (група I) ($P=0,016$). На тлі п'ятикратного застосування LIPUS досліджуваний показник не мав достовірних відмінностей з контролем (група II) ($P>0,05$) (Рис. 1, В).

Порівняння числа дефекацій (болюсів) визначила присутність статистично достовірних відмінностей між групами при $F=4,029$ ($fd=5, 36$), $P=0,005$ (Рис. 1, Г). Досліджуваний показник у кіндлінгових щурів зменшувався, хоча рівня достовірності досягав в групі з однократним застосуванням LIPUS, в якій зниження числа болюсів порівняно до контролю (група I) складало 66,0% ($P=0,04$). На тлі п'ятиразового застосування LIPUS у кіндлінгових щурів зростало число дефекацій, яке перевищувало показник в групі IV в 3,49 разу ($P=0,041$) (Рис. 1, Г).

Порівняння тривалості зависання щурів в тесті примусового плавання визначило наявність статистично достовірних відмінностей між групами при $F=9,24$ ($fd=5, 36$), $P=0,000$ (Рис. 2). В групах з одно- та п'ятикратним хибним застосуванням досліджуваний показник перевищував показники в контролю - групах I та II на 21,6% ($P=0,006$) та на 25,4% ($P=0,002$) відповідно. На тлі однократного застосування LIPUS тривалість зависань кіндлінгових щурів не мала відмінностей порівняно до груп контролю (група I) групи кіндлінгових щурів із хибним впливом (група III) ($P>0,05$), в той час як при п'ятикратному застосуванні LIPUS досліджуваний показник знижувався порівняно до щурів із кіндлінгом та хибним впливом (група IV) на 23,5% ($P=0,0014$) (Рис. 2, VI).

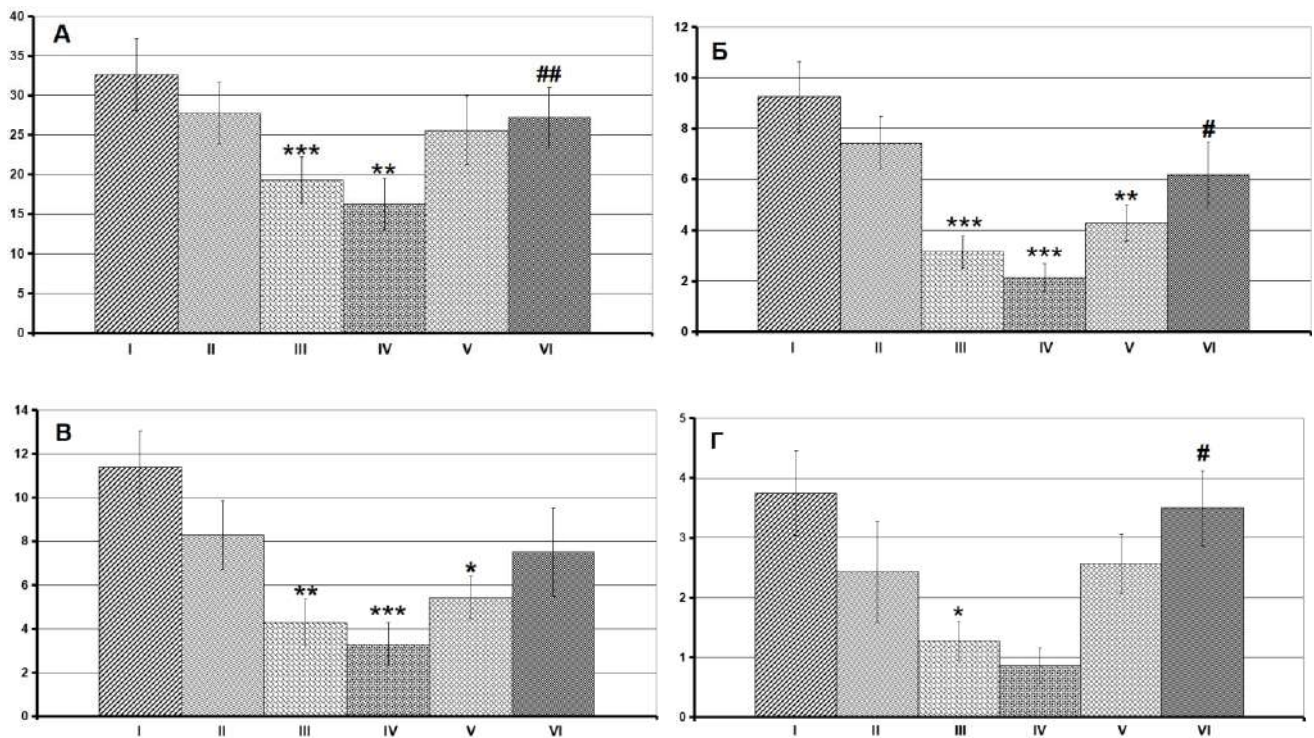


Рисунок 1 - Показники поведінки кіндлінгових щурів в тесті відкритого поля за умови застосування низькоінтенсивного пульсуючого ультразвуку (LIPUS) (M±SD).

Позначки: А - число пересічених квадратів; Б - число пересічених центральних квадратів; В - число підйомів на задні кінцівки; Г - число болюсів.

По вісі ординат - число відповідних епізодів; по вісі абсцис - I-інтактні щури з хибним впливом LIPUS (один сеанс); II- інтактні щури з хибним впливом LIPUS (п'ять сеансів); III- кіндлінгові щури з хибним впливом LIPUS (один сеанс); IV- кіндлінгові щури з хибним впливом LIPUS (п'ять сеансів); V- кіндлінгові щури із однократним застосуванням LIPUS; VI- кіндлінгові щури з п'ятикратним застосуванням LIPUS.

*- $P < 0,05$; **- $P < 0,01$; ***- $P < 0,001$ у порівнянні до відповідної групи (групи I та II) контролю; #- $P < 0,05$; ##- $P < 0,01$ у порівнянні до кіндлінгових щурів з хибними впливами LIPUS (група IV). Застосовано ANOVA+ Tukey HDS тест.

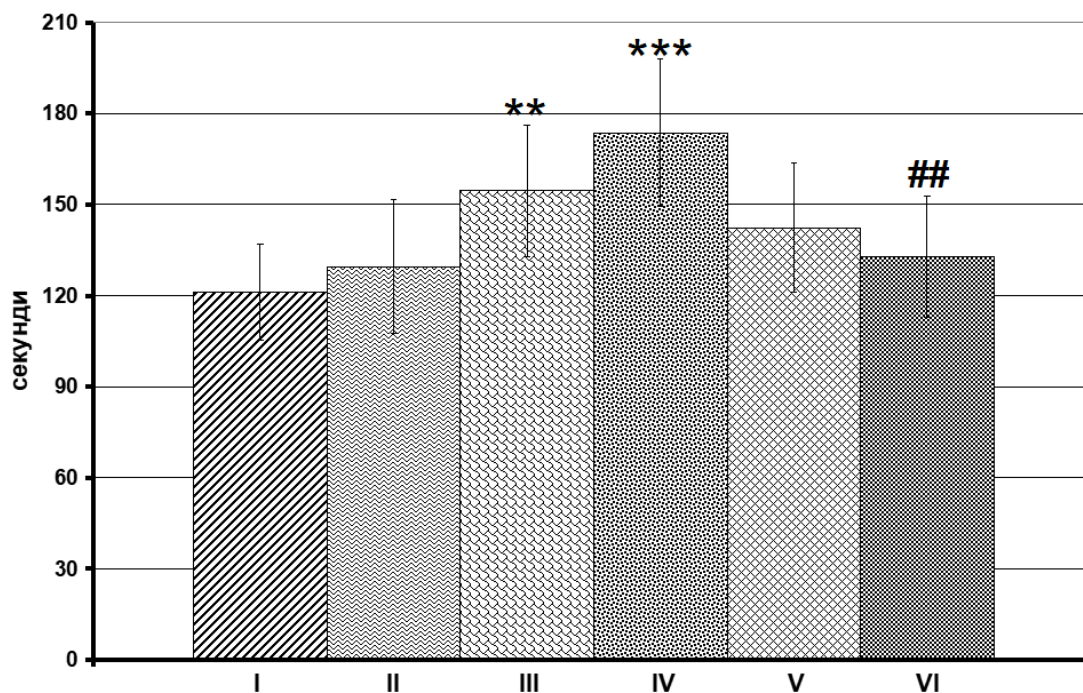


Рисунок 2 - Показники поведінки кіндлінгових щурів в тесті примусового плавання Порсолта за умов застосування низькоінтенсивного пульсуючого ультразвуку (LIPUS) (M+SD).

Позначки: ті самі, що на Рис. 1.

** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$ у порівнянні до відповідної групи (групи I та II) контролю; # - $P < 0,05$; ## - $P < 0,01$ у порівнянні до кіндлінгових щурів з хибними впливами LIPUS (група IV). Застосовано ANOVA+ Tukey HDS тест.

Обговорення

Таким чином, отримані результати засвідчили, що щури зі сформованим хронічним епілептичним синдромом, викликаним методом ПТЗ-кіндлінгу демонструють коморбідні поведінкові розлади, які можливо кваліфікувати як наявність тривожності - зниження числа пересічених центральних квадратів, вертикальних стійок, емоційна напруженість - зниження числа дефекацій. Крім того, в тесті примусового плавання визначається розвиток депресії. Подібні розлади є притаманними за умов виникнення розвиненого ПТЗ-кіндлінга [9].

Зважаючи на тім'яно-потиличну зону впливу НПУ, найбільш вірогідним є коригуючий вплив на структури нової кори, зокрема гіпокампу. Саме структури лімбічної системи за умови хронічного епілептогенезу можуть детермінувати розлади емоційної поведінки щурів, у вигляді розвитку тривожності та депресії [1, 9].

Застосування НПУ попереджало виникнення відповідних поведінкових розладів, що також узгоджується зі здатністю подібного впливу попереджати виникнення запалення нервової тканини, шляхом зменшення вивільнення прозапальних інтерлейкінів, зокрема IL-1 β , гальмування NF- κ B залежних

сигнальних шляхів, [10], а також попередження реакції активації мікроглії [6]. Важливим компонентом протизапального впливу НПУ є покращення мікроциркуляції в тканині головного мозку [7]. Слід зазначити, що курсове транскраніальне застосування НПУ значно покращує довготривалі неврологічні та когнітивні наслідки черепно-мозкової травми, зберігалась синаптичні організація структур гіпокампу [11].

Таким чином, отримані результати свідчать щодо ефективності застосування НПУ в якості коригуючого впливу у відношенні до корекції коморбідних станів - тривожності та депресії при хронічному епілептичному синдромі.

Висновки:

1. У щурів із розвиненим ПТЗ-індукованим кіндлінгом та хибним транскраніальним впливом LIPUS спостерігається зниження показників пригнічення емоційної поведінки, підвищення тривожності за показниками пересічення квадратів, як загального їх числа, так і центральних квадратів, підйомів на задні кінцівки, а також числа дефекацій в тесті відкритого поля.

2. Транскраніальний вплив низькоінтенсивним пульсуючим ультразвуком в режимі п'яти сеансів відновлював досліджувані показники поведінки щурів в тесті відкритого поля.

3. Кіндлінгові щури демонстрували зростання тривалості періоду зависання у тесті вимушеного плавання Порсолта, що усувалось на тлі застосування п'яти сеансів транскраніального впливу LIPUS.

Література

1. Devinsky O., Vezzani A., O'Brien T. J., Jette N., Scheffer I. E. et al. Epilepsy. *Nature Reviews Disease Primers*. 2018. Vol. 4, No. 1. Art. 18024. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2018.24>
2. Олейнікова Н. В., Корж Ю. В., Сурікова І. О., Афанасенко О. В. Результати клініко-економічного аналізу фармакотерапії хворих на епілепсію. *Фармацевтичний журнал*. 2022. Т. 77, № 3. С. 33–43. DOI: <https://doi.org/10.32352/0367-3057.3.22.04>
3. Tsai C. W., Tsai S. J., Pan Y. J., Lin H. M., Pan T. Y., Yang F. Y. Transcranial Ultrasound Stimulation Reverses Behavior Changes and the Expression of Calcium-Binding Protein in a Rodent Model of Schizophrenia. *Neurotherapeutics*. 2022. Vol. 19, No. 2. P. 649–659. DOI: 10.1007/s13311-022-01195-x
4. Liang W., Liang B., Yan K., Zhang G., Zhuo J., Cai Y. Low-Intensity Pulsed Ultrasound: A Physical Stimulus with Immunomodulatory and Anti-inflammatory Potential. *Annals of Biomedical Engineering*. 2024. Vol. 52, No. 8. P. 1955–1981. DOI: 10.1007/s10439-024-03523-y
5. Luo J., Song L., Yan X., Ma X., Gao J., Luo Y., Yang G. Application of ultrasound and ultrasound-responsive materials in wounds: A systematic review. *International Journal of Pharmaceutics: X*. 2026. Vol. 11. Art. 100485. DOI: 10.1016/j.ijpx.2026.100485
6. Hsiao N. J., Lee C. Y., Ke C. H., Wu C. H., Chen S. F., Yang F. Y. Low-Intensity Pulsed Ultrasound Attenuates Neuroinflammation and Preserves Synaptic Integrity by Modulating Microglial Polarization Through the MAPK-NF-κB Pathway After Traumatic Brain Injury. *The FASEB Journal*. 2025. Vol. 39, No. 23. Art. e71246. DOI: 10.1096/fj.202502379R
7. Li J., Guo W., Yu F., Liu L., Wang X., Li L., Fang B., Xia L. Low-intensity pulsed ultrasound promotes angiogenesis via the AKT pathway and DNA methylation in human umbilical vein endothelial cells. *Ultrasonics*. 2022. Vol. 118. Art. 106561. DOI: 10.1016/j.ultras.2021.106561

8. Qin H., Chen D., Zhou B., Yang P., Zheng Y., Sun L., Ding Z., He Z., Zhang S., Hua Z., Chen G., Luo Z., Zhu Y., Wu Y. Synergistic Therapeutic Platform Combining Transcranial Low-Intensity Ultrasound Stimulation and Curcumin Load Liposome Ameliorates Cerebral Ischemia by Modulating Microglia Polarization-Mediated Neuroinflammatory Microenvironment. *Research*. 2025. Vol. 8. Art. 0861. DOI: 10.34133/research.0861
9. Godlevsky L. S., Muratova T. N., Kresyun N. V., van Luijtelaar G., Coenen A. M. L. Anxiolytic and antidepressive effects of electric stimulation of the paleocerebellar cortex in pentylenetetrazol kindled rats. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*. 2014. Vol. 74, No. 4. P. 456–464. DOI: 10.55782/ane-2014-2008
10. Zhao X., Zhao G., Shi Z., Zhou C., Chen Y., Hu B., Yan S. Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) prevents periprosthetic inflammatory loosening through FBXL2-TRAF6 ubiquitination pathway. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Art. 45779.
11. Chang J. W., Wu M. T., Song W. S., Yang F. Y. Ultrasound stimulation suppresses LPS-induced proinflammatory responses by regulating NF- κ B and CREB activation in microglial cells. *Cerebral Cortex*. 2020. Vol. 30. P. 4597–4606.

References

1. Devinsky O, Vezzani A, O'Brien TJ, Jette N, Scheffer IE, et al. Epilepsy. *Nature Reviews Disease Primers*. 2018;4(1):18024. doi: 10.1038/nrdp.2018.24
2. Oleinykova NV, Korzh YuV, Surikova IO, Afanasenko OV. Results of clinical and economic analysis of pharmacotherapy of patients with epilepsy. *Farmatsevtichnyi zhurnal*. 2022;77(3):33-43. doi: 10.32352/0367-3057.3.22.04 [in Ukrainian]
3. Tsai CW, Tsai SJ, Pan YJ, Lin HM, Pan TY, Yang FY. Transcranial Ultrasound Stimulation Reverses Behavior Changes and the Expression of Calcium-Binding Protein in a Rodent Model of Schizophrenia. *Neurotherapeutics*. 2022;19(2):649-659. doi: 10.1007/s13311-022-01195-x
4. Liang W, Liang B, Yan K, Zhang G, Zhuo J, Cai Y. Low-Intensity Pulsed Ultrasound: A Physical Stimulus with Immunomodulatory and Anti-inflammatory Potential. *Ann Biomed Eng*. 2024;52(8):1955-1981. doi: 10.1007/s10439-024-03523-y
5. Luo J, Song L, Yan X, Ma X, Gao J, Luo Y, Yang G. Application of ultrasound and ultrasound-responsive materials in wounds: A systematic review. *Int J Pharm X*. 2026;11:100485. doi: 10.1016/j.ijpx.2026.100485
6. Hsiao NJ, Lee CY, Ke CH, Wu CH, Chen SF, Yang FY. Low-Intensity Pulsed Ultrasound Attenuates Neuroinflammation and Preserves Synaptic Integrity by Modulating Microglial Polarization Through the MAPK-NF- κ B Pathway After Traumatic Brain Injury. *FASEB J*. 2025;39(23):e71246. doi: 10.1096/fj.202502379R
7. Li J, Guo W, Yu F, Liu L, Wang X, Li L, Fang B, Xia L. Low-intensity pulsed ultrasound promotes angiogenesis via the AKT pathway and DNA methylation in human umbilical vein endothelial cells. *Ultrasonics*. 2022;118:106561. doi: 10.1016/j.ultras.2021.106561
8. Qin H, Chen D, Zhou B, Yang P, Zheng Y, Sun L, Ding Z, He Z, Zhang S, Hua Z, Chen G, Luo Z, Zhu Y, Wu Y. Synergistic Therapeutic Platform Combining Transcranial Low-Intensity Ultrasound Stimulation and Curcumin Load Liposome Ameliorates Cerebral Ischemia by Modulating Microglia Polarization-Mediated Neuroinflammatory Microenvironment. *Research*. 2025;8:0861. doi: 10.34133/research.0861
9. Godlevsky LS, Muratova TN, Kresyun NV, van Luijtelaar G, Coenen AML. Anxiolytic and antidepressive effects of electric stimulation of the paleocerebellar cortex in pentylenetetrazol kindled rats. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2014;74(4):456-64. doi: 10.55782/ane-2014-2008
10. Zhao X, Zhao G, Shi Z, Zhou C, Chen Y, Hu B, Yan S. Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) prevents periprosthetic inflammatory loosening through FBXL2-TRAF6 ubiquitination pathway. *Sci Rep*. 2017;7:45779.

11. Chang JW, Wu MT, Song WS, Yang FY. Ultrasound stimulation suppresses LPS-induced proinflammatory responses by regulating NF- κ B and CREB activation in microglial cells. *Cereb Cortex*. 2020;30(8):4597–606.

Дата першого надходження статті до видання: 01.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.02.2026