

Тел.: +380978528121

E-mail: olesyach0210@gmail.com

А – концепція роботи та дизайн, В – збір та аналіз даних, С – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, Е – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє не-обмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 26.05.2026 року

Стаття прийнята до друку 19.08.2026 року

Опубліковано 29.09.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-3-182-149-154

УДК 616.8-009.7-085.212

Шерстюк С. О., Наконечна С. А., Зотова А. Б., Храмова Т. О., Федорченко М. О.

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ БОЛЮ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ЙОГО УСУНЕННЯ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України
(м. Харків, Україна)

s.nakonechna@karazin.ua

Біль є одним із найпоширеніших і водночас найважливіших симптомів у медицині, у його формуванні беруть участь моторні, гуморальні й гемодинамічні реакції організму (ноцицептивний, нейропатичний та ноципластичний больовий синдром). Глобальне старіння населення, негативний вплив екологічних факторів, тощо призводять до зростання кількості захворювань, що супроводжуються больовим синдромом та запальними процесами. Контроль та пригнічення болю є критично важливим аспектом охорони здоров'я, спрямованим на полегшення дискомфорту та покращення якості життя людей. Фармакологічні методи є основним підходом до лікування болю, включаючи різноманітний спектр препаратів, які діють за допомогою різних механізмів. Мета дослідження – проаналізувати сучасні уявлення про фізіологічні механізми виникнення болю та основні фармакологічні підходи до його усунення. Об'єкт і методи – аналіз сучасних наукових досліджень, характеристика основних методів знеболення, оцінку чутливості, специфічності, переваг та недоліків кожного методу, визначення ролі комплексного підходу до діагностики та лікування пацієнтів з больовим синдромом. Проаналізувавши сучасні наукові дослідження, встановлено, що механізм виникнення болю безпосередньо визначає вибір анальгетичного засобу при формуванні лікувальної тактики. Визначено, що неопіоїдні анальгетики (ібупрофен, ацетилсаліцилова кислота, диклофенак, парацетамол), стероїдні протизапальні препарати (преднізолон, дексаметазон) та опіоїди (морфін, фентаніл, оксикодон) доцільно застосовувати при ноцицептивному болі. Препаратами першої лінії для лікування нейропатичного больового синдрому є неопіоїдні нестероїдні анальгетики центральної дії (нефопам), габапентин та прегабалін, які відносяться до протиепілептичних препаратів, причому прегабалін демонструє сильнішу та тривалішу дію, ніж габапентин. Однак було відзначено, що для лікування невралгії трійчастого нерва найефективнішим препаратом залишається карбамазепін. Також визначено, що при ноципластичному больовому синдромі доцільним є застосовування трициклічних антидепресантів, таких як кломіпрамін та амітриптилін; інгібіторів зворотного захоплення серотоніну та норадреналіну (дулоксетин, венлафаксин, мілнаципран) та габапентиноїдів.

Ключові слова: больовий синдром, запальні процеси, фармакологічні методи, фізіологічні механізми, неопіоїдні анальгетики, стероїдні протизапальні препарати, опіоїди, антидепресанти.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри нормальної анатомії та фізіології людини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна «Варіабельність анатомічних особливостей органів грудної клітки та живота в аспекті виконання відеоторакоскопічних і відеолапароскопічних хірургічних втручань» (номер державної реєстрації 0123U100286).

Вступ.

Біль є універсальною захисною реакцією організму, що виникає у відповідь на ушкодження тканин

або потенційно небезпечний вплив зовнішніх чи внутрішніх чинників. Згідно з визначенням Міжнародної асоціації з вивчення болю (International Association for the Study of Pain, IASP), біль – це неприємне сенсорне та емоційне переживання, пов'язане з фактичним або потенційним ушкодженням тканин чи подібно до такого переживання [1].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, хронічний біль є однією з провідних причин втрати працездатності у світі. Приблизно кожна п'ята доросла людина страждає від хронічного больового синдрому, а близько 10% населення щорічно вперше стикається з його розвитком [2]. Недостатньо контро-

льований біль негативно впливає на функціональний стан серцево-судинної, дихальної, ендокринної та нервової систем, сприяє розвитку депресії, тривожних розладів, порушень сну та істотному погіршенню якості життя [3].

Фармакологічне лікування болю є одним із найважливіших напрямів сучасної клінічної медицини. Його головною метою є не лише усунення больового синдрому, а й відновлення фізичної активності пацієнта, попередження хронізації болю та мінімізація побічних ефектів терапії [4]. Сучасні рекомендації передбачають індивідуалізований вибір лікарських засобів залежно від етіології, інтенсивності та тривалості болю, а також супутньої патології [5].

Мета дослідження.

Проаналізувати сучасні фармакологічні методи усунення болю, охарактеризувати механізми дії основних груп анагетичних препаратів, оцінити їх клінічну ефективність, переваги, недоліки та перспективи застосування в сучасній медичній практиці.

Об'єкт і методи дослідження.

У роботі використано метод аналізу сучасної наукової літератури. Опрацьовано рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВОЗ), Міжнародної асоціації з вивчення болю (IASP), Американського товариства болю (APS), Європейської федерації з вивчення болю (EFIC), а також результати клінічних досліджень, систематичних оглядів і метааналізів, опублікованих у міжнародних рецензованих виданнях протягом останніх років.

Основна частина.

Фізіологічні механізми формування больового синдрому. Виникнення больових відчуттів є складним багатоступеневим процесом, який включає чотири основні етапи: трансдукцію, трансмісію, модуляцію та перцепцію [6]. Трансдукція полягає у перетворенні механічного, термічного або хімічного подразнення на електричний нервовий імпульс. Цей процес відбувається у спеціалізованих рецепторах – ноцицепторах, розташованих у шкірі, м'язах, суглобах та внутрішніх органах. Наступним етапом є трансмісія – проведення больового імпульсу по периферичних нервових волокнах до задніх рогів спинного мозку, а далі – до таламуса і кори головного мозку. На рівні центральної нервової системи відбувається модуляція болю за участю ендогенних антиноцицептивних систем, серотоніну, норадреналіну, γ-аміномасляної кислоти, ендорфінів та енкефалінів. Заключним етапом є перцепція – усвідомлене сприйняття болю, яке формується у корі великих півкуль і залежить не лише від сили подразника, а й від психологічного стану людини, попереднього досвіду, емоційного фону та соціальних факторів [7].

Залежно від механізму виникнення біль поділяють на ноцицептивний, нейропатичний, ноципластичний та змішаний. Така класифікація має важливе клінічне значення, оскільки визначає вибір оптимальної фармакотерапії [8].

Основні фармакологічні підходи до лікування болю. Раціональна фармакотерапія больового синдрому базується на принципах доказової медицини та передбачає індивідуальний підхід до кожного пацієнта. Вибір препарату залежить від типу болю, його інтенсивності, тривалості, віку пацієнта, наявності супутніх захворювань та ризику розвитку небажаних

реакцій [9]. Відповідно до сучасних клінічних рекомендацій виділяють кілька основних груп лікарських засобів, що використовуються для усунення болю: неопіоїдні анагетики (парацетамол); нестероїдні протизапальні препарати; опіоїдні анагетики; місцеві анестетики; ад'ювантні анагетики (антидепресанти, протисудомні препарати, глюкокортикостероїди, міорелаксанти та інші) [10]. Кожна із зазначених груп має власний механізм дії, показання, протипоказання та профіль безпеки, що визначає доцільність їх використання у конкретній клінічній ситуації.

Неопіоїдні анагетики є препаратами першої лінії при лікуванні легкого та помірного гострого болю, а також широко застосовуються у складі мультимодальної анагезії. До цієї групи належать парацетамол та нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП), які відрізняються механізмом дії, спектром клінічного застосування та профілем безпеки. *Парацетамол* (ацетамінофен) є одним із найбільш застосовуваних анагетиків і антипіретиків у світі. Його механізм дії повністю не з'ясований, однак вважається, що препарат пригнічує синтез простагландинів переважно в центральній нервовій системі, впливаючи на центральні ізоформи циклооксигенази та активуючи низхідні серотонінергічні антиноцицептивні шляхи [11].

На відміну від НПЗП, парацетамол практично не має вираженої протизапальної активності та не впливає на функцію тромбоцитів, що робить його препаратом вибору у пацієнтів із високим ризиком шлунково-кишкових кровотеч або порушеннями згортання крові. Перевагами препарату є добра переносимість, можливість застосування у дітей, вагітних (за показаннями) та пацієнтів похилого віку. Основним обмеженням є ризик гепатотоксичності при перевищенні максимально допустимої добової дози або застосуванні у пацієнтів із тяжкими захворюваннями печінки.

Нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП) залишаються одними з найважливіших засобів для лікування болю запального походження. До цієї групи належать ібупрофен, напроксен, диклофенак, кеторолак, кетопрофен, мелоксикам, целекоксиб та інші препарати [12]. Основним механізмом їх дії є пригнічення ферменту циклооксигенази (ЦОГ), що призводить до зменшення синтезу простагландинів – медіаторів болю, запалення та гарячки. Розрізняють дві основні ізоформи ферменту: ЦОГ-1, яка забезпечує фізіологічний захист слизової оболонки шлунка, підтримує нирковий кровообіг та бере участь у функції тромбоцитів; ЦОГ-2, яка активується переважно при запаленні та відповідає за синтез прозапальних простагландинів. Неселективні НПЗП пригнічують обидві ізоформи ферменту, тоді як селективні інгібітори ЦОГ-2 (коксиби) переважно блокують запальну відповідь, менше ушкоджуючи слизову оболонку шлунка. НПЗП ефективні при: післяопераційному болю; головному болю; зубному болю; ревматичних захворюваннях; травмах опорно-рухового апарату; дисменореї; онкологічному болю у складі комбінованої терапії.

Разом із високою ефективністю препарати цієї групи мають низку небажаних ефектів. Найчастіше спостерігаються гастропатії, ерозивно-виразкові ураження шлунково-кишкового тракту, нефротоксичність, затримка рідини та підвищення ризику сер-

цево-судинних ускладнень [13]. Саме тому сучасні клінічні рекомендації наголошують на застосуванні найменшої ефективної дози протягом найкоротшого можливого часу.

Опіїдні аналгетики залишаються найбільш потужними засобами для лікування інтенсивного гострого та хронічного болю. Їх застосування особливо важливе при тяжких травмах, великих хірургічних втручаннях, паліативній допомозі та онкологічних захворюваннях [14].

Механізм їх дії полягає в активації μ -, κ - та δ -опіїдних рецепторів центральної нервової системи. Це призводить до пригнічення передачі больових імпульсів, зменшення вивільнення нейромедіаторів і посилення активності антиноцицептивної системи [15]. За силою аналгетичної дії опіїди умовно поділяють на слабкі (трамадол, кодеїн) та сильні (морфін, оксикодон, фентаніл, гідроморфон, бупренорфін, метадон).

У клінічній практиці опіїди застосовують відповідно до принципів ступеневої терапії болю [16]. При цьому перевагу надають пероральним формам, якщо клінічна ситуація дозволяє їх використання. Дозування підбирають індивідуально залежно від інтенсивності больового синдрому, віку пацієнта та супутньої патології.

Незважаючи на високу аналгетичну ефективність, тривале застосування опіїдів супроводжується ризиком розвитку толерантності, фізичної залежності та синдрому відміни. Крім того, можливі такі побічні реакції, як закрепи, нудота, блювання, сонливість, пригнічення дихання та когнітивні порушення. У зв'язку зі світовою опіїдною кризою сучасні клінічні рекомендації передбачають максимально обережне призначення цієї групи препаратів [17]. Перед початком тривалої терапії необхідно оцінити ризик розвитку залежності, визначити терапевтичні цілі та регулярно контролювати ефективність лікування.

Сучасна концепція мультимодальної аналгезії. Одним із найважливіших досягнень сучасної клінічної фармакології є впровадження мультимодальної аналгезії. Її суть полягає у поєднанні препаратів із різними механізмами дії, що дозволяє одночасно впливати на кілька ланок формування больового синдрому [18]. Найчастіше використовують комбінації парацетамолу, НПЗП, місцевих анестетиків, опіїдів та ад'ювантних препаратів. Такий підхід забезпечує вираженіший аналгетичний ефект, дозволяє зменшити дози окремих лікарських засобів, насамперед опіїдів, та суттєво знижує частоту розвитку небажаних реакцій.

Особливо ефективною мультимодальною аналгезією є у післяопераційному періоді, ортопедичній, абдомінальній та торакальній хірургії, а також при лікуванні пацієнтів із хронічними больовими синдромами [19]. Вона стала невід'ємною складовою сучасних програм прискороного післяопераційного відновлення (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS), що сприяють швидшій мобілізації пацієнтів, скороченню тривалості госпіталізації та зменшенню кількості післяопераційних ускладнень [20].

Ад'ювантні аналгетики – це лікарські засоби, первинно розроблені для лікування інших захворювань, але здатні ефективно зменшувати больовий синдром за певних клінічних станів [21]. Їх застосуван-

ня є особливо доцільним при нейропатичному, онкологічному та хронічному болю, коли традиційні аналгетики не забезпечують достатнього терапевтичного ефекту [22]. До найбільш широко використовуваних ад'ювантних засобів належать антидепресанти, протисудомні препарати, місцеві анестетики, глюкокортикостероїди, міорелаксанти та N-метил-D-аспаратат (NMDA)-антагоністи [23].

Антидепресанти. Трициклічні антидепресанти (амітриптилін, нортриптилін) та інгібітори зворотного захоплення серотоніну й норадреналіну (дулоксетин, венлафаксин) широко застосовують для лікування нейропатичного болю. Їх аналгетичний ефект пов'язаний із посиленням активності низхідних антиноцицептивних шляхів у центральній нервовій системі [24]. Найбільшу ефективність ці препарати демонструють при діабетичній полінейропатії, постгерпетичній невралгії, фіброміалгії, хронічному болю в попереку та інших хронічних больових синдромах [25]. Водночас необхідно враховувати можливість розвитку побічних ефектів, зокрема сухості в роті, сонливості, ортостатичної гіпотензії та порушень серцевого ритму.

Протисудомні препарати. Габапентин і прегаблін є препаратами першої лінії при лікуванні нейропатичного болю. Вони зв'язуються з $\alpha 2\delta$ -субодиницею потенціалзалежних кальцієвих каналів, зменшуючи вивільнення збуджувальних нейромедіаторів у центральній нервовій системі [26]. Клінічні дослідження підтверджують їх ефективність при нейропатичному болю різного походження, однак під час лікування можливі запаморочення, сонливість, периферичні набряки та збільшення маси тіла.

Місцеві анестетики блокують потенціалзалежні натрієві канали нервових волокон, перешкоджаючи проведенню больового імпульсу. До найпоширеніших препаратів належать лідокаїн, бупівакаїн, ропівакаїн та артикаїн [27]. Вони широко використовуються для інфільтраційної, провідникової, спінальної та епідуральної анестезії, а також у вигляді пластирів із лідокаїном для лікування локалізованого нейропатичного болю.

Новітні фармакологічні підходи до лікування болю. Розвиток молекулярної фармакології та біотехнологій сприяв створенню нових лікарських засобів, які вибірково впливають на окремі механізми розвитку больового синдрому. Одним із найбільш перспективних напрямків є застосування моноклональних антитіл до кальцитонін-ген-спорідного пептиду (CGRP) або його рецептора [28]. Препарати еренумаб, фреманезумаб, галканезумаб та ептинезумаб продемонстрували високу ефективність у профілактиці мігрені, значно зменшуючи частоту нападів та покращуючи якість життя пацієнтів. Іншим перспективним напрямком є розробка селективних інгібіторів рецептора фактора росту нервів (NGF). Моноклональні антитіла, зокрема танезумаб, здатні зменшувати інтенсивність болю при остеоартриті та хронічному болю опорно-рухового апарату. Водночас їх клінічне застосування потребує подальшого вивчення через можливі небажані ефекти з боку суглобів. Активно досліджуються селективні блокатори потенціалзалежних натрієвих каналів, які беруть участь у передачі больового імпульсу [29]. Передбачається, що їх використання дозволить створити

ефективні неопіоїдні аналгетики без ризику розвитку залежності та пригнічення дихання. Значний інтерес викликають також препарати, що впливають на ендоканабіноїдну систему. Хоча результати клінічних досліджень поки що залишаються неоднозначними, цей напрямок вважається перспективним для лікування окремих форм нейропатичного та онкологічного болю.

Персоналізований підхід до фармакотерапії болю. Сучасна медицина поступово переходить від стандартизованих схем лікування до персоналізованої терапії. Вибір аналгетиків дедалі більше ґрунтується на індивідуальних особливостях пацієнта, включаючи вік, супутні захворювання, функціональний стан печінки та нирок, ризик розвитку небажаних реакцій і фармакогенетичні особливості.

Встановлено, що генетичний поліморфізм ферментів системи цитохрому P450 (зокрема CYP2D6 та CYP2C9) може істотно впливати на ефективність і безпеку аналгетичної терапії. Це відкриває перспективи застосування фармакогенетичного тестування для індивідуального підбору лікарських засобів і дозувань. Крім того, важливим напрямком є впровадження цифрових технологій у моніторинг ефективності лікування [30]. Використання мобільних додатків, електронних щоденників болю та телемедичних консультацій дозволяє своєчасно оцінювати ефективність терапії та коригувати лікування відповідно до потреб пацієнта.

Висновки.

1. Фармакотерапія залишається основним методом лікування гострого та хронічного болю, забезпечуючи контроль симптомів і покращення функціонального стану пацієнтів.

2. Неопіоїдні аналгетики є препаратами першої лінії при лікуванні більшості випадків легкого та помірного болю, тоді як опіоїди застосовують переважно при інтенсивному больовому синдромі відповідно до сучасних клінічних рекомендацій.

3. Ад'ювантні лікарські засоби значно підвищують ефективність лікування нейропатичного та хронічного болю, дозволяючи зменшити потребу в опіоїдних аналгетиках.

4. Мультимодальна аналгезія є сучасним стандартом лікування, оскільки забезпечує вплив на різні механізми формування болю, підвищує ефективність терапії та мінімізує ризик побічних реакцій.

5. Новітні біологічні препарати, селективні молекулярні мішені та персоналізований підхід відкривають нові можливості для підвищення ефективності й безпеки лікування больового синдрому.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження будуть присвячені пошуку нових методів знеболення відповідно до сучасних клінічних рекомендацій, що базуються на контролі симптомів болю, для покращення функціонального стану пацієнтів, доведення до зменшення потреби в опіоїдних аналгетиках. А також вивченню впливу на різні механізми формування болю, щоб підвищити ефективність терапії та мінімізувати ризик побічних реакцій.

Література

1. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*. 2020;161(9):1976-1982. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>
2. World Health Organization. WHO guideline for the management of chronic pain in adults. Geneva: WHO; 2023.
3. Cohen SP, Vase L, Hooten WM. Chronic pain: An update on burden, best practices and new advances. *The Lancet*. 2021;397:2082-2097. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00393-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00393-7)
4. Dowell D, Ragan KR, Jones CM, Baldwin GT, Chou R. CDC Clinical Practice Guideline for Prescribing Opioids for Pain — United States, 2022. *MMWR Recommendations and Reports*. 2022;71(3):1-95. DOI: <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7103a1>
5. Macintyre PE, Schug SA. *Acute Pain Management*. 5th ed. Boca Raton: CRC Press; 2021. 338 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429295058>
6. Bannister K, Dickenson AH. What do monoamines do in pain modulation? *Current Opinion in Supportive and Palliative Care*. 2016;10(2):143-8. DOI: <https://doi.org/10.1097/spc.0000000000000207>
7. Williams AC, Craig KD. Updating the definition of pain. *Pain*. 2016;157(11):2420-2423. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.00000000000000613>
8. Kumar KM, Elavarasi P, David CM. Definition of pain and classification of pain disorders. *Journal of Advanced Clinical and Research Insights*. 2016;3:87-90.
9. Brune K, Patrignani P. New insights into the use of currently available non-steroidal anti-inflammatory drugs. *J Pain Res*. 2015 Feb 20;8:105-18. DOI: <https://doi.org/10.2147/jpr.s75160>
10. Moore RA, Derry S, Aldington D, Wiffen PJ. Single dose oral analgesics for acute postoperative pain in adults - an overview of Cochrane reviews. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(9):CD008659. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008659.pub3>
11. Finnerup NB, Attal N, Haroutounian S, McNicol E, Baron R, Dworkin RH, et al. Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*. 2015;14(2):162-73. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(14\)70251-0](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(14)70251-0)
12. Katzung BG. *Basic & Clinical Pharmacology*. 16th ed. McGraw-Hill; 2024. 1361 p. <https://accessmedicine.mhmedical.com/book.aspx?bookID=3382>
13. Eccleston C, Fisher E, Cooper TE, Grégoire MC, Heathcote LC, Krane E, et al. Pharmacological interventions for chronic pain in children: an overview of systematic reviews. *Pain*. 2019;160(8):1698-1707. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001609>
14. Strand N, J M, Tieppo Francio V, M M, Turkiewicz M, El Helou A, et al. Advances in Pain Medicine: a Review of New Technologies. *Curr Pain Headache Rep*. 2022;26(8):605-616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11916-022-01062-6>
15. Benzon H, Raja SN, Cohen SP, Bhatia A, Nelson AM, Shanthanna H. *Essentials of Pain Medicine*. 5th ed. Elsevier; 2026. 880 p.
16. Kupko. Model poetapnoho likuvannia patsientiv iz notsytseptyvnyim bolem. *Neironews: psykhonevrolohiia i neiropsykhiatriia*. 2025;5(160):38-42. [in Ukrainian].
17. Pergolizzi JV Jr, Raffa RB, Rosenblatt MH. Opioid withdrawal symptoms, a consequence of chronic opioid use and opioid use disorder: Current understanding and approaches to management. *J Clin Pharm Ther*. 2020;45(5):892-903. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpt.13114>
18. Kianian S, Bansal J, Lee C, Zhang K, Bergese SD. Perioperative multimodal analgesia: a review of efficacy and safety of the treatment options. *APS*. 2024;2:9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44254-023-00043-1>
19. van Eijk LT, van den Heuvel SAS, van Boekel RLM, van der Meer R, Bruhn J, Wever KE. The effect of adding a second multimodal analgesic component to anesthesia regimens on acute postoperative pain outcomes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*. 2026;26(1):225. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12871-026-03714-1>
20. Joshi GP. Rational Multimodal Analgesia for Perioperative Pain Management. *Curr Pain Headache Rep*. 2023;27(8):227-237. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11916-023-01137-y>

21. Kummer I, Lüthi A, Klingler G, Anderegg L, Urman RD, Luedi MM, et al. Adjuvant Analgesics in Acute Pain – Evaluation of Efficacy. *Curr Pain Headache Rep.* 2024;28(9):843-852. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11916-024-01276-w>
22. Finnerup NB, Kuner R, Jensen TS. Neuropathic Pain: From Mechanisms to Treatment. *Physiol Rev.* 2021;101(1):259-301. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00045.2019>
23. Mojica JJ, Eddy G, Schwenk ES. N-Methyl-D-aspartate receptor antagonists for the prevention of chronic postsurgical pain: a narrative review. *Reg Anesth Pain Med.* 2025;50(2):160-167. DOI: <https://doi.org/10.1136/rapm-2024-105612>
24. Reinert JP, Veronin MA, Medina C. Tricyclic Antidepressants in Nociceptive and Neuropathic Pain: A Review of Their Analgesic Properties in Combination With Opioids. *J Pharm Technol.* 2023;39(1):35-40. DOI: <https://doi.org/10.1177/87551225221139699>
25. Ferreira GE, Abdel-Shaheed C, Underwood M, Finnerup NB, Day RO, McLachlan A, et al. Efficacy, safety, and tolerability of antidepressants for pain in adults: overview of systematic reviews. *BMJ.* 2023;380:e072415. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-072415>
26. Sills GJ, Rogawski MA. Mechanisms of Action of Currently Used Antiepileptic Drugs. *Neuropharmacology.* 2020;168:107966. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2020.107966>
27. Gropper MA, Eriksson LI, Fleisher LA, Wiener-Kronish JP, Cohen NH, Leslie K, editors. *Miller's anesthesia.* 9th ed. Philadelphia: Elsevier; 2020. Chapter 45, Spinal, epidural, and caudal anesthesia; p. 1684-1720.
28. Redaktsiia zhurnalU Ukrainykyi medychnyi chasopys. Antagonisty CGRP pry mihreni: vid patofiziologii do likuvannia. *Ukr. med. chasopys.* 2023;5(157):2-8. DOI: <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.157.248323> [in Ukrainian].
29. Gordon EA, Tyagi S, Dib-Hajj SD, Bennett DL. Selective targeting of voltage-gated sodium channels to achieve analgesia: current status and future directions. *Pain.* 2025;166(11S):S42-S46. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003639>
30. Rauwerdink A, Spinazze P, Gijssbers H, Molendijk J, Zwolsman S, Schijven MP, et al. Approaches to Evaluating Digital Health Technologies: Scoping Review. *J Med Internet Res.* 2024;26:e50251. DOI: <https://doi.org/10.2196/50251>

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ БОЛЮ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ЙОГО УСУНЕННЯ

Шерстюк С. О., Наконечна С. А., Зотова А. Б., Храмова Т. О., Федорченко М. О.

Резюме. Біль є одним із найпоширеніших і водночас найважливіших симптомів у медицині, у його формуванні беруть участь моторні, гуморальні й гемодинамічні реакції організму (ноцицептивний, нейропатичний та ноципластичний больовий синдром). Контроль та пригнічення болю є критично важливим аспектом охорони здоров'я, спрямованим на полегшення дискомфорту та покращення якості життя людей. Фармакологічні методи є основним підходом до лікування болю, включаючи різноманітний спектр препаратів, які діють за допомогою різних механізмів. Аналіз сучасних наукових досліджень, характеристика основних методів знеболення, оцінка чутливості, специфічності, переваг та недоліків кожного методу, визначення ролі комплексного підходу до діагностики та лікування пацієнтів з больовим синдромом були у статті методами дослідження і порівняння. Проаналізувавши сучасні наукові дослідження, авторами встановлено, що механізм виникнення болю безпосередньо визначає вибір анальгетичного засобу при формуванні лікувальної тактики. Визначено, що неопіоїдні анальгетики (ібупрофен, ацетилсаліцилова кислота, диклофенак, парацетамол), стероїдні протизапальні препарати (преднізолон, дексаметазон) та опіоїди (морфін, фентаніл, оксикодон) доцільно застосовувати при ноцицептивному болі. Препаратами першої лінії для лікування нейропатичного больового синдрому є неопіоїдні нестероїдні анальгетики центральної дії (нефопам), габапентин та прегабалін, які відносяться до протиепілептичних препаратів, причому прегабалін демонструє сильнішу та тривалішу дію, ніж габапентин. Однак було відзначено, що для лікування невралгії трійчастого нерва найефективнішим препаратом залишається карбамазепін. Також визначено, що при ноципластичному больовому синдромі доцільним є застосовування трициклічних антидепресантів, таких як клоніпрамін та амітриптилін; інгібіторів зворотного захоплення серотоніну та норадреналіну (дулоксетин, венлафаксин, мілнаципран) та габапентинів.

Ключові слова: больовий синдром, запальні процеси, фармакологічні методи, фізіологічні механізми, неопіоїдні анальгетики, стероїдні протизапальні препарати, опіоїди, антидепресанти.

PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF PAIN AND PHARMACOLOGICAL METHODS OF ITS RELIEF

Sherstyuk S. O., Nakonechna S. A., Zotova A. B., Khranova T. O., Fedorchenko M. O.

Abstract. Pain is one of the most common and significant symptoms in medicine; its development involves the body's motor, humoral, and hemodynamic reactions (encompassing nociceptive, neuropathic, and nociplastic pain syndromes). Pain control and suppression are critical aspects of healthcare, aimed at alleviating discomfort and improving people's quality of life. Pharmacological methods constitute the primary approach to pain management, involving a wide range of medications that act through various mechanisms. The study employed methods of analysis and comparison to examine current scientific research, characterize key pain management techniques, evaluate the sensitivity, specificity, advantages, and disadvantages of each method, and define the role of a comprehensive approach to diagnosing and treating patients with pain syndromes. Based on an analysis of current scientific research, the authors determined that the mechanism of pain onset directly dictates the choice of analgesic agent when formulating a treatment strategy. It has been determined that non-opioid analgesics (ibuprofen, acetylsalicylic acid, diclofenac, paracetamol), steroidal anti-inflammatory drugs (prednisolone, dexamethasone), and opioids (morphine, fentanyl, oxycodone) are appropriate for the treatment of nociceptive pain. First-line agents for treating neuropathic pain syndrome include centrally acting non-opioid analgesics (nefopam) and the antiepileptic drugs gabapentin and pregabalin, with pregabalin demonstrating a stronger and more prolonged effect than gabapentin. However, it was noted that carbamazepine remains the most effective drug for treating trigeminal neuralgia. It was also determined that the use of tricyclic antidepressants (such as clomipramine and amitriptyline), serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors (duloxetine, venlafaxine, milnacipran), and gabapentinoids is appropriate for nociplastic pain syndrome.

Key words: pain syndrome, inflammatory processes, pharmacological methods, physiological mechanisms, non-opioid analgesics, steroidal anti-inflammatory drugs, opioids, antidepressants.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Sherstyuk S. O.: <https://orcid.org/0000-0001-6062-7962>^{AEF}
Nakonechna S. A.: <https://orcid.org/0000-0002-4718-1465>^{BD}
Zotova A. B.: <https://orcid.org/0000-0001-6215-0846>^{BD}
Khranova T. O.: <https://orcid.org/0000-0002-7445-6786>^{BE}
Fedorchenko M. O.: <https://orcid.org/0000-0002-0873-8590>^{BE}

Конфлікт інтересів:

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Наконечна Світлана Анатоліївна
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Україна, 61022, м. Харків, м-н Свободи 6
Тел.: +380669061201
E-mail: s.nakonechna@karazin.ua

А – концепція роботи та дизайн, В – збір та аналіз даних, С – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, Е – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 04.05.2026 року
Стаття прийнята до друку 17.08.2026 року
Опубліковано 29.09.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-3-182-154-161

UDC 618.15-002

Shuba S. S., Sidashenko O. I.

COMPOSITION OF THE VAGINAL MICROBIOME AND ITS EFFECT ON REPRODUCTIVE FUNCTION IN WOMEN

Dnipro University of Technology (Dnipro, Ukraine)

microb.sidashenko@gmail.com

The vaginal microbiome is an important component of the microbiocenosis of the female reproductive tract and participates in maintaining local homeostasis. In women of reproductive age, its structure is mainly characterized by the dominance of representatives of the Lactobacillus, which contribute to maintaining the acidic environment of the vagina and limit colonization by pathogenic and opportunistic microorganisms. Disruption of the microbial balance may be accompanied by dysbiotic changes and be associated with adverse reproductive consequences. The work summarizes the results of modern studies devoted to the structure and functional properties of the vaginal microbiome. It was established that the most common representatives of the vaginal microbiota of women of reproductive age are Lactobacillus crispatus, L. gasseri, L. iners and L. jensenii, and the dominance of L. crispatus is more often associated with a physiological acidic pH. It is shown that the composition of the microbiome depends on age, hormonal status, phase of the menstrual cycle, pregnancy, contraception, medication and other biological and external factors. Dysbiotic changes, characterized by a decrease in the number of lactobacilli and an increase in the titer of various anaerobic microorganisms, may be associated with infertility, early pregnancy loss, preterm birth and certain adverse outcomes of assisted reproductive technologies (ART). The vaginal microbiome is a dynamic ecosystem, the state of which indirectly affects the reproductive health of women. Further study of its composition and functional activity will contribute to the clarification of the mechanisms of interaction of the microbiome with the reproductive system and the assessment of the possibilities of using microbiome indicators to predict reproductive outcomes.

Key words: vaginal microbiome, Lactobacillus, endometrial microbiome, dysbiosis, reproductive health.

Connection of the publication with planned research work.

The work was conducted within the framework of the research project of the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies entitled "Innovative Environmental Technologies to Ensure the Environmental Safety of Technologically Loaded Regions" (state registration number 0124U002506).

Introduction.

A woman's reproductive health is determined by the complex interaction of the endocrine, immune, nervous and reproductive systems. One of the current directions of modern reproductive biology is the study of microbial associations of the female reproductive tract and their possible impact on fertility and the course of pregnancy.