

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і
здоров'я

Бондаренко Сергій Володимирович

**ТЕРАПЕВТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ПРЕФОР-
МОВАНИХ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ В СУЧАСНІЙ ФІЗИЧНІЙ ТЕРА-
ПІЇ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 227 Терапія та реабілітація
спеціалізації 227.01 Фізична терапія
галузі знань 22 Охорона здоров'я

Науковий керівник:

Черепок Олександр Олексійович

доцент ЗВО, кандидат медичних наук

Запоріжжя

2025

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет III медичний

Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я

Спеціальність 227 Терапія та реабілітація

Спеціалізація 227.01 Фізична терапія

Освітньо-кваліфікаційний рівень МАГІСТР

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**ТЕРАПЕВТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ПРЕФОР-
МОВАНИХ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ В СУЧАСНІЙ ФІЗИЧНІЙ ТЕРА-
ПІЇ**

ЗДОБУВАЧ: Бондаренко Сергій Володимирович

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: доцент ЗВО, кандидат медичних наук

_____ Олександр ЧЕРЕПОК

РЕЦЕНЗЕНТ: Професор ЗВО кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізвиховання і здоров'я ЗДМФУ, доктор медичних наук, професор

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ Олена АЛИПОВА

(підпис)

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Робота розглянута на засіданні кафедри (протокол № ____ від «__» ____ 20__ р.)
і допущена до захисту.

ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРИ: професор ЗВО, доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор _____ Едуард ДОРОШЕНКО

Запоріжжя
2025

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ABSTRACT	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ УЯВАННЯ ПРО МЕХАНІЗМИ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ТА ЛІКУВАЛЬНОЇ ДІЇ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ	12
РОЗДІЛ 2. ВИСОКОІНТЕНСИВНА ЛАЗЕРОТЕРАПІЯ: ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТТЯ І КЛІНІЧНІ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ	23
РОЗДІЛ 3. УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ: ТЕРАПЕВТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ.....	38
РОЗДІЛ 4. СУПЕРІНДУКТИВНА МАГНІТОТЕРАПІЯ: ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ЛІКУВАННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ.....	51
РОЗДІЛ 5. ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ПРЕФОРМОВАНИХ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ: НОВА ПАРАДІГМА СУЧАСНОЇ ФІЗІОТЕРАПІЇ.....	62
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74
ДОДАТКИ.....	82

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з 81 сторінок, 2 таблиць, 5 рисунків, 56 літературних джерел.

Метою даної роботи є аналіз сучасних підходів до використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізичній терапії, вивчення їх механізмів дії, ефективності та безпеки, а також розробка рекомендацій для їх застосування в клінічній практиці.

Завдання дослідження:

1. Провести огляд наукової літератури з проблеми використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізіотерапії.
2. Вивчити механізми дії високоенергетичних преформованих фізичних чинників на організм людини.
3. Проаналізувати ефективність та безпеку застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій.
4. Розробити практичні рекомендації щодо застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у клінічній практиці.

Об'єктом дослідження є високоенергетичні преформовані фізичні чинники, що використовуються у сучасній фізичній терапії.

Предметом дослідження є механізми дії, ефективність та безпека застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій.

Наукова новизна дослідження полягає в комплексному аналізі сучасних підходів до використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізичній терапії, що включає вивчення їх механізмів дії, ефективності та безпеки. Отримані результати дозволяють розширити наукові уявлення про можливості застосування цих методів у клінічній практиці.

Практична значимість роботи полягає в розробці рекомендацій щодо застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій, що може бути корисним для фахівців у галузі фізіотерапії та реабілітації.

ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНІ ПРЕФОРМОВАНІ ФІЗИЧНІ ЧИННИКИ, СУПЕРІНДУКТИВНА СИСТЕМА МАГНІТОТЕРАПІЇ, ЛАЗЕР ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ, УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ, ФІЗІОТЕРАПІЯ АПАРАТНА, ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ

ABSTRACT

The qualification work consists of 81 pages, 2 tables, 5 figures, and 86 literary sources.

The purpose of this work is to analyze modern approaches to the use of high-energy preformed physical factors in physical therapy, study their mechanisms of action, effectiveness and safety, as well as develop recommendations for their use in clinical practice.

Research objectives:

5. To conduct a review of the scientific literature on the problem of using high-energy preformed physical factors in physiotherapy.
6. To study the mechanisms of action of high-energy preformed physical factors on the human body.
7. To analyze the effectiveness and safety of the use of high-energy preformed physical factors in the treatment of various pathologies.
8. To develop practical recommendations for the use of high-energy preformed physical factors in clinical practice.

The object of research is high-energy preformed physical factors used in modern physical therapy.

The subject of the study is the mechanisms of action, effectiveness and safety of the use of high-energy preformed physical factors in the treatment of various pathologies.

The scientific novelty of the study lies in the comprehensive analysis of modern approaches to the use of high-energy preformed physical factors in physical therapy, which includes the study of their mechanisms of action, effectiveness and safety. The results obtained allow us to expand scientific ideas about the possibilities of applying these methods in clinical practice.

The practical significance of the work lies in the development of recommendations for the use of high-energy preformed physical factors in the

treatment of various pathologies, which may be useful for specialists in the field of physiotherapy and rehabilitation.

HIGH-ENERGY PREFORMED PHYSICAL FACTORS,
SUPERINDUCTIVE MAGNETOTHERAPY SYSTEM, HIGH INTENSITY
LASER, SHOCK WAVE THERAPY, APPARATUS PHYSIOTHERAPY,
PHYSICAL THERAPY

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

HILT	High-Intensity Laser Therapy
LLLT	Low-Level Laser Therapy
АТФ	аденозин трифосфат
БІМП	біжуче імпульсне магнітне поле
ВІМП	високоамплітудне магнітне магнітне поле
ВЛОК	внутрішньовенне лазерне опромінювання крові
ВрМП	біжуче імпульсне магнітне поле, що обертається.
ЕП	електричне поле
ІМП	імпульсне магнітне поле
ЛТ	лазерна терапія
МП	магнітне поле
НЛОК	нашкірне лазерне опромінювання
ПеМП	перемінне магнітне поле
ПМП	постійне магнітне поле),
СМС	суперіндуктивна магнітна система
ТА	точки акупунктури
Тл	Тесла
УХТ	ударно-хвильова терапія
ЦНС	центральна нервова система

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна медицина знаходиться на етапі інтенсивного розвитку, що характеризується впровадженням новітніх технологій та методів лікування, спрямованих на підвищення ефективності терапії та покращення якості життя пацієнтів. Однією з найперспективніших галузей у цьому контексті є фізіотерапія, яка за останні десятиліття значно розширила свій арсенал засобів впливу на організм людини. Особливу увагу привертають високоенергетичні преформовані фізичні чинники, які відкривають нові горизонти для реабілітації та лікування різноманітних захворювань.

Преформованими фізичними чинниками називають фізичні агенти, які застосовуються для терапевтичного впливу на організм з чітко визначеними параметрами енергії, такими як інтенсивність, частота та тривалість впливу. Ці чинники передають енергію різного виду — механічну, світлову, магнітну чи електричну — для стимулювання відновлювальних і терапевтичних процесів в тканинах організму

Високоенергетичні преформовані фізичні чинники, такі як високоінтенсивна лазерна терапія, суперіндуктивна магнітна терапія, ударно-хвильова терапія та інші, дозволяють досягти глибокого впливу на тканини організму, що значно підвищує ефективність лікування. Ці методи відрізняються від традиційних фізіотерапевтичних підходів більшою інтенсивністю та точністю впливу, що робить їх особливо цінними для лікування складних патологій, таких як хронічний больовий синдром, дегенеративні захворювання суглобів, травми м'яких тканин та інші.

Актуальність дослідження високоенергетичних преформованих фізичних чинників обумовлена не лише їх високою ефективністю, але й необхідністю наукового обґрунтування їх застосування, вивчення механізмів дії, оцінки безпеки та розробки оптимальних протоколів лікування. У зв'язку з цим, дана

робота спрямована на комплексний аналіз сучасних підходів до використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізичній терапії.

Метою даної роботи є аналіз сучасних підходів до використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізичній терапії, вивчення їх механізмів дії, ефективності та безпеки, а також розробка рекомендацій для їх застосування в клінічній практиці.

Завдання дослідження:

9. Провести огляд наукової літератури з проблеми використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізіотерапії.

10. Вивчити механізми дії високоенергетичних преформованих фізичних чинників на організм людини.

11. Проаналізувати ефективність та безпеку застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій.

12. Розробити практичні рекомендації щодо застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у клінічній практиці.

Об'єктом дослідження є високоенергетичні преформовані фізичні чинники, що використовуються у сучасній фізичній терапії.

Предметом дослідження є механізми дії, ефективність та безпека застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій.

Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувалися такі **методи дослідження**:

- Аналіз наукової літератури з проблеми використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників.
- Систематизація та узагальнення даних щодо механізмів дії, ефективності та безпеки застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників.
- Порівняльний аналіз ефективності високоенергетичних преформованих фізичних чинників із традиційними методами фізіотерапії.

- Розробка практичних рекомендацій на основі отриманих результатів.

Наукова новизна та практична значимість.

Наукова новизна дослідження полягає в комплексному аналізі сучасних підходів до використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників у фізичній терапії, що включає вивчення їх механізмів дії, ефективності та безпеки. Отримані результати дозволяють розширити наукові уявлення про можливості застосування цих методів у клінічній практиці.

Практична значимість роботи полягає в розробці рекомендацій щодо застосування високоенергетичних преформованих фізичних чинників у лікуванні різних патологій, що може бути корисним для фахівців у галузі фізіотерапії та реабілітації.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, які логічно взаємопов'язані та є результатом наступного розкриття основної теми дослідження. У кожному розділі детально висвітлюються окремі аспекти застосування ударно-хвильової терапії в сучасній фізичній терапії, а також розглядаються новітні технології та інноваційні підходи в цій галузі.

Загальний обсяг роботи становить 81 сторінок, списку використаних джерел (86 позицій) та 3 додатків. Робота містить 2 таблиці та 5 рисунків.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ УЯВАННЯ ПРО МЕХАНІЗМИ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ТА ЛІКУВАЛЬНОЇ ДІЇ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ

Дія на організм різних лікувальних фізичних факторів розвивається більш менш подібно і її необхідно розглядати, виходячи з найважливіших принципів функціонування живих систем, зокрема, принципу єдності організму та зовнішнього середовища. Універсальним законом життя є пристосування організму до умов навколишнього середовища, що змінюються, з метою підтримки гомеостазу. Цей процес забезпечується складною системою пристосувальних реакцій, основу яких становить безумовний рефлекс. Відповіддю організму на дію лікувальних фізичних факторів, що є складними фізико-хімічними подразниками, які привносять до нього енергію і викликають у ньому зміни, також є системна пристосувальна реакція. Структура, особливості та виразність цієї реакції залежать як від фізичної природи та дозування фактора, так і від вихідного функціонального стану, індивідуальних якостей організму та характеру патологічного процесу [14, 38].

Фізичні чинники є одночасно засобами як неспецифічної, так і специфічної дії. Саме останнє обумовлює особливу цінність фізіотерапевтичних впливів, дає можливість поряд із загальною стимуляцією захисних та компенсаторно-пристосувальних реакцій диференційовано впливати на порушені функції організму, різні патогенетичні та саногенетичні механізми, окремі симптоми хвороби.

Ланцюг подій, що відбуваються в організмі після застосування фізичного фактора, умовно можна розділити на три основні стадії: фізичну, фізико-хімічну, біологічну [26, 27].

Під час фізичної стадії енергія діючого фактора передається біологічній системі, тканинам, клітинам та навколишньому середовищу. Взаємодія фізичних факторів з організмом супроводжується відображенням, проходженням, розсіюванням та поглинанням енергії. Вплив на організм має лише поглинена частина енергії. Різні тканини організму людини мають неоднакову здатність

до поглинання фізичної енергії. Так, енергія електричного поля УВЧ сильніше засвоюється тканинами з діелектричними властивостями (кісткової, жирової), а поглинання мікрохвиль, навпаки, переважно спостерігається в тканинах з великим вмістом води та електролітів — м'язової тканини, крові, лімфі та ін. Як відомо, фізіотерапевтичні фактори дуже істотно різняться за цим показником: одні з них проникають на кілька міліметрів і повністю поглинаються шкірою, інші пронизують весь міжелектродний простір. Кожному фізичному фактору притаманний також свій механізм поглинання енергії. Ілюстрацією до сказаного можуть бути дані про поглинання та нагрівання різних тканин при використанні деяких фізіотерапевтичних методів. Всі ці відмінності, в цілому є основою формування вже на фізичній стадії специфічних особливостей дії окремих фізіотерапевтичних факторів [3, 7]/.

Поглинання енергії супроводжується появою фізико-хімічних зрушень. Вони становлять фізико-хімічну стадію впливу фізичних чинників на організм. Найбільш вивченими первинними ефектами є теплоутворення, зміна рН, концентрації та співвідношення іонів у клітинах та тканинах, утворення вільних форм речовин, генерація вільних радикалів, зміна просторової структури біополімерів, насамперед білків. Серед інших можливих механізмів первинної дії фізичних факторів слід назвати зміну фізико-хімічних властивостей води, поляризаційні та біоелектретні ефекти, зміну електричних властивостей клітин, виділення біологічно активних речовин (простагландини, цитокіни, оксид азоту, медіатори та ін.). Загалом, в результаті дії фізіотерапевтичних факторів або утворюються різні фізико-хімічні форми, здатні вступати в метаболічні реакції, або виникають фізико-хімічні зрушення, що впливають на течію як фізіологічних, так і патологічних процесів в організмі. Отже, фізико-хімічні зміни — своєрідний тригерний механізм перетворення енергії фізичного чинника на біологічно значущу реакцію організму.

Наслідки фізико-хімічних зрушень залежить від характеру, біологічної значимості, локалізації впливу, морфо-функціональної спеціалізації тканин,

у яких вони відбуваються. Фізико-хімічні зрушення в шкірі, підшкірно-жировій клітковині, м'язовій тканині в основному визначають місцеву дію фізичних факторів. Якщо вони відбуваються в ендокринних органах, то значною мірою визначають гуморальний компонент дії лікувальних фізичних чинників. Переважне поглинання енергії нервовими утвореннями (рецепторами, нервовими волокнами, структурами головного мозку та ін.) та фізико-хімічні зміни, що відбуваються в них, є основою формування рефлекторної реакції організму на застосування фізичних факторів. У цьому реакції зазначених структур на фізичні чинники протікають законами сенсорної фізіології [8, 9, 55].

Важливо мати на увазі, що одному фізичному фактору можуть бути притаманні багато фізико-хімічних ефектів, а застосування різних фізіотерапевтичних методів здатне викликати схожі первинні зрушення. Цим у першу чергу визначаються універсальний механізм дії лікувальних фізичних факторів, єдність загального та специфічного в їхньому впливі на організм, подібність та відмінності у показаннях та протипоказаннях до застосування фізіотерапевтичних методів.

Третя стадія впливу – біологічна. Вона являє собою сукупність безпосередніх і рефлекторно змін у органах і тканинах як наслідок поглинання фізичної енергії біологічними системами організму. Виділяють місцеву, рефлекторно-сегментарну та загальну реакції організму з їх численними компонентами [4].

Місцеві зміни відбуваються у тканинах, що поглинули енергію фізичного фактора. Вони виражаються у змінах метаболізму, регіонального кровообігу та мікроциркуляції, дифузійних процесів, мітотичної активності клітин та їх функціонального стану, утворенні вільних радикалів, біологічно активних речовин і т.д. Місцеві зрушення призводять до створення нового рівня трофіки тканин, активації локальних захисних реакцій та сприяють відновленню у них порушених хворобою відносин. Такі ж зрушення, але які відбуваються в рецепторах, нервово-судинних сплетіннях і периферичних нервах, є

джерелом нервової та гуморальної аферентації - основи формування реакцій організму системного характеру [10, 30].

Важлива роль місцевої реакції належить стимуляції фізичними чинниками функції клітин-антагоністів (огрядних, плазматичних, ентерохроматинних та інших.). Це є одним із механізмів підтримки регіонального гомеостазу та розгортання захисних реакцій, спрямованих на ліквідацію місцевих ушкоджень. Крім того, завдяки синтезованим цими клітинами біологічно активним речовинам (простагландини, плазмакініни, цитокіни, субстанція Р, оксид азоту) і медіаторам (гістамін, норадреналін, ацетилхолін, серотонін), клітини-антагоністи беруть участь у формуванні не тільки місцевих реакцій [56],

Внаслідок місцевих зрушень, що є джерелом тривалого роздратування, а також завдяки безпосереднім фізико-хімічним змінам в нервових рецепторах та інших нервових утвореннях, у відповідь на фізіотерапевтичний вплив формується загальна реакція організму у відповідь. Вона має, як уже наголошувалося, системний характер і має адаптаційно-компенсаторну спрямованість. Провідним компонентом цієї цілісної реакції організму є рефлекторний акт, нервові та гуморальні ланки якого найтіснішим чином пов'язані між собою. Треба підкреслити, що тісний взаємозв'язок місцевих та загальних реакцій багато в чому забезпечується завдяки особливостям структури та функцій шкіри, що є входними воротами для більшості фізіотерапевтичних факторів [1, 19].

Схематично ця реакція може бути наступним чином. Порушення екстеро- та інтерорецепторів по аферентних шляхах, що настає під впливом фізичних факторів, досягає переважно тих відділів центральної нервової системи, які керують адаптаційними механізмами організму (підкіркові ядра, лімбіко-ретикулярний комплекс, гіпоталамус). Нервова аферентація та гуморальні зрушення, характер яких залежить від природи та параметрів фізичних факторів, викликають зміни функціонального стану цих нервових центрів. Це проявляється у формуванні (внаслідок конвергенції та сумачії аферентних сигналів) потоку еферентних імпульсів, що запускають специфічні гомеостатичні

реакції. Основна їх особливість полягає в тому, що вони розвиваються за раніше складеними фізіологічними механізмами і спрямовані на відновлення порушеного фізичним фактором рівноваги, а в умовах патології – на відновлення порушених хворобою функцій та наявних зрушень, підвищення реактивності та імунного захисту організму, зміцнення саногенетичних механізмів, стимуляцію компенсаторно-. Гомеостатичне регулювання в умовах дії фізичних факторів забезпечується різними механізмами та функціональними системами при провідній ролі ЦНС, універсальні принципи структурної організації якої визначають єдність процесів розвитку пристосувальних реакцій організму [6, 27].

Еферентна імпульсація, що виходить із нервових центрів, досягає внутрішніх органів, у тому числі залоз внутрішньої секреції, і залучає їх до загальної пристосувальної реакції організму. Це супроводжується динамічними зрушеннями з боку діяльності різних внутрішніх органів, загальними обмінно-трофічними змінами, мобілізацією ресурсів організму. І хоча у формуванні загальної реакції організму беруть участь багато органів і систем, найбільші зрушення відбуваються в області патологічного вогнища, що має велике терапевтичне значення [8, 30].

Участь у пристосувальній реакції всіх органів та систем спостерігається переважно після великих чи інтенсивних фізіотерапевтичних процедур, і навіть після впливу на особливі зони (точки акупунктури, комірцеву зону, зони Захарьїна—Геда та інших). Обмежені ж фізіотерапевтичні дії супроводжуються, як правило, динамічними змінами в органах і тканинах, що належать до того ж метамеру, що і шкірна поверхня, яка зазнала впливу. Реалізуються ці зрушення на кшталт сегментарних (метамерних) реакцій [55].

У реакції організму на фізіотерапевтичну дію кора головного мозку бере найактивнішу участь. Умовні подразники, поєднуючись з безумовним, яким є фізіотерапевтичний метод, можуть помітно змінювати її дію на організм, виробляти у разі курсового застосування нові функціональні відносини між нервовою системою та регульованими нею фізіологічними системами, що також

позначається на лікувальному ефекті. Отже, рефлекторна реакція при фізіотерапевтичних процедурах має умовно-безумовний характер. Основним доказом цього є можливість утворення умовно-рефлекторних зв'язків у відповідь на фізіотерапевтичний вплив. Згідно з спеціальними дослідженнями та численними клінічними спостереженнями, після кількох фізіотерапевтичних процедур фізіологічний ефект, характерний для даної дії, виявляється і при вимкненому апараті [9, 14].

Реалізація як місцевих, так і загальних реакцій на фізіотерапевтичну дію, особливо при курсовому лікуванні, потребує енергетичного та пластичного забезпечення. Мобілізація енергетичних ресурсів і пластичних резервів організму, що стимулюється при фізіотерапії, забезпечення стимульованих функцій, захисно-приспосувальних і компенсаторних процесів — важливий компонент системної пристосувальної реакції організму. Значною мірою він реалізується завдяки адаптаційному синтезу ферментів. Результатом цих процесів буде нова координація метаболізму та підвищення функціональних можливостей організму. В енергетичному і пластичному забезпеченні змін, що викликаються фізичними факторами, важливу роль відіграє гуморальна система, залози внутрішньої секреції. У реакцію організму при фізіотерапевтичних впливах вони включаються за рахунок різних механізмів, у тому числі внаслідок прямої дії фізичного фактора на специфічну діяльність ендокринних органів [7, 20].

При мобілізації енергетичних ресурсів організму та енергетичному забезпеченні функцій переважне значення має симпатoadреналовая система, а мобілізації пластичного резерву основну роль грає гіпофізарно-адренокортикальна система [27].

Підсумовуючі вище наведене, можна прийти до наступного. При впливі фізичних факторів на організм людини виникають місцеві зміни у тканинах на кшталт фізико-хімічних змін та загальні рефлекторні та гуморальні реакції.

Неспецифічні реакції властиві всім фізичним чинникам. Вони проявляються в регуляції основних фізіологічних функцій організму, які забезпечують

гомеостаз: нормалізацію діяльності різних органів і систем, мобілізацію енергетичних ресурсів, здатність вибору оптимального варіанта запуску компенсаторних механізмів. Таким чином, фізичні фактори можна розглядати як своєрідні адаптогени, що посилюють опірність організму до різних несприятливих впливів [2, 55].

Специфічні реакції залежать від фізичної природи факторів, які викликають тільки йому властиві реакції організму. Ці реакції реалізуються як зменшення ступеня вираженості чи усунення морфологічних змін, викликаних патологічним процесом.

Дія фізіотерапії на організм реалізується поетапно. Спочатку відбувається контакт тканин з фізичним фактором (фізична стадія), під час якого відбувається передача енергії, яка може відбиватися, розсіюватися, поглинатися відповідно до законів фізики. Різні тканини відрізняються за здатністю поглинати енергію, а фізичні фактори за способом та глибиною проникнення.

Ці відмінності зумовлюють специфічну дію фізичних чинників. Поглинена енергія викликає фізико-хімічні зміни в тканинах, які є субстратом перетворення фізичної енергії в біологічні реакції організму. Фізико-хімічні реакції дуже різноманітні і залежать від природи фізичного фактора: утворення вільних радикалів, теплоутворення, зміна біоелектричних властивостей клітин, виділення біологічно активних речовин та багато інших [38, 56].

У відповідь на фізико-хімічні зрушення формується реакції відповіді організму. У місці впливу відбувається зміна метаболізму, обмінних процесів, крово- і лімфообігу, активації захисних реакцій, відновленню порушених патологічним процесом взаємодій та ін. У відповідь на стимуляцію фізичними факторами опасистих, плазматичних та інших клітин, утворюються біологічно активні речовини: серотонін, ацетилхолін, норадреналін, що стимулюють гуморальні зрушення в організмі. Ці зміни в рецепторах і нервах формують аферентну імпульсацію в центральну нервову систему. Вона є причиною системних реакцій, що формуються [20,55].

Фізичні фактори стимулюють шкірні рецептори, імпульсація з яких по аферентних шляхах досягає центральної нервової системи, особливо тих її відділів, які керують адаптаційними механізмами (гіпоталамус, підкіркові ядра та ін.). Це викликає зміну їхнього функціонального стану та утворення потоку еферентної імпульсації, спрямованої на відновлення порушеної рівноваги, а в умовах патології – на відновлення порушених захворюванням функцій, підвищення реактивності організму, підтримання внутрішнього гомеостазу.

Цей потік досягає ендокринних залоз, внутрішніх органів та змінює їх діяльність. Таким чином, весь організм тією чи іншою мірою бере участь у формуванні реакції у відповідь на дію фізичного фактора. Місцеві обмежені впливи більше впливають на органи та тканини, що іннервуються з того ж метасегменту, що і поверхня тіла, на яку діє фізичний фактор на кшталт сегментарно-рефлекторних реакцій. Якщо фізичний фактор призначається за загальною метою або на особливі зони (Захар'їна-Гедз, комірцеву область), то процес формування реакції у відповідь залучається весь організм. У процесі курсового застосування між нервовою системою та системами органів формуються нові функціональні відносини, внаслідок чого фізичні чинники можуть мати тривалий період післядії. Різноманітні реакції організму на фізичні впливи сприяють мобілізації енергетичних та пластичних ресурсів, що стимулює підвищення функціональних можливостей, компенсаторних процесів, змінює метаболізм та діяльність ендокринних органів. Основну роль у цьому відіграють: гіпоталамно-гіпофізарно-адренокортикальна та симпатико-адреналова системи [8, 10, 14].

Класифікація лікувальних фізичних факторів.

Залежно від видів та форм використовуваної енергії лікувальні фізичні чинники та відповідні їм методи можна розділити на групи та подати у вигляді наступної класифікації [1, 30, 55].

Перша група - Постійний електричний струм низької напруги (гальванізація, лікарський електрофорез).

Друга група - Імпульсні струми низької напруги (електросон, діадинамотерапія, ампліпульстерепія, інтерференцтерапія, флюктуоризація, електродіагностика, електростимуляція).

Третя група - електричні струми високої напруги (діатермія, ультратонотерапія, місцева дарсонвалізація).

Четверта група - Електричні, магнітні та електромагнітні поля різних характеристик (франклінізація, магнітотерапія, індуктотермія, ультрависокочастотна терапія, мікрохвильова терапія).

П'ята група - електромагнітні коливання оптичного (світлового) діапазону (терапія інфрачервоним, видимим та ультрафіолетовим випромінюванням, лазерна терапія).

Шоста група - Механічні коливання середовища (масаж, ультразвукова терапія, лікарський фонофорез, вібротерапія).

Сьома група - змінене або особливе повітряне середовище (інгаляційне або аерозольтерапія, електроаерозольтерапія, баротерапія, аероіонотерапія, кліматотерапія та ін.).

Восьма група - Прісна вода, природні мінеральні води та їх штучні аналоги.

Дев'ята група - тепло (теплікування) та холод (кріотерапія, гіпотермія). Як термолікувальних середовищ використовують лікувальні грязі (пелоїди), парафін, озокерит, нафталан, пісок, глину, лід та інше).

Фізико-хімічна характеристика лікувальних чинників.

Фізичні фактори, застосовані у фізіотерапії, поділяються на природні (вода, клімат, грязі та інше) і преформовані, які отримують штучним шляхом (електролікування, ультразвук тощо). Вони класифікуються за фізичними характеристиками таким чином [1, 30, 55]:

1. Постійні струми низької напруги:

а) гальванізація та лікарський електрофорез;

б) імпульсні струми: діадинамотерапія і діадинамофорез, електросон, електростимуляція, короткоімпульсна електроаналгезія, ампліпульстерапія (випрямлений режим) та ампліпульсфорез, інтерференцтерапія.

2. Змінні струми:

а) низької та звукової частоти і низької напруги: ампліпульстерапія (змінний режим), флюктуоризація (змінні форми струму);

б) надтональної та високої частоти і високої напруги: дарсонвалізація, струми надтональної частоти (СНЧ)

3. Електричне поле:

а) ультрависокочастотна терапія (УВЧ-терапія);

б) франклінізація;

в) аероіонізація.

4. Магнітне поле:

а) низькочастотна магнітотерапія;

б) індуктотермія – змінне магнітне поле високої частоти (ЗМ ПВЧ).

5. Електромагнітне випромінювання:

а) надвисокочастотна терапія (НВЧ-терапія): сантиметрохвильова (СМХ- та дециметрохвильова ДМХ-терапія);

б) крайньовисокочастотна терапія (КВЧ-терапія): міліметрохвильова (ММХ –терапія);

в) світлотерапія: інфрачервоне, мабуть, ультрафіолетове, монохроматичне когерентне (лазерне) та поліхроматичне некогерентне поляризоване (пайлер-випромінювання).

6. Механічні коливання:

а) масаж;

б) вібротерапія;

в) ультразвук;

г) витягування.

7. Вода (гідротерапія та бальнеотерапія).

8. Температурний фактор (термотерапія):

- а) теплотерапія (лікувальна грязь торф, парафін, озокерит);
 - б) лікування холодом (кріотерапія).
9. Повітря (баротерапія).

РОЗДІЛ 2. ВИСОКОІНТЕНСИВНА ЛАЗЕРОТЕРАПІЯ: ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТТЯ І КЛІНІЧНІ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ

(LASER) – аббревіатура, складена з початкових літер англійської фрази: “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, “посилення світла результаті вимушеного випромінювання”. Це оптичний квантовий генератор - пристрій, що перетворює енергію накачування (світлову, електричну, теплову, хімічну та ін) в енергію когерентного, монохроматичного, поляризованого та вузькоспрямованого потоку випромінювання [1, 20, 27].

Енергетичні параметри лазерів, що застосовуються сьогодні в лазерній терапії, не перевищують рівні таких для сонячного світла на поверхні Землі, спектральний діапазон довжин хвиль відповідає сонячному, ступінь поляризації природного світла становить до 85%, як і в поширених в медицині діодних лазерів. Лазерна терапія за своєю суттю є не що інше, як технічно досконаліша «штучна» геліо-, світло-або фототерапія.

Основна властивість лазерного світла - монохроматичність - гранично вузька спектральна область.

Залежно від процесів, що характеризують види взаємодій лазерного випромінювання з біооб'єктом, виділяють три напрямки медико-біологічного застосування лазерів:

- лазер як інструмент для вивчення біологічних структур і процесів, лазерна діагностика, що ґрунтується на незворушній взаємодії випромінювання з біооб'єктом;
- промінь лазера для впливу нешкодуючого характеру на фотофізичні та фотохімічні процеси, що відбуваються в живому організмі, керування біохімічними реакціями та лазерна терапія;
- застосування лазерів, засноване на ефекті фото-руйнування біоструктур – для цих цілей використовують лазерні апарати з високою вихідною потужністю випромінювання, що дозволяє проводити коагуляцію або розтин тканин [30, 55].

Всі методики ЛТ мають свої особливості, вимагають певних знань техніки їх проведення та диференціюються в основному з локалізації впливу:

- зовнішні;
- внутрішньопорожнинні;
- внутрішньовенні;
- поєднані та комбіновані.

Незважаючи на факт генералізації ефекту при будь-якому локальному впливі, принципово відрізняється характер ініціюється реакції реакції організму, який може бути системним або місцевим.

Системні:

- лазерна акупунктура;
- лазерне освітлення крові, здійснюване або внутрішньовенним доступом (ВЛОК), або неінвазивно, на проекцію великих кровоносних судин (НЛОК).

Місцеві:

- всі зовнішні та порожнинні методики, метою яких є вплив на конкретне патологічне вогнище або орган. Найбільш ефективно при проведенні процедурздіяти як мінімум один системний та один місцевий спосіб дії.

Зовнішні методи лазерної терапії.

Вплив (освітлення) проводиться у таких випадках.

1. Місцево:

- контактно, безпосередньо торкаючись шкіри лазерним діодом; – контактно-дзеркально (через дзеркальну насадку); – дистантно (стабільно чи лабільно).

2. На рефлекторні зони:

- точки акупунктури (ТА) – корпоральні та аурикулярні;
- зони Захар'їна-Геда (дерматоми); – паравертебрально;
- ендоназально та ін.

3. на проекції внутрішніх органів.

4. На проекції судинних пучків та великих кровоносних судин.
5. На проекції імунокомпетентних органів.

Реалізувати всі ці методики дозволяє наявність у сучасних апаратів різних лазерних випромінюючих головок та насадок, за допомогою яких енергія лазерного світла доставляється до місця дії з найбільш оптимальними параметрами.

Лазерна акупунктура.

Лазерна активація точок акупунктури (ТА), або лазерна акупунктура, знайшла широке застосування при лікуванні хворих найширшого кола захворювань як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами. У лазерній акупунктурі використовується невелика кількість світлової енергії для лазерної активації різних, у тому числі нервових структур, що беруть участь у рефлекторній відповіді організму [1, 7, 8].

Точки акупунктури високо чутливі до різних зовнішніх впливів, зокрема електромагнітних полів. Ефективність використання фізичних факторів (вакуум, електричний струм, ультразвук, холод, тепло, магнітне поле, лазерне випромінювання) для лікування різноманітних форм патології залежить від специфічних особливостей активуючого стимулу та місця його застосування, а також від енергетичних параметрів електромагнітного поля. Має місце однотипність спрямованості реакцій при одноразовому та тривалому впливі. Спочатку зміни відбуваються на рівні нервово-рефлекторних реакцій, а потім за достатньої сили (за інтенсивністю та експозицією) включаються інші, більш інертні механізми. У всіх випадках застосування лазерної акупунктури, навіть при лікуванні важких хронічних захворювань, коли ні голкорексотерапія, ні медикаментозне лікування не дають потрібного ефекту, спостерігається клінічне та суб'єктивне покращення стану хворого.

Низькоінтенсивне лазерне опромінювання з терапевтичними параметрами не викликає у хворого суб'єктивних відчуттів при освітленні шкіри, не

усвідомлюється ним, проте зміни в тканинах, викликані цим впливом, призводять до активації різних рецепторних структур. реалізується в ЦНС за рахунок численних умовних та безумовних зв'язків.

Точка акупунктури – це ділянка, що проектується на шкіру, найбільшої активності системи взаємодії: покрив тіла – внутрішні органи. Електрофізіологічні характеристики ТА досить специфічні та пов'язані зі зміною функціонального стану внутрішніх органів та пов'язаних з ними нервових зв'язків певних відділів головного мозку. Роздратування ТА супроводжується змінами фізіологічних характеристик відповідних органів, які нормалізують їх порушену діяльність. Органоспрямовані, сегментарні та загальні реакції організму можуть мати не лише тонізуючий, а й знижуючий тонус характер. Особливості методик лазерної акупунктури:

- мала зона впливу (діаметр 0,5-3 мм);
- неспецифічний характер фотоактивації рецепторних структур;
- контроль спрямованості рефлекторної реакції;
- неінвазивність впливу, асептичність, комфортність;
- можливість точного дозування;
- можливість застосування методу – як самостійного для вирішення

практичних завдань на певному етапі лікування, так і у поєднанні з різними медикаментозними, дієто- та фітотерапевтичними видами лікування.

Точковий вплив і мала інтенсивність подразнення рецепторного апарату в зоні ТА завдяки просторовій і тимчасовій сумачії призводять до розвитку багаторівневих рефлекторних і нейрогуморальних реакцій організму. залучається стовбуродиенцефальна система, підтвердженням чого є генералізований, симетричний характер змін, що виникають на електроенцефалограмі. Таламус забезпечує вибірковість щодо окремих параметрів подразнення (його частоти і інтенсивності);

Червоне (633 нм) та ІЧ-лазерне випромінювання (800-1300 нм) проникає досить глибоко, тому в зоні лазерного впливу виявляються рецептори, різні клітини, нервові вузли та сплетення, лімфатичні та кровоносні судини. У зоні

ТА, що є складним морфологічним субстратом з його рецепторними і функціональними особливостями, подразнення (в основному слабкі), що сприймаються ззовні, перетворюються на нервові збудження, що передається в ЦНС. Загальна реакція організму на лазерний вплив здійснюється двома основними шляхами: нейрогенним та гуморальним. Стимулюється синтез АКТГ, глюкокортикоїдів та інших гормонів, збільшується синтез простагландинів Е та F, енкефалінів та ендорфінів. Гуморальні зміни залежать від спрямованості вихідного тла; в більшості випадків відбувається нормалізація складу крові та активація мікроциркуляції. Ефекти кумуються і досягають максимуму до 7 процедури [6, 9, 10].

Внутрішньопорожнинні методи лазерної терапії

Розрізняються за локалізації доступу до порожнистих органів. Процедури проводять за допомогою спеціалізованих оптичних насадок, за допомогою яких доставляють низькоінтенсивне лазерне опромінювання в необхідну область із заданим просторовим розподілом енергії лазерного світла. Використовують як безперервне, так і імпульсне низькоінтенсивне лазерне опромінювання практично всіх спектральних діапазонів.

Внутрішньопорожнинні способи все активніше заміщаються зовнішнім впливом на проекції відповідних органів. Наприклад, безпосереднє висвітлення виразок шлунка і дванадцятипалої кишки через світловод в даний час практично повністю витіснено застосуванням матричних імпульсних ІЧ-лазерних випромінюючих головок, що працюють, для підвищення ефективності, в режимі модуляції «БІО» [1, 7, 8].

Внутрішньовенне лазерне освітлення крові (ВЛОК)

У численних публікаціях повідомляється про позитивні результати, отримані при внутрішньовенному лазерному освітленні крові з використанням гелій-неонового лазера. Вибір типу лазера і довжини хвилі 633 нм відповідно обумовлений виключно фактором доступності, але не ефективності. Однак сучасні апарати на основі діодних лазерів (АЛТ «Матрікс-ВЛОК» та «Лазмік-ВЛОК») не тільки мають кращі масгабаритні та енергетичні параметри, але й

більш ефективні завдяки оптимізації довжини хвилі лазерного випромінювання. Розробка та виробництво одноразових стерильних світловодів дозволили зробити цю процедуру абсолютно безпечною та комфортною для пацієнтів.

Численні дослідження показали, що в результаті лазерного освітлення крові відбувається:

- корекція клітинного та гуморального імунітету;
- підвищення фагоцитарної активності макрофагів;
- посилення бактерицидної активності сироватки крові та системи комплементу;
- зниження рівня С-реактивного білка, рівня середніх молекул та токсичності плазми;
- зростання у сироватці крові вмісту імуноглобулінів IgA, IgM, IgG, а також зміна рівня циркулюючих імунних комплексів;
- збільшення кількості лімфоцитів та зміна їх функціональної активності;
- збільшення здатності Т-лімфоцитів до розеткоутворення та ДНК синтетичної активності лімфоцитів, стабілізація співвідношення субпопуляції Т-хелперів/Т-супресорів;
- підвищення неспецифічної резистентності організму;
- поліпшення реологічних властивостей крові та мікроциркуляції;
- регуляція гемостатичного потенціалу крові;
- судинорозширювальну дію;
- протизапальну дію;
- аналгетичну дію;
- нормалізація іонного складу крові;
- підвищення кисневотransпортної функції крові, а також зменшення парціальної напруги вуглекислого газу;
- збільшення артеріовенозної різниці за киснем, що є ознакою нормалізації тканинного метаболізму;

- нормалізація протеолітичної активності крові;
- підвищення антиоксидантної активності крові;
- нормалізація процесів ПОЛ у мембранах клітин;
- стимуляція еритропоезу;
- стимуляція внутрішньоклітинних систем репарації ДНК при радіаційних ураженнях;
- нормалізація обмінних процесів (білкового, ліпідного, вуглеводного, внутрішньоклітинного енергетичного балансу);
- нормалізація та стимуляція регенераторних процесів [4, 9, 10].

Поєднання з медикаментозною терапією

Лікувальні фізичні фактори здатні суттєво впливати на фармакокінетику та фармакодинаміку лікарських засобів (фармакомодулюючу дію). Попередня фізіотерапевтична дія переважно впливає на фармакокінетику препаратів, фармакодинамічні зрушення в основному відбуваються, якщо фізичні фактори застосовують після прийому лікарських засобів. Багато фізичних чинників потенціюють дію ліків, нерідко досить значно, що робить доцільним зниження дозування останніх. Більше значне потенціювання їхньої дії виявляється при вихідній зниженій функціональній активності того чи іншого органу. Так, лазерна терапія посилює дію фіноптину на мікроциркуляцію ішемізованого міокарда; магнітні поля підвищують активність антикоагулянтів, протизапальних, нейротропних та знеболювальних засобів (але послаблюють дію холінергічних засобів), у 2–3 рази подовжують дію нейротропних та снодійних препаратів. Важливим наслідком комплексу фізичної та лікарської терапії є ослаблення побічних ефектів та токсичної дії ліків. Застосування НІЛП на фоні прийому обездану зменшує вираженість негативної дії останньої на енергетичний апарат надниркових залоз та тиреоїдний статус організму; магнітні поля знижують токсичність холінергічних лікарських речовин.

На тлі лазерної терапії потреба хворих у лікарських препаратах різко зменшується, спостерігається ефект пролонгованої дії фармакологічних препаратів [4, 9, 10].

Лазери високої інтенсивності (HILT — High-Intensity Laser Therapy) — це сучасний метод фізіотерапії, який активно використовується для лікування різноманітних захворювань. Вони відрізняються від традиційних низькоінтенсивних лазерів (LLLT — Low-Level Laser Therapy) тим, що використовують значно вищу енергію, що дозволяє глибше проникати в тканини та забезпечувати більш виражений терапевтичний ефект. Основна мета HILT — стимулювати регенерацію тканин, зменшувати біль, запалення та покращувати мікроциркуляцію.

Цей метод знайшов широке застосування в ортопедії, спортивній медицині, неврології, дерматології та реабілітації. Розглянемо принципи дії HILT, його переваги, показання, протипоказання, клінічні приклади використання, економічна ефективність, етичні аспекти та перспективи розвитку.

Лазерна терапія бере свій початок у 1960-х роках, коли був винайдений перший лазер. Спочатку лазери використовувалися переважно в промисловості та наукових дослідженнях, але згодом їхні унікальні властивості привернули увагу медиків. У 1970-х роках почали з'являтися перші дослідження, присвячені застосуванню лазерів у медицині. Спочатку використовувалися низькоінтенсивні лазери, які мали обмежену глибину проникнення та ефективність.

У 1990-х роках були розроблені лазери високої інтенсивності, які дозволили досягти значно кращих результатів у лікуванні глибоко розташованих тканин. Згодом HILT став одним із найперспективніших методів фізіотерапії, який активно використовується в усьому світі. Наприклад, дослідження Wang et al. (2012) показали, що HILT ефективний у лікуванні хронічного болю в спині та остеоартрозу [72]. Загальний вигляд апарата для проведення лазеротерапії високої інтенсивності та його технічні характеристики наведено на рисунку 2.1. На рисунку 2.2 зображено робочі частини апаратів для проведення лазеротерапії високої інтенсивності при роботизованій системі сканування та мануальній лазерній терапії.

СПЕЦИФІКАЦІЇ ДЛЯ ЛАЗЕРА ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ



ЛАЗЕР ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Модель	ЛАЗЕР ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ BTL-6000, 30 Вт
Каталожний номер	P043.003
Дисплей	8,4-дюймовий кольоровий сенсорний екран
Потужність	30 Вт
Довжина хвилі	1064 нм
Частота	1 Гц-20 кГц
Коефіцієнт навантаження	25%-75%
Режими випромінювання	Постійне випромінювання , імпульсний режим, суперімпульсний режим, режим триангуляції, послідовні імпульси, моно імпульси
Площа обробки	1-500 см²
Протоколи попереднього налаштування	43
Стандартна комплектація	2 пари захисних окулярів, насадка для оптичного збільшення, тримач для аплікатора

Додаткові аксесуари

Каталожний номер P6000.210	Кейс для транспортування
Каталожний номер P6000.211	Візок для BTL-6000
Каталожний номер P451.002	Система сканування Elite
Каталожний номер P043.014	Педаль вчеплення
Каталожний номер P5100.009	Насадки

Рис.2.1. Загальний вигляд апарата для проведення лазеротерапії високої інтенсивності та його технічні характеристики [5].

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА СКАНУВАННЯ

- Найперша роботизована **смарт-система** сканування, що охоплює ділянки тіла площею до 1200 см²
- Ідеально підходить для лікування патологічних станів в області спини, **великих** груп м'язів, а також суглобів
- Забезпечує **температурний моніторинг** з рівномірним поширенням енергії та максимальною терапевтичною ефективністю
- Оснащений **сканером теплової чутливості** для індивідуальної терапії
- Здійснює **постійний контроль** безпечної відстані між пацієнтом і роботизованою скануючою системою



МАНУАЛЬНА ЛАЗЕРНА ТЕРАПІЯ

- Найінтенсивніша мануальна лазерна терапія з **потужністю до 30 Вт**
- **Смарт-аплікатор** із кнопками вибору режиму лікування та світловим індикатором терапії
- **Оптична система** для встановлення розміру плями в діапазоні 10–30 мм

Рис.2.2. Робочі частини апаратів для проведення лазеротерапії високої інтенсивності при роботизованій системі сканування та мануальній лазерній терапії [5].

Лазери високої інтенсивності працюють на основі фотобіомодуляції — процесу, при якому світлова енергія перетворюється на біохімічну енергію в клітинах. Основні механізми дії HILT включають:

1. Фототермічний ефект:

Лазерне випромінювання нагріває тканини, що сприяє розслабленню м'язів, зменшенню болю та покращенню кровообігу. Нагрівання також стимулює розширення кровоносних судин, що покращує доставку кисню та поживних речовин до уражених тканин [61].

2. Фотохімічний ефект:

Світлова енергія стимулює вироблення АТФ (аденозинтрифосфату) в мітохондріях, що призводить до активізації клітинного метаболізму та прискорення регенерації тканин. Цей процес також сприяє синтезу білків та інших молекул, необхідних для відновлення тканин [52].

3. Фотомеханічний ефект:

Лазерне випромінювання створює мікроімпульси, які стимулюють клітини та покращують дренаж лімфи, що допомагає зменшити набряки. Цей ефект особливо важливий при лікуванні травм та запальних процесів [64].

4. Антизапальний ефект:

НІЛТ знижує рівень провоспальних цитокінів (наприклад, інтерлейкіну-6) і стимулює вироблення протизапальних речовин. Це допомагає зменшити запалення та прискорити загоєння тканин [84].

5. Анальгетичний ефект:

Лазерне випромінювання блокує передачу болевих імпульсів по нервових волокнах, що забезпечує швидке знеболення. Цей ефект досягається за рахунок зменшення активності болевих рецепторів та стимуляції вироблення ендорфінів [76].

Основні переваги НІЛТ

1. Глибина проникнення:

Лазери високої інтенсивності можуть проникати на глибину до 10 см, що дозволяє впливати на глибоко розташовані тканини, такі як суглоби, м'язи та сухожилля. Це робить НІЛТ особливо ефективним при лікуванні захворювань опорно-рухового апарату [18].

2. Швидкий ефект:

Пацієнти часто відзначають зменшення болю та покращення рухової активності вже після перших сеансів. Це робить НІЛТ ідеальним методом для лікування гострих та хронічних станів [24].

3. Неінвазивність:

HILT не вимагає хірургічного втручання або ін'єкцій, що робить його безпечним і комфортним для пацієнтів. Це особливо важливо для пацієнтів, які мають протипоказання до інвазивних методів лікування [32].

4. Відсутність побічних ефектів:

При правильному застосуванні HILT має мінімальну кількість побічних ефектів, таких як незначне почервоніння шкіри або відчуття тепла під час процедури. Це робить його безпечним для широкого кола пацієнтів [40].

Показання до застосування HILT:

Лазери високої інтенсивності використовуються для лікування широкого спектру захворювань, серед яких:

1. Захворювання опорно-рухового апарату:
 - Остеоартроз колінного, кульшового та інших суглобів.
 - Тендиніти та тендинопатії (наприклад, тенісний лікоть, ахілло-тендиніт).
 - Плантарний фасцит (п'яткова шпора).
 - Травми м'язів та сухожиль.
 - Хронічний больовий синдром у спині (люмбалгія, ішіас) [43].
2. Неврологічні захворювання:
 - Невропатії (наприклад, діабетична нейропатія).
 - Радикулопатії.
 - Післяінсультна реабілітація [49].
3. Дерматологічні захворювання:
 - Псоріаз.
 - Виразки шкіри.
 - Рубці після операцій або травм [68].
4. Спортивна медицина:
 - Лікування спортивних травм (розтягнення, вивихи, ушкодження м'язів).

- Прискорення відновлення після фізичних навантажень [17].

Протипоказання до застосування HILT:

Незважаючи на свою ефективність, HILT має ряд протипоказань, серед яких:

- Онкологічні захворювання.
- Вагітність.
- Епілесія.
- Порушення згортання крові.
- Інфекційні захворювання в гострій фазі.
- Імплантовані електронні пристрої (наприклад, кардіостимулятор)

[23].

Приклади використання HILT у клінічній практиці:

1. Лікування остеоартрозу:

Дослідження показали, що HILT значно зменшує біль та покращує функціональність суглобів у пацієнтів з остеоартрозом колінного суглоба. Після курсу з 6–8 сеансів спостерігається зменшення запалення та збільшення амплітуди рухів [44].

2. Реабілітація після травм:

У спортивній медицині HILT використовується для прискорення загоєння м'язових та сухожильних ушкоджень. Наприклад, у пацієнтів з ахілло-тендинітом після курсу HILT спостерігається зменшення болю та покращення рухливості [41].

3. Лікування хронічного болю:

HILT ефективно застосовується для лікування хронічного больового синдрому в спині. Пацієнти відзначають зменшення болю вже після 2–3 сеансів [15]. На рис.2.3. зображено процедура проведення лазеротерапії високої інтенсивності при роботизованій системі сканування поперекового відділу хребта.



Рис.2.3. Проведення лазеротерапії високої інтенсивності при роботизованій системі сканування поперекового відділу хребта [5].

Перспективи розвитку НІЛТ

1. Інтеграція з іншими методами лікування:

НІЛТ може бути ефективно поєднаний з іншими методами фізіотерапії, такими як ультразвукова терапія, магнітотерапія та мануальна терапія [29].

2. Розробка нових протоколів лікування:

Дослідження спрямовані на оптимізацію параметрів НІЛТ (енергія, тривалість сеансів, частота) для різних захворювань [13].

3. Використання в естетичній медицині:

НІЛТ також застосовується для лікування целюліту, зменшення рубців та покращення стану шкіри [39].

Лазери високої інтенсивності є перспективним методом лікування, який поєднує високу ефективність, безпечність та неінвазивність. Вони знайшли широке застосування в ортопедії, неврології, спортивній медицині та реабілітації. Завдяки своїм унікальним властивостям НІЛТ дозволяє швидко зменшувати біль, стимулювати регенерацію тканин та покращувати якість життя пацієнтів.

РОЗДІЛ 3. УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ: ТЕРАПЕВТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Серед методів, заснованих на використанні механічних коливань, все більшого поширення набуває ударно-хвильова терапія. Вона вже понад два десятиліття застосовується в урології для дезінтеграції ниркового каміння. З початку 90-х років минулого століття в Німеччині, а згодом і в інших країнах ударно-хвильову терапію стали використовувати в ортопедії. Спочатку даний метод в ортопедичній практиці застосовували для лікування псевдоартрозів і переломів, що уповільнено консолідуються. В подальшому показання до застосування цього методу в ортопедії значно розширилися і його почали використовувати у пацієнтів з різними хронічними дегенеративно-дистрофічними захворюваннями опорно-рухової системи із запальним компонентом [12, 22].

В останні роки поряд з високоенергетичним впливом при ударно-хвильовій терапії, що застосовуються в урології та ортопедії, стали вивчати дію методу з низькою енергією акустичної хвилі (фізіо-терапевтичний аспект), що сприяло розробці нових напрямків у використанні УХТ у кардіології, косметології та косметології.

Ударно-хвильова терапія (син.: дистанційна або екстракорпоральна ударно-хвильова терапія, електромагнітна УХТ) - метод екстракорпорального впливу на тканини організму акустичними імпульсами значної амплітуди або ударними хвилями.

Ударні хвилі, що використовуються в медицині, виробляються екстракорпорально і передаються тілу пацієнта без пошкодження шкірних покривів. Для запобігання небажаної теплової дії при традиційній УХТ до тіла хворого підводяться окремі акустичні імпульси невеликої тривалості (соті частки секунди), але високої потужності і з великим піковим тиском, після чого слідує тривала пауза, під час якої тепло, що утворилося, уноситься струмом крові. По

фронту поширення імпульсу тиск у тканинах зростає від атмосферного до максимальних значень, потім після невеликої паузи слідує розрідження [31, 57].

Акустична хвиля в рідких середовищах поширюється у всіх напрямках однаково, а максимальне поглинання акустичної енергії відбувається на межі поділу середовищ, де і проявляється її найбільший ефект. Потужність, яку необхідно використовувати, залежить від різниці щільності тканин та створюваного ними акустичного опору. Чим більша щільність об'єкта, через який проходить звукова хвиля, тим сильніший опір і терапевтичний вплив.

Ефект від впливу ударно-хвильових імпульсів може бути різної виразності та залежить від частоти імпульсів, величини акустичного тиску, сфокусованості акустичної хвилі. У фізіотерапевтичній практиці використовують ударно-хвильові імпульси середньої та малої інтенсивності. Сучасні апарати дозволяють проводити вплив при тиску у фокусі до 140 МПа та щільності потоку енергії від 0,03 до 0,5 мДж/мм² [50, 51].

Що стосується частоти ударно-хвильових імпульсів, вона зазвичай варіює в різних методиках від 1 до 15 імп./с. Зі збільшенням числа імпульсів пом'якшується вплив, що виробляється. За процедуру проводиться 1500-3000 ударних імпульсів тривалістю близько 1 мс.

Розмір фокусу визначається аксіальним і латеральним розмірами розподілу тиску. 60-80 мм. При зменшенні відстані від електрода до шкіри фокус зміщується в глибину біотканини.

Зі збільшенням амплітуди звукового тиску і формуванням ударної хвилі в біологічних тканинах починають проявлятися нелінійні ефекти (дисипація - поглинання енергії ударної хвилі і дисперсія - різниця швидкостей різних гармонік). глибину до 3 мм. На рисунку 3.1 зображено механізми генерації ударних хвиль, які використовуються в сучасних фізіотерапевтичних апаратах.

Під впливом ударної хвилі в тканинах можуть виникати кавітаційні явища, які можуть викликати зміни різного ступеня вираженості.



ФОКУСОВАНА УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ базується на **електроакустичних принципах**. Всередині аплікатора знаходиться комплекс, що складається з одного п'єзокристала і електроакустичної лінзи.

Пристрій створює високу напругу, яка деформує кристал і створює акустичну хвилю. Потім хвиля набуває **конвергентної форми** і поширюється по тілу пацієнта.



РАДІАЛЬНА УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ заснована на **пневматичних принципах**. Енергія створюється шляхом передачі стисненого повітря під великим тиском з пристрою в аплікатор.

Енергія повітря передається на випромінювач, який на високій швидкості тисне на трансмітер на кінці аплікатора. Потім хвиля набуває **розбіжної форми** і поширюється по тілу пацієнта.

Рис.3.1. Механізми генерації ударних хвиль, які використовуються в сучасних фізіотерапевтичних апаратах [5].

Ультразвукова та УХТ, хоч і відносяться до лікувальних факторів, що мають механічну природу, суттєво відрізняються між собою за деякими параметрами. При УХТ хвильова енергія становить 40-50 атм, яка в тканинах фокусується на обмеженій площі і її дія в основному обумовлена механічним та п'єзоелектричним ефектами. При ультразвуковій терапії хвильова енергія становить лише 0,5 атм. Вона у тканинах розсіюється, а лікувальна дія більше пов'язана з фізико-хімічними та тепловими ефектами [28, 73].

У медичній практиці нині використовують ударні хвилі різної інтенсивності. Високоінтенсивна ударно-хвильова дія, що супроводжується виникненням кавітаційних явищ, веде до руйнування каменів, кальцифікатів (осифікатів) кісток, розростань сполучної тканини у фасціях та сухожиллях та інших дезінтеграційних ефектів.

Нові напрямки УХТ, як правило, засновані на використанні середніх і навіть малих інтенсивностей, що призводять до більш різноманітних і фізіологічних змін, які перш за все залежать від частоти імпульсів, величини акустичного тиску і сфокусованості акустичної хвилі. клітинний іонний обмін, стимулюють метаболічні реакції і виведення продуктів катаболізму, обумовлюючи тим самим прискорення регенераторних процесів. Під їх впливом підвищується активність макрофагів, посилюється розпад медіаторів запалення, що визначає протизапальну дію УХТ оксиду азоту в міокарді за рахунок активації ендотеліальної NO-синтази. Неоангіогенез. Крім того, встановлено, що під впливом УХТ ангіогенні фактори привертають циркулюючі стовбурові клітини в зону ішемії міокарда. Ці дані є передумовою розвитку кардіальної УХТ [37, 79].

Як в експериментальних, так і в клінічних дослідженнях переконливо доведено знеболювальну дію УХТ. Його пояснюють посиленням виробленням у відповідь роздратування больових рецепторів звуковими хвилями ендорфінів. Знеболюючий ефект при УХТ можливий також за рахунок розвитку дегенеративних змін у рецепторних ділянках тканин.

Загальноприйнятими показаннями для УХТ досі вважалися:

- хронічні дегенеративні та запальні захворювання опорно-рухового апарату (підшовний бурсит, плантарний фасцит, плечолопатковий періартрит, повільно консоїдуєча кісткова мозоль, хибні суглоби, тендопатії та лігаментопатії різної локалізації, переломи з уповільненням);
- Літотрипсія (сечокам'яна хвороба, холелітіаз, конкременти в слинній та підшлунковій залозі).

З нових напрямків насамперед слід назвати використання УХТ у кардіології (кардіальна УХТ - КУХТ). Зазначено, що максимальний ефект від КУХТ при ІХС спостерігається через 3-6 місяців після закінчення курсу лікування, а позитивний клінічний ефект зберігається протягом 5 років.

Є вагомі підстави припускати, що метод має також знайти своє місце в комплексному лікуванні хворих з хронічною серцевою недостатністю ішемічного генезу, ішемічної кардіоміопатії, а також деяких форм інфаркту міокарда у різні терміни від початку захворювання. Важливими перевагами методу КУХТ є його безболісність та неінвазивність, а також природний шлях відновлення тканин.

Перспективним напрямом вважається використання УХТ при неврологічних болях різного генезу. Можливість фокусування ударної хвилі визначає деякі переваги УХТ перед іншими фізичними методами лікування. Насамперед УХТ тригерних зон може бути застосована в комплексному лікуванні міофасціальних больових синдромів. Метод також може бути використаний при остеохондрозі шийного та поперекового відділів хребта з неврологічними проявами: синдром крижово-клубової зв'язки, синдром грушоподібного м'яза, плечолопатковий періартроз та ін. Як правило, у таких хворих відзначають регресію неврологічної симптоматики (синдром рухів тулуба в попереково-крижовій області, нормалізацію глибоких рефлексів, зменшення больового синдрому. УХТ набуває розвитку і як ударно-хвильової акупунктури, що передбачає вплив ударними хвилями високої інтенсивності на точки акупунктури.

Показання для ударно-хвильової акупунктури в основному ті ж, що і для класичного акупунктури. Вона продемонструвала високу ефективність у лікуванні остеоартриту [46, 77].

Робляться успішні спроби використовувати клінічні ефекти ударних хвиль при лікуванні запальних захворювань, зокрема хронічного простатиту. Встановлено, що під впливом УХТ досягається швидкий і виражений знеболюючий ефект, що розвивається після 1-2 процедур, значно покращуються процес сечовипускання та еректильна функція, послаблюються запальні явища, відбувається поліпшення ехоструктури передміхурової залози у пацієнтів з фіброзними формами хронічного простатиту [25, 35, 86].

Ударні хвилі використовують в урології для лікування хвороби Пейроні. Лікування супроводжується зменшенням або припиненням болю, розм'якшенням та скороченням фіброзної бляшки у значної частини хворих.

Відомі успішні спроби використання фокусованих ударно-акустичних хвиль для на новоутворення, зокрема з канцеростатиками. У дослідженнях на мишах з щепленою пухлиною Кребс-2, зокрема, показано, що після 10 імпульсів УХТ клітини пухлини здебільшого зруйновані і знаходяться на різних стадіях дистрофічного та некробіотичного процесів. Запальна круглоклітинна інфільтрація помірно виражена, але в межі збереженої тканини пухлини і зони некрозу спостерігаються порожнини, походження яких можна пов'язати з утворенням кавітаційних бульбашок у процесі впливу [8]. Автори висловлюють думку, що УХТ можна розглядати як один із можливих методів лікування при онкологічному процесі.

Останнім часом зростає інтерес до використання УХТ у дерматології та косметології, що є досить обґрунтованим. Виконані у різних клініках дослідження показали, що «дерматологічна» УХТ:

- стимулює мікроциркуляцію та вазомоторну активність, посилюючи ліполіз та послаблюючи ліпогенез;
- спричиняє руйнування кластерів жирових клітин;
- активує фосфоліпази, сприяючи розщепленню та виведенню

жирів;

- покращує еластичність та інші механічні властивості шкіри;
- викликає мобілізацію жиру, показником чого є збільшення у крові вільних жирних кислот, тригліцеридів та гліцеролу;
- супроводжується зниженням окислювального стресу та швидкою мобілізацією продуктів окислення ліпідів [60, 74].

Наведені дані вказують на доцільність та перспективність використання дерматологічної УХТ при наступних захворюваннях та станах: патологічні зміни підшкірно-жирової тканини при целюліті; фіброзні зміни у тканинах; рани після ліпосакції, а також рани, що тривало не гоїться, і трофічні виразки; рубці та келоїди; лімфедemi. Її можна застосовувати також при патології сполучної тканини для тренування судин, активації м'язової тканини та ін.

Ударно-хвильова терапія є однією з найсучасніших і ефективних методик фізичної терапії, що використовуються для лікування різних захворювань опорно-рухового апарату, травм та болів у м'язах і суглобах. Цей метод заснований на використанні акустичних хвиль високої інтенсивності, які передають енергію до тканин, сприяючи їх регенерації, зменшенню болю та покращенню функціонального стану. Ударно-хвильова терапія набуває все більшої популярності завдяки своїй безпеці, неінвазивності та високій ефективності.

Принципи роботи ударно-хвильової терапії

УХТ полягає в застосуванні акустичних хвиль, які створюються спеціальним апаратом та передаються через шкіру до уражених тканин. Основний принцип дії полягає в тому, що акустичні хвилі з високою енергією проникають у глибокі шари тканин і стимулюють процеси відновлення та регенерації. Часто для зручності та мінімізації дискомфорту під час процедури використовується гель, який забезпечує ефективну передачу хвиль [50, 62].

Ключові етапи дії ударно-хвильової терапії:

1. Генерация хвиль – апарат виробляє акустичні хвилі певної частоти та енергії.

2. Передача хвиль — хвилі передаються через шкіру до тканин, де вони поглинаються і спричиняють механічні ефекти.

3. Реакція тканин — ударні хвилі викликають різноманітні біологічні реакції в клітинах і тканинах, включаючи стимуляцію метаболічних процесів та поліпшення кровообігу [80, 81].

На рисунку 3.2. наведено основні клінічні ситуації, при яких ударно-хвилева терапія проявляє максимально розкриває свій терапевтичний потенціал.

УДАРНО-ХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ

ІННОВАЦІЙНА ФОРМУЛА ПРОТИ ХРОНІЧНОГО БОЛЮ

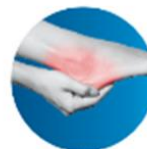
Ударні хвилі — це короткочасні акустичні хвилі, які мають унікальну здатність передавати імпульс високої енергії до хворих місць опорно-рухового апарату. Під дією ударних хвиль відбувається стимуляція клітин і вивільнення фактора росту, що призводить до регенерації тканин. Цей вид терапії запустяє **відновлювальні процеси** в сухожиллях і кістках, усуває кальцифікати, знімає хронічний біль і розслабляє напружені м'язи.



**Поверхневі
тригерні точки**



**Поверхневі
тендинопатії**



М'який кальциноз



**Міофасціальний
синдром**

Рис.3.1. Основні клінічні ситуації, при яких ударно-хвилева терапія проявляє максимально розкриває свій терапевтичний потенціал [5].

Механізми дії ударно-хвильової терапії

Ударно-хвильова терапія (УХТ) є потужним методом фізичної терапії, що базується на використанні акустичних хвиль високої інтенсивності для стимулювання регенеративних процесів в тканинах, зменшення болю та покращення загального функціонального стану пацієнтів. Принципи її дії включають різноманітні механізми, що охоплюють як фізичні, так і біологічні процеси на клітинному та тканинному рівнях [22, 31, 47, 59,62]:

1. Знеболювальна дія (анальгезія)

Одним із основних ефектів ударно-хвильової терапії є знеболювальний ефект. Акустичні хвилі, що передають енергію до тканин, створюють мікротравми на клітинному рівні, що запускає процеси, які блокують біль. Ці хвилі взаємодіють з нервовими закінченнями в уражених тканинах і зменшують передачу больових імпульсів.

- Блокування больових імпульсів: Ударні хвилі активують механорецептори в нервових волокнах, що призводить до швидкої блокади передачі больових сигналів до центральної нервової системи. Це знижує сприйняття болю на фізіологічному рівні.

- Вивільнення ендорфінів: Акустичні хвилі стимулюють вивільнення ендорфінів — природних знеболювальних сполук організму. Ці гормони мають анальгезуючу дію і знижують больові відчуття, створюючи ефект "відключення" болю.

- Вплив на нейропептиди: Ударні хвилі також можуть зменшувати рівень нейропептидів, таких як субстанція Р, які відповідають за передачу болю. Їх інгібування веде до зменшення больової чутливості.

2. Стимуляція кровообігу та лімфообігу

Енергія ударних хвиль має здатність стимулювати кровообіг і лімфообіг, що є важливим аспектом у лікуванні різних травм і хронічних захворювань. Хвилі сприяють розширенню кровоносних судин, покращуючи доставку кисню та поживних речовин до уражених тканин, а також полегшують виведення продуктів метаболізму.

- Вазодилатація (розширення судин): Процес ударно-хвильової терапії сприяє розширенню капілярів і більших судин у зоні впливу. Це покращує кровопостачання і стимулює доставку необхідних речовин для відновлення тканин. Підвищений кровотік допомагає також усунути набряки і полегшує симптоми запалення.

- Активізація лімфообігу: Ударні хвилі стимулюють рух лімфи, що сприяє очищенню тканин від токсинів, продуктів розпаду та інших шкідливих речовин. Це особливо корисно для зменшення набряків і поліпшення загального стану тканин після травм чи операцій.

3. Стимуляція регенерації тканин

Один із ключових механізмів ударно-хвильової терапії полягає в її здатності активувати процеси відновлення пошкоджених тканин. УХТ стимулює метаболічну активність клітин і сприяє прискоренню регенерації м'язів, сухожилків, хрящів та інших структур.

- Активація фібробластів і синтез колагену: Ударні хвилі стимулюють фібробласти — клітини, які відіграють важливу роль у відновленні сполучної тканини, зокрема у виробленні колагену. Колаген є основним структурним елементом сухожилків, зв'язок і шкіри, що забезпечує їх міцність та еластичність. Це допомагає відновлювати структуру тканин після травм.

- Прискорення загоєння: Стимуляція колагенового синтезу дозволяє значно прискорити процеси загоєння пошкоджених тканин, що важливо при хронічних ушкодженнях або після травм.

- Створення мікротравм: Мікротравми, викликані ударними хвилями, активують процеси ремонту в тканинах, що призводить до утворення нових клітин і структурних компонентів. Цей процес допомагає відновити функцію уражених тканин, прискорюючи загоєння.

4. Стимуляція ангиогенезу (утворення нових кровоносних судин)

Ангиогенез — це процес утворення нових кровоносних судин, який є важливим для відновлення пошкоджених тканин, особливо в разі хронічних

або важких ушкоджень. Ударні хвилі стимулюють цей процес, що забезпечує більш ефективне кровопостачання в зону лікування.

- Зростання нових капілярів: Під впливом ударних хвиль активується утворення нових дрібних судин (капілярів), що забезпечує підвищення рівня насичення тканин киснем і поживними речовинами. Це сприяє покращенню загоєння пошкоджених тканин.
- Покращення васкуляризації: Збільшення кількості кровоносних судин в уражених зонах дозволяє прискорити процеси відновлення, оскільки забезпечується більш ефективне транспортування необхідних елементів до клітин і виведення відходів метаболізму.

5. Метаболічна стимуляція та підвищення енергетичного обміну

Ударні хвилі активують клітинні процеси, підвищуючи метаболічну активність тканин. Це включає стимуляцію вироблення АТФ (аденозинтрифосфату), основного джерела енергії для клітин, а також активізацію ферментативних процесів, що сприяють відновленню і нормалізації функцій клітин.

- Покращення енергетичного обміну: Підвищена активність мітохондрій — "енергетичних станцій" клітин — стимулює вироблення АТФ. Це дозволяє клітинам швидше відновлювати пошкоджені структури та прискорювати загоєння тканин.
- Ферментативна активність: Ударні хвилі активують різні ферменти, які беруть участь у синтезі білків, відновленні клітинних мембран і інших процесах, що сприяють нормалізації клітинного обміну.

6. Вплив на тканинний метаболізм і загоєння сухожилків, зв'язок та м'язів

Ударно-хвильова терапія сприяє відновленню пошкоджених тканин, зокрема сухожилків і зв'язок, через активацію процесів їх регенерації. Цей ефект виникає через фізичні коливання, які допомагають розслабити спазмовані тканини і стимулюють відновлення пошкоджених структур.

- Розслаблення м'язів: Під впливом ударних хвиль знижується м'язовий тонус, що допомагає зменшити спазми і полегшує рухливість суглобів.

Показання до застосування ударно-хвильової терапії

Ударно-хвильова терапія ефективна для лікування численних захворювань та травм, зокрема [21, 25, 37, 54, 74, 77, 78, 82]:

1. Захворювання опорно-рухового апарату:
 - Патології суглобів (остеоартрит, артрит).
 - Хронічний біль у спині, шийці, попереку.
 - Тендиніти (запалення сухожилків), бурсити (запалення суглобових сумок).
 - Плітковий синдром, ахіллесовий тендиніт.
2. Травматичні ушкодження:
 - Лікування забитих місць, розтягнення зв'язок і м'язів.
 - Реабілітація після переломів або хірургічних втручань.
3. Неврологічні розлади:
 - Лікування патологій нервових корінців, таких як радикуліт, невралгія.
4. Захворювання м'яких тканин:
 - Лікування фіброміалгії, м'язової контрактури.

Протипоказання

Незважаючи на свою ефективність і безпеку, ударно-хвильова терапія має деякі протипоказання [50, 59, 73]:

1. Гострі інфекційні захворювання.
2. Онкологічні процеси в зоні впливу.
3. Порушення згортання крові або прийом антикоагулянтів.
4. Вагітність.
5. Наявність кардіостимулятора або інших імплантованих медичних пристроїв.
6. Травми шкіри або відкриті рани в зоні лікування.

Переваги ударно-хвильової терапії

1. Неінвазивність: Процедура не потребує хірургічного втручання і є безболісною для пацієнта.

2. Швидкий результат: Пацієнти часто відчують полегшення вже після кількох сеансів.
3. Широкий спектр застосування: УХТ ефективна для лікування різних видів болю та захворювань.
4. Мінімальні побічні ефекти: Процедура безпечна і має дуже низький ризик ускладнень.

Ударно-хвильова терапія є однією з найбільш прогресивних і ефективних методик фізичної терапії, що допомагає в лікуванні різноманітних захворювань опорно-рухового апарату, травм та болів. Завдяки своїй безболісності, швидкому ефекту та широким можливостям застосування, УХТ стає важливим інструментом у медичній практиці. Вона дозволяє не тільки зняти біль, але й стимулює відновлення пошкоджених тканин, покращує кровообіг і прискорює процеси загоєння.

РОЗДІЛ 4. СУПЕРІНДУКТИВНА МАГНІТОТЕРАПІЯ: ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ЛІКУВАННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ

Магнітне поле є одним з широко використовуваних лікувальних фізичних факторів, відмінною особливістю якого є м'яка і щадна дія на організм людини і тварин, відсутність різких зрушень у діяльності основних фізіологічних систем організму, хороша переносимість лікувальних процедур. чних ефектів. Фізіологічні та лікувальні ефекти магнітних полів розвиваються поступово, поступово, для їх повного прояву та розвитку зазвичай потрібний тривалий курс (10–15 процедур), проте вони тривало зберігаються після проведеного курсу магнітної терапії [19, 20, 26, 27].

Магнітна терапія має широкі вікові рамки застосування і може успішно використовуватися як у осіб похилого віку, так і похилого віку та у неонатології. Може включатися до комплексної фізіотерапії з різноманітними лікувальними фізичними факторами, при цьому у багатьох випадках спостерігається не лише ефект підсумовування, а й ефект потенціації лікувальних ефектів.

Магнітотерапія є методом фізичного лікування, чинним фактором якого є постійне магнітне поле (ПМП), а також низькочастотне змінне магнітне поле (ПеМП) та імпульсне магнітне поле (ІМП). Магнітне поле (МП) не існує як самостійне фізичне явище, а знаходиться у нерозривному зв'язку з електричним полем (ЕП) як складова електромагнітного поля. Фізична природа електромагнітних полів двоєдина — їх нероздільними складовими є електричний і магнітний компоненти. Залежно від частоти електромагнітних коливань та параметрів їх модуляції, а також від конструкції лікувального терміналу, що впливає на пацієнта (електрони, випромінювачі, індуктори), у структурі поля переважає електричний або магнітний компоненти. Електромагнітні поля низької, високої, ультрависокої, надвисокої та вкрай високої частоти знаходять широке застосування у клінічній практиці [30, 55].

Електричний заряд, що спочиває джерелом постійного ЕП, у своїй магнітна складова поля дорівнює нулю. Силі лінії постійного ЕП починаються

на позитивному електричному заряді, поширюються радіально та завершуються на негативному електричному заряді.

Електричний заряд, що рухається, є джерелом не тільки ЕП, а й МП. Силкові лінії МП перпендикулярні лініям ЕП, вони мають форму концентричних замкнутих кілець, що оточують траєкторію руху електричного заряду, при цьому максимальна щільність силових ліній має місце безпосередньо біля заряду, що рухається. Напрямок силових ліній МП визначається за правилом свердла: рукоятка свердла правого обертання при поступальному переміщенні свердла вздовж траєкторії руху електричного заряду описує кола, що збігаються з напрямком силових ліній поля.

Якщо електричний заряд рухається з постійною швидкістю (постійний безперервний електричний струм), то магнітна складова поля дорівнює максимуму, а електрична дорівнює нулю. При поштовхоподібному русі електричного заряду (імпульсний струм) або при його зворотно-поступальному русі (змінний струм) переважає магнітна складова поля, а електрична складова пропорційна першій похідній силі струму.

Найбільш простим джерелом МП є лінійний провідник, яким йде електричний струм. Навколо такого провідника виникає МП, силкові лінії якого є множинними замкнутими концентричними кільцями, розташованими в площині, перпендикулярній електричному вектору. Дотичні до силових ліній вказують напрямок вектора напруженості в будь-якій точці поля.

У технічних та медичних магнітних пристроях джерелом МП є провідна дротяна котушка, що знаходиться під електричною напругою. Кожен виток котушки є одиничним джерелом МП. [1, 2, 26, 27].

МП котушки є сумою полів окремих витків. Силкові лінії поля котушки є концентричними замкнутими кільцями. Вони проходять через порожнину котушки, виходять із її апертури, огинають котушку зовні та замикаються у протилежній апертурі. Напрямок магнітних силових ліній залежить від напрямку струму в котушці і визначається за правилом свердловика. Апертура котушки,

з якої виходять силові лінії МП, відповідає її північному полюсу (N), а протилежна апертура, до якої входять силові лінії – її південному полюсу (S). Найбільша щільність силових ліній (напруженість) поля має місце у порожнині котушки та в її апертурах. Розмір напруженості МП котушки кратна числу її витків.

Розрізняється два типи котушок – електромагніти та соленоїди. У котушки електромагніта є феромагнітний сердечник. До феромагнетик належать такі хімічні елементи, як залізо, кобальт, нікель, самарій, іридій, а також деякі рідкісноземельні метали та хімічні сполуки. Феромагнетики сильно втягуються у зовнішні магнітні поля, посилюють їх багаторазово і мають властивість залишкового намагнічування - стають джерелами постійного МП після знаходження в зовнішньому МП. Феромагнітний сердечник підвищує напруженість поля котушки при проходженні по ній електричного струму в 8–10 разів. Робочими частинами котушки-електромагніту є її торці, на яких щільність силових ліній (напруженість) максимальна. Котушки-електромагніти використовуються для місцевих (осередкових, рефлекторних) методик магніто-терапії. Поле електромагніту неоднорідне, воно характеризується високим градієнтом напруженості. Тому проникаюча дія МП електромагнітів, які використовуються в лікувальних апаратах, не перевищує 8-10 см.

У котушок-соленоїдів відсутня сердечник, вони мають форму тора (кілець, муфта). Найбільша густина силових ліній (напруженість) поля є в порожнині соленоїда. Максимальна напруженість поля є у витків котушки, а мінімальна у її центрі. Порожнина є робочою частиною соленоїда. Соленоїди малого діаметра використовуються для місцевих впливів МП на кінцівки (рука, нога), а соленоїди великого діаметра – для загального впливу на організм пацієнта (магнітна ванна).

Котушки електромагніти та соленоїди є лікувальними терміналами (індукторами) апаратів для магнітотерапії, які є електричними генераторами, що перетворюють мережевий струм (220 В, 50 Гц).

Крім апаратів, лікувальними джерелами МП є пристрої магнітотерапії. Основа лікувальних магнітних пристроїв - феромагнітні матеріали різного виду та розміру, поміщені у зовнішню оболонку (кожух, корпус), яка складається з матеріалів, дозволених контакту з покриттями тіла, і намагнічені з допомогою зовнішнього постійного магнітного поля [3, 7, 10].

Джерелом магнетизму феромагнетиків є валентні електрони на зовнішніх орбітах атомів, що їх складають. Не спарені валентні електрони мають некомпенсованим магнітним моментом. Речовина феромагнетика розділена на області (домени), всередині яких розташовані атоми, валентні електрони яких обертаються впорядковано. Під впливом зовнішнього постійного МП відбувається упорядкування (синхронізація) обертання зовнішніх валентних електронів у всіх доменах, внаслідок чого домени «об'єднуються», і на кордонах феромагнетика виникає так званий молекулярний струм Ампера, який є джерелом постійного МП. Основні фізичні параметри, які визначають характер біологічного та лікувального дії МП:

- напруженість МП,
- магнітна індукція,
- форма МП,
- частота МП.

Напруженість та магнітна індукція є силовими характеристиками МП. Напруженість поля вимірюється у безповітряному просторі, а магнітна індукція – у реальних фізичних середовищах (повітря, вода, біологічні тканини). Оскільки магнітна проникність більшості предметів неорганічного та органічного світу, у тому числі тканин організму людини близька до магнітної проникності вакууму, відмінності між значеннями напруженості МП та магнітної індукції в межах завдань біологічного та медичного характеру несуттєві. Напруженість використовується для характеристики фізичних властивостей лікувального джерела МП, а магнітна індукція – при описі біофізичних та лікувальних феноменів.

Зміну величини магнітної індукції поля неможливо оцінити суб'єктивно, оскільки у людини відсутні спеціалізовані магнітні рецептори у покриттях тіла. Чисельне значення напруги МП та магнітної індукції визначається спеціальними вимірювальними приладами — тесламетрами (магнітометрами). Напруженість та індукція МП зменшуються прямо пропорційно квадрату відстані від джерела.

Напруженість МП вимірюється в міжнародній системі (СІ) — в амперах на метр (А/м).

Магнітна індукція вимірюється в міжнародній системі (СІ) у теслах (Тл).

У практиці фізіотерапії як основна одиниця вимірювання та дозування магнітної індукції використовується мілітесла (мТл).

Зручність використання даної одиниці виміру обумовлюється тим, що величина магнітної індукції лікувальних МП вимірюється в одиницях і десятках мТл (до 100 мТл), а граничне терапевтичне значення магнітної індукції в області патологічного вогнища становить не менше 1–1. Відстань від джерела МП, у якому магнітна індукція знижується рівня 1–1,5 мТл прийнято називати проникаючою дією поля [4, 7, 8, 10].

Форма МП — це параметр, що характеризує просторово-часові властивості вектора МП. Форма МП залежить від форми електричного струму, що збуджує МП. У фізіотерапії застосовується п'ять основних форм МП: постійна, змінна, імпульсна, високоамплітудна імпульсна, біжуча імпульсна.

Постійне магнітне поле виникає при пропусканні постійного безперервного струму через струмопровідну котушку. Для ПМП характерна сталість спрямування силових ліній, найменування полюсів котушки, напруженості МП. ПМП має м'яку, щадну лікувальну дію, яка розвивається поступово. Велика тривалість процедури (20–60 хв) та висока курсова доза (15–30 процедур) обумовлюють переважне використання ПМП у практиці домашньої (індивідуальної) фізіотерапії.

Змінне магнітне поле (ПемП) виникає при пропусканні змінного струму через токопровідну котушку. Напрямок силових ліній поля та найменування

полюсів постійно змінюється зі зміною напрямку струму, напруженість поля залежить від сили струму, що постійно змінюється.

Змінне магнітне поле викликає виразні лікувальні ефекти при невеликій тривалості процедури (15–30 хв) та малій курсовій дозі (10–15 процедур). ПеМП використовується в клінічній фізіотерапії, у тому числі для впливу на голову, ділянку серця, рефлексогенні зони, а також при гострому болю та вираженому ексудативному запаленні. При дії на голову, рефлексогенні зони, пов'язані з шийними та грудними сегментами спинного мозку, має седативну та гіпотензивну дію. Змінне магнітне поле, як правило, застосовується на початку курсу магнітотерапії або протягом усього курсу, якщо не показано використання ІМП.

Імпульсне магнітне поле виникає при пропусканні постійного або змінного імпульсного струму через струмопровідну котушку. Напрямок силових ліній поля та найменування полюсів постійний або змінний, поле збуджується у вигляді імпульсів (поштовхів), між якими є паузи. Напруженість поля залежить від сили струму, що змінюється, а в інтервалах між імпульсами дорівнює 0.

ІМП має виражену лікувальну дію при короткій тривалості процедури (12-20 хв) та малій курсовій дозі (10-15 процедур). Має виражену місцеву трофічну, судинну, протинабрякову, протизапальну дію. ІМП не рекомендується використовувати для впливу на голову, область серця, рефлексогенні зони, а також при гострому болю та вираженому ексудативному запаленні та на початку курсу магнітотерапії.

Високоамплітудне магнітне поле (ВІМП) виникає при пропусканні постійного імпульсного струму високої напруги з над-короткою тривалістю імпульсів (близько 100 мкс) через струмопровідну котушку. Напрямок силових ліній поля та найменування полюсів постійний, поле збуджується у вигляді надкоротких імпульсів (близько 100 мкс) з високою амплітудою (до 2–3

Тл), між імпульсами є паузи, тривалість яких на 3–4 порядки більша за імпульси. Напруженість поля залежить від сили струму, що змінюється, а в інтервалах між імпульсами дорівнює 0.

ВІМП характеризується особливими від інших форм МП фізіологічними та лікувальними властивостями. При амплітуді імпульсів 0,8–1,0 Тл і більше поле збуджує нервові волокна та стимулює м'язи. ВІМП використовується для стимуляції пошкоджених нервів та частково денервованих м'язів. При напруженості менше 0,8 Тл ВІМП має трофічну, судинну, протинабрякову, протизапальну дію [2-4].

Біжуче імпульсне магнітне поле (БІМП) виникає при переміщенні джерела поля в просторі. Імітація переміщення джерела МП досягається використанням серії котушок-індукторів, кожен з яких електричні імпульси подаються послідовно. Правильне розміщення котушок-індукторів забезпечує поширення поля у вигляді хвилі, що біжить. Різновидом БІМП є поле, що обертається (ВрМП).

БІМП та ВрМП мають додаткові біологічні та лікувальні ефекти в порівнянні з ПЕМП та ІМП, що пов'язано з наявністю ще одного параметра модуляції поля — просторового.

Частота МП -параметр, який служить для характеристики ПЕМП та ІМП, їх диференційованого застосування та дозування. Частотою визначається кратність зміни найменування полюсів ПЕМП та кратність імпульсів ІМП в одиницю часу — секунду. Частота вимірюється в с⁻¹ або у герцах (Гц). У лікувальній практиці застосовуються МП низької частоти (0-1000 Гц), причому найбільший ефект досягається при використанні нижнього регістру частот даного діапазону (0-100-200 с⁻¹). МП із частотою близько 100 с⁻¹ мають виражену центральну нейротропну лікувальну дію (седативну, гіпотензивну). При інфразвуковій частоті (0–20 с⁻¹) МП дають найбільш виразні місцеві лікувальні ефекти – трофічний, судинний, протизапальний, протинабряковий, десенсибілізуючий, болезаспокійливий [7-9].

Сучасна медицина постійно розвивається, шукаючи нові методи лікування та реабілітації, які б мінімізували побічні ефекти та максимізували терапевтичний ефект. Одним із таких перспективних напрямків є використання суперіндуктивних магнітних систем (СМС) у фізіотерапії. Ці системи базуються на принципах електромагнітної індукції та здатні генерувати високоінтенсивні магнітні поля, які мають значний вплив на біологічні тканини. У цій статті розглядаються основні принципи роботи СМС, а також механізми їх лікувального впливу на організм людини.

1. Основні принципи роботи суперіндуктивних магнітних систем

Суперіндуктивні магнітні системи (СМС) — це пристрої, які генерують високоінтенсивні пульсуючі магнітні поля за рахунок електромагнітної індукції. Основні принципи їх роботи можна описати наступним чином:

1. Генерація магнітного поля: СМС використовують електричні струми високої напруги, які проходять через котушки, створюючи магнітне поле. Це поле може бути як статичним, так і пульсуючим, залежно від конструкції пристрою [57]. Магнітне поле формується за рахунок взаємодії електричного струму з магнітними матеріалами, що дозволяє досягти високої інтенсивності та точності впливу на тканини організму.

2. Індукція в тканинах: Магнітне поле, що генерується СМС, індукуює електричні струми в біологічних тканинах. Ці струми впливають на клітинні мембрани, іонні канали та інші структури, що призводить до змін у фізіологічних процесах [48]. Наприклад, електричні струми можуть активувати іонні канали, що сприяє покращенню передачі сигналів між клітинами та нормалізації клітинних функцій.

3. Глибина проникнення: Однією з ключових переваг СМС є здатність магнітного поля проникати на значну глибину в тканини організму, що дозволяє впливати на внутрішні органи та структури без необхідності інвазивних процедур [65]. Це особливо важливо при лікуванні захворювань опорно-рухового апарату, де необхідно досягти глибоко розташованих тканин.

4. Контрольовані параметри: Сучасні СМС дозволяють точно регулювати параметри магнітного поля, такі як частота, інтенсивність та тривалість імпульсів, що забезпечує індивідуальний підхід до лікування [36]. Це дозволяє адаптувати терапію під конкретні потреби пацієнта, збільшуючи її ефективність.

Механізми лікувального впливу СМС на організм

Лікувальний вплив суперіндуктивних магнітних систем на організм людини базується на низці фізіологічних та біохімічних механізмів. Основні з них включають:

1. Покращення мікроциркуляції: Магнітне поле сприяє розширенню судин та покращенню кровообігу, що забезпечує краще постачання тканин киснем та поживними речовинами. Це також прискорює видалення продуктів обміну речовин, що сприяє регенерації тканин [16]. Покращення мікроциркуляції особливо важливе при лікуванні захворювань суглобів, де порушення кровообігу може призводити до дегенеративних змін.

2. Активація клітинного метаболізму: Електричні струми, індуковані магнітним полем, стимулюють активність клітин, зокрема синтез АТФ, що є основним джерелом енергії для клітин [11]. Це призводить до прискорення обмінних процесів та підвищення регенеративних можливостей тканин.

3. Зменшення запалення: СМС мають протизапальну дію, знижуючи рівень провоспальних цитокінів та активуючи механізми антиоксидантного захисту [34]. Це дозволяє зменшити біль та набряк уражених тканин, сприяючи їх швидшому відновленню.

4. Регенерація тканин: Магнітне поле стимулює проліферацію клітин та синтез колагену, що прискорює загоєння ран та відновлення тканин [67]. Це особливо важливо при лікуванні травм, опіків та хронічних ран, де процеси регенерації часто уповільнені.

5. Аналгетичний ефект: СМС знижують больову чутливість, впливаючи на нервові закінчення та модулюючи передачу больових сигналів [63]. Це

дозволяє зменшити біль без використання медикаментів, що особливо важливо для пацієнтів із хронічним больовим синдромом.

6. Імуномодуюча дія: Магнітне поле впливає на імунну систему, підвищуючи її активність та сприяючи боротьбі з інфекціями [71]. Це дозволяє використовувати СМС для лікування захворювань, пов'язаних із порушенням імунної функції.

7. Вплив на нервову систему: СМС можуть модулювати активність центральної та периферичної нервової системи, що використовується для лікування неврологічних захворювань [70]. Наприклад, магнітне поле може сприяти відновленню нервових волокон та покращенню передачі нервових імпульсів.

Суперіндуктивні магнітні системи знайшли широке застосування у фізіотерапії для лікування таких станів, як:

- остеоартрит та інші захворювання суглобів: СМС сприяють зменшенню больового синдрому, покращенню рухливості суглобів та регенерації хрящової тканини [83];
- травми м'язів та зв'язок: магнітне поле прискорює загоєння м'язових та зв'язкових тканин, зменшуючи час відновлення [75];
- хронічний больовий синдром: СМС ефективно знижують біль, що дозволяє зменшити залежність від анагетиків [85];
- порушення мікроциркуляції: магнітне поле покращує кровообіг, що особливо важливо для пацієнтів із діабетичною стопою або іншими порушеннями периферичного кровообігу [33];
- неврологічні захворювання: СМС використовуються для лікування невротій, радикулітів та інших захворювань нервової системи [42];
- рани та опіки: магнітне поле прискорює загоєння ран, сприяючи регенерації тканин [45].

Наукові дослідження підтверджують ефективність СМС у лікуванні різних захворювань. Проте для повного розуміння механізмів їх дії та оптимізації

методів лікування необхідні подальші дослідження [58]. Наприклад, дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу СМС на різні типи тканин, а також на розробку нових методів комбінованої терапії. [66, 69]

Суперіндуктивні магнітні системи представляють собою перспективний засіб фізіотерапії, який поєднує високу ефективність та мінімальну інвазивність. Їх лікувальний вплив базується на комплексі фізіологічних механізмів, що робить їх цінним інструментом у сучасній медицині.

РОЗДІЛ 5. ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ПРЕФОРМОВАНИХ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ: НОВА ПАРАДІГМА СУЧАСНОЇ ФІЗІОТЕРАПІЇ

Сучасна фізіотерапія знаходиться в постійному розвитку завдяки технологічним інноваціям, які значно змінюють підходи до лікування і реабілітації пацієнтів з різними патологіями. Оскільки попит на ефективні методи лікування та відновлення після травм і захворювань збільшується, фізичні терапевти шукають нові можливості для покращення результатів терапії. Одним із таких інноваційних підходів є використання високоенергетичних преформованих фізичних чинників, які за своєю суттю є сучасними і високотехнологічними методами лікування, що дозволяють досягати значних результатів у терапевтичній практиці. Ці методи активно використовуються для лікування болю, запалення, травм м'язів, суглобів і сухожиль, а також для відновлення після хірургічних втручань. Високоенергетичні преформовані фізичні чинники відкривають нові горизонти в медичній практиці, забезпечуючи швидке відновлення, зменшення болю і покращення загального самопочуття пацієнтів.

Преформованими фізичними чинниками називають фізичні агенти, які застосовуються для терапевтичного впливу на організм з чітко визначеними параметрами енергії, такими як інтенсивність, частота та тривалість впливу. Ці чинники передають енергію різного виду — механічну (ударні хвилі), світлову (лазер), магнітну (магнітотерапія) чи електричну (електростимуляція) — для стимулювання відновлювальних і терапевтичних процесів в тканинах організму.

В таблиці 5.1 наведено основні фізико-технічні характеристики та умови використання високоінтенсивних преформованих фізичних чинників, а в таблиці 5.2 принципи вибору та призначення високоінтенсивних преформованих фізичних чинників в різних клінічних ситуаціях.

Таблиця 5.1

Основні фізико-технічні характеристики та умови використання високоінтенсивних преформованих фізичних чинників

Пояснення	Радіальна ударно-хвильова терапія	Фокусована ударно-хвильова терапія	Лазер високої інтенсивності	Суперіндуктивна система
Енергія	акустична хвиля, що розсіюється	конвергентна акустична хвиля	лазерне випромінювання	електромагнітне поле
Механізм дії	поверхнева механічна стимуляція	глибока механічна стимуляція	лазерна біостимуляція	деполяризація нервів
Цільова тканина	сухожилля	сухожилля, кістки	клітинна репарація	нерви
Терапевтичний ефект	стимуляція загоєння при поверхневих тендинопатіях. лікування хронічного болю	усунення кальцифікатів. загоєння незрощень кісток і тендинопатій у сухожильно-кістковому з'єднанні	загоєння гострих травм протизапальний ефект купірування гострого болю	відновлення мобільності суглобів стимуляція і розслаблення м'язів контроль болю
Глибина проникнення	до 5 см. максимальна інтенсивність поширюється поверхнево	регульована глибина фокусної зони в діапазоні 0-35 мм. 15-50 мм. 30-65 мм	до 10 см	до 10 см
Спосіб застосування	ручний	ручний	без участі оператора/вручну	без участі оператора
Чутливість з боку пацієнта	відчуття тиску до виникнення легкого дискомфорту	відчуття тиску до виникнення легкого дискомфорту	інтенсивне нагрівання	скорочення м'язів або поколювання
Галузь медицини	ортопедія	ортопедія	ортопедія, спортивна медицина	ортопедія. неврологія.
Обмеження до застосування	загострення стану, область хребта, область голови	загострення стану, область хребта, область голови, органи, що містять гази	порушення чутливості, вимоги безпеки	область голови, металеві та електронні імплантовані пристрої
Матеріали для одноразового використання	гель	гель	відсутні	відсутні
Кількість терапій	10	5	5-10	5-10
Частота застосування	до 2 разів на тиждень	один раз на тиждень	максимально один раз на добу	максимально один раз на добу
Тривалість лікування	10 хв	5 хв	5-15 хв	до 10 хв

Таблиця 5.1

Принципи вибору та призначення високоінтенсивних преформованих фізичних чинників в різних клінічних ситуаціях

оказання	Радіальна ударно-хвильова терапія	Фокусована ударно-хвильова терапія	Лазер високої інтенсивності	Терапія із застосуванням суперіндуктивної системи
Гострий біль в спині	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія	терапія другого вибору
Хронічний біль в спині	необов'язково	необов'язково	необов'язково	терапія другого вибору
Дегенеративні захворювання	терапія другого вибору	першочергова терапія	необов'язково	необов'язково
Розтягнення суглобів	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія	терапія другого вибору
Дегенеративні захворювання	не застосовується	не застосовується	терапія другого вибору	першочергова терапія
Ревматоїдні захворювання	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія	терапія другого вибору
Кальцинати	терапія другого вибору	першочергова терапія	необов'язково	необов'язково
Поліпшення загоєння переломів	не застосовується	терапія другого вибору	необов'язково	першочергова терапія
Незрошення кісток	не застосовується	першочергова терапія	не застосовується	не застосовується
Блокування суглобів	не застосовується	не застосовується	необов'язково	першочергова терапія
Атрофія м'язів	не застосовується	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія
Гіпертонус м'язів	терапія другого вибору	необов'язково	необов'язково	необов'язково
Регенерація м'язів	необов'язково	необов'язково	терапія другого вибору	необов'язково
Травма м'язів	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія	необов'язково
Міофасціальний синдром	терапія другого вибору	необов'язково	необов'язково	необов'язково
еластичність м'язів	терапія другого вибору	терапія другого вибору	необов'язково	першочергова терапія
Тендинопатія	першочергова терапія	першочергова терапія	необов'язково	необов'язково
Пошкодження нервів	не застосовується	не застосовується	терапія другого вибору	першочергова терапія
Спортивні травми	не застосовується	не застосовується	першочергова терапія	необов'язково
Посттравматичні набряки	не застосовується	не застосовується	терапія другого вибору	необов'язково

Система преформованих фізичних чинників дає змогу максимально персоналізувати терапію, знижуючи ризик побічних ефектів і збільшуючи ефективність лікування. Залежно від потреб пацієнта та характеристик захворювання, можна налаштовувати параметри лікування так, щоб отримати найкращий результат.

Принцип дії високоенергетичних фізичних чинників базується на здатності цих методів проникати глибоко в тканини і стимулювати природні відновлювальні процеси, що дозволяє прискорити лікування, зменшити запалення, полегшити біль і відновити нормальну функцію тканин.

Суперіндуктивна система магнітотерапії базується на використанні високочастотного електромагнітного поля, яке генерує магнітні імпульси з індукцією до 2,5 Тесла. Основний принцип дії полягає у створенні потужного електромагнітного поля, що викликає поляризацію клітинних мембран та стимулює фізіологічні процеси у тканинах.

Головні механізми дії:

Електростимуляція м'язів: Магнітні імпульси створюють змінне електричне поле, яке збуджує нервові закінчення і викликає скорочення м'язових волокон. Цей ефект дозволяє тренувати м'язи навіть у разі відсутності активного руху, що є особливо важливим для пацієнтів з порушенням рухової функції.

Знеболення: Високоінтенсивне магнітне поле впливає на сенсорні нервові волокна, блокуючи передачу больових сигналів до центральної нервової системи. Воно також стимулює секрецію ендогенних опіоїдів, таких як ендорфіни, які природно зменшують біль. Додатково, магнітне поле впливає на зниження чутливості до болю шляхом модифікації активності больових рецепторів.

Стимуляція кровообігу: Під впливом магнітного поля відбувається розширення кровоносних судин (вазодилатація), що сприяє покращенню мікроциркуляції та посиленню обміну речовин у зоні впливу.

Прискорення регенеративних процесів: Магнітне поле активує фібробласти, що відповідають за утворення нової сполучної тканини. Це стимулює синтез колагену, який є основним структурним компонентом шкіри, сухожиль та зв'язок. Крім того, магнітотерапія позитивно впливає на остеобласти — клітини, що відповідають за регенерацію кісткової тканини, прискорюючи загоєння переломів.

Зменшення запалення: Електромагнітні імпульси модулюють активність імунних клітин, таких як макрофаги, що сприяє зниженню рівня прозапальних цитокінів. Водночас вони стимулюють процеси, які пригнічують розвиток запального набряку і сприяють відновленню гомеостазу у тканинах.

Вплив на нервову систему: Суперіндуктивна система магнітотерапії сприяє регенерації периферійних нервів за рахунок покращення мікроциркуляції та стимуляції аксонального транспорту.

У сучасній фізичній терапії лазер високої інтенсивності займає важливе місце завдяки своїм унікальним властивостям та широкому спектру застосування. Ця технологія поєднує ефективність, безпеку та зручність, що дозволяє використовувати її в різних галузях медицини, від лікування болю до стимуляції регенеративних процесів у тканинах.

Лазер високої інтенсивності працює на основі випромінювання світлових хвиль у вузькому спектрі, які концентруються у високопотужний пучок. Основними параметрами, що визначають ефективність лазера високої інтенсивності, є:

Довжина хвилі: Вибір довжини хвилі впливає на здатність лазера проникати у тканини. Найбільш поширені довжини хвиль для терапії знаходяться у діапазоні 810–1064 нм, що забезпечує проникнення до глибоких шарів тканин.

Інтенсивність: Висока потужність (до 12 Вт) дозволяє лазеру досягати терапевтичного ефекту навіть у глибоко розташованих структурах.

Режим роботи: Імпульсний або безперервний режим використовується залежно від потреб пацієнта.

Механізми впливу на тканини:

Фотохімічний ефект: Світло лазера взаємодіє з клітинними хромофорами, такими як цитохром С-оксидаза, що стимулює вироблення аденозинтрифосфату у мітохондріях. Це сприяє посиленню енергетичного обміну в клітинах, підвищує їх життєздатність та активує регенеративні процеси. Крім того, фотохімічний ефект сприяє збільшенню активності антиоксидантних систем, які захищають клітини від оксидативного стресу.

Фототермічний ефект: Лазерне випромінювання викликає нагрівання тканин у зоні впливу, що сприяє розширенню судин (вазодилатації) і поліпшенню мікроциркуляції. Підвищена температура також стимулює синтез колагену, важливого для загоєння ран, та зменшує м'язовий тонус, що допомагає зняти спазми.

Фотоневральний ефект: Під впливом лазера знижується збудливість нервових волокон, що призводить до зменшення больових відчуттів. Механізм дії включає модифікацію активності іонних каналів у мембранах нейронів, що блокує передачу больових імпульсів до центральної нервової системи. Додатково, лазер сприяє виділенню ендогенних опіоїдів, таких як ендорфіни, що забезпечує природне знеболення.

Протизапальна дія: Лазерне випромінювання впливає на імунні клітини, такі як макрофаги та лімфоцити, сприяючи зниженню вироблення прозапальних цитокінів (інтерлейкіну-6, фактора некрозу пухлин альфа) та стимулюючи секрецію протизапальних медіаторів. Це допомагає зменшити набряк, усунути запалення та відновити нормальну функцію тканин.

Активация лімфодренажу: Лазер високої інтенсивності стимулює рух лімфи, сприяючи виведенню продуктів розпаду та токсинів із ураженої зони. Це допомагає зменшити набряк і покращити регенерацію тканин.

Поліпшення обміну речовин: Лазер стимулює метаболізм у клітинах, збільшуючи швидкість синтезу білків і ферментів, необхідних для відновлення тканин. Цей ефект є особливо важливим для пацієнтів із хронічними дегенеративними захворюваннями.

Модуляція роботи нервової системи: Крім зменшення болю, лазер впливає на вегетативну нервову систему, сприяючи нормалізації м'язового тону та зменшенню рівня стресу. Це є важливим для комплексної реабілітації пацієнтів.

Ударно-хвильова терапія є потужним методом фізичної терапії, що базується на використанні акустичних хвиль високої інтенсивності для стимулювання регенеративних процесів в тканинах, зменшення болю та покращення загального функціонального стану пацієнтів. Принципи її дії включають різноманітні механізми, що охоплюють як фізичні, так і біологічні процеси на клітинному та тканинному рівнях:

Знеболювальна дія (анальгезія): Одним із основних ефектів ударно-хвильової терапії є знеболювальний ефект. Акустичні хвилі, що передають енергію до тканин, створюють мікротравми на клітинному рівні, що запускає процеси, які блокують біль. Ці хвилі взаємодіють з нервовими закінченнями в уражених тканинах і зменшують передачу больових імпульсів.

Блокування больових імпульсів: Ударні хвилі активують механорецептори в нервових волокнах, що призводить до швидкої блокади передачі больових сигналів до центральної нервової системи. Це знижує сприйняття болю на фізіологічному рівні.

Вивільнення ендорфінів: Акустичні хвилі стимулюють вивільнення ендорфінів — природних знеболювальних сполук організму. Ці гормони мають анальгезуючу дію і знижують больові відчуття, створюючи ефект "відключення" болю.

Вплив на нейропептиди: Ударні хвилі також можуть зменшувати рівень нейропептидів, таких як субстанція Р, які відповідають за передачу болю. Їх інгібування веде до зменшення больової чутливості.

Стимуляція кровообігу та лімфообігу: Енергія ударних хвиль має здатність стимулювати кровообіг і лімфообіг, що є важливим аспектом у лікуванні

різних травм і хронічних захворювань. Хвилі сприяють розширенню кровоносних судин, покращуючи доставку кисню та поживних речовин до уражених тканин, а також полегшують виведення продуктів метаболізму.

Стимуляція регенерації тканин: Один із ключових механізмів ударно-хвильової терапії полягає в її здатності активувати процеси відновлення пошкоджених тканин. Ударно-хвильова терапія стимулює метаболічну активність клітин і сприяє прискоренню регенерації м'язів, сухожилків, хрящів та інших структур.

Активація фібробластів і синтез колагену: Ударні хвилі стимулюють фібробласти — клітини, які відіграють важливу роль у відновленні сполучної тканини, зокрема у виробленні колагену.

Прискорення загоєння: Стимуляція колагенового синтезу дозволяє значно прискорити процеси загоєння пошкоджених тканин, що важливо при хронічних ушкодженнях або після травм.

Стимуляція ангіогенезу: Ангіогенез — це процес утворення нових кровоносних судин, який є важливим для відновлення пошкоджених тканин, особливо в разі хронічних або важких ушкоджень. Ударні хвилі стимулюють цей процес, що забезпечує більш ефективне кровопостачання в зону лікування.

Зростання нових капілярів: Під впливом ударних хвиль активується утворення нових дрібних судин (капілярів), що забезпечує підвищення рівня насичення тканин киснем і поживними речовинами. Це сприяє покращенню загоєння пошкоджених тканин.

Покращення васкуляризації: Збільшення кількості кровоносних судин в уражених зонах дозволяє прискорити процеси відновлення, оскільки забезпечується більш ефективне транспортування необхідних елементів до клітин і виведення відходів метаболізму.

Метаболічна стимуляція та підвищення енергетичного обміну: Ударні хвилі активують клітинні процеси, підвищуючи метаболічну активність тка-

нин. Це включає стимуляцію вироблення аденозинтрифосфату, а також активізацію ферментативних процесів, що сприяють відновленню і нормалізації функцій клітин.

Покращення енергетичного обміну: Підвищена активність мітохондрій — "енергетичних станцій" клітин — стимулює вироблення АТФ. Це дозволяє клітинам швидше відновлювати пошкоджені структури та прискорювати загоєння тканин.

Ферментативна активність: Ударні хвилі активують різні ферменти, які беруть участь у синтезі білків, відновленні клітинних мембран і інших процесах, що сприяють нормалізації клітинного обміну.

Вплив на тканинний метаболізм і загоєння сухожилків, зв'язок та м'язів: Ударно-хвильова терапія сприяє відновленню пошкоджених тканин, зокрема сухожилків і зв'язок, через активацію процесів їх регенерації. Цей ефект виникає через фізичні коливання, які допомагають розслабити спазмовані тканини і стимулюють відновлення пошкоджених структур.

Розслаблення м'язів: Під впливом ударних хвиль знижується м'язовий тонус, що допомагає зменшити спазми і полегшує рухливість суглобів.

Переваги високоенергетичних преформованих фізичних чинників:

1. Швидкість і ефективність лікування: Однією з головних переваг високоенергетичних фізичних чинників є їх швидка дія. Пацієнти відчують полегшення болю, зменшення запалення та покращення рухливості вже після кількох процедур. Це робить ці методи дуже ефективними для швидкого відновлення після травм або хірургічних втручань.

2. Мінімальна інвазивність: Високоенергетичні методи є безболісними та не потребують хірургічного втручання, що знижує ризик ускладнень, інфекцій і побічних ефектів. Ці методи є малотравматичними та дозволяють уникнути необхідності в прийомі ліків або проведенні операцій.

3. Безпека і точність: Завдяки передовим технологіям, високоенергетичні преформовані фізичні чинники забезпечують високу точність впливу,

що дозволяє уникнути пошкоджень здорових тканин і мінімізувати побічні ефекти.

4. Індивідуалізація лікування: Ці методи дозволяють налаштовувати параметри терапії під кожного пацієнта з урахуванням його стану та потреб. Це значно підвищує ефективність лікування і знижує ризик непередбачених реакцій організму на терапію.

5. Міждисциплінарний підхід: Високоенергетичні фізичні чинники можуть бути використані як частина комплексної терапії разом з іншими методами лікування, такими як масаж, кінезіотерапія та медикаментозне лікування, що дозволяє досягти максимальних результатів.

Високоенергетичні преформовані фізичні чинники — це інноваційні методи, які змінюють традиційний підхід до фізіотерапевтичного лікування. Вони мають значний терапевтичний потенціал, дозволяючи досягати швидких і стійких результатів у лікуванні травм, захворювань м'язів і суглобів, а також у відновленні після операцій. Завдяки високій точності, мінімальній інвазивності та безпеці ці методи стають все більш популярними у медичній практиці і відкривають нові горизонти для покращення якості життя пацієнтів. Їх подальший розвиток і інтеграція з іншими методами лікування та реабілітації забезпечить ще більшу ефективність і доступність сучасної фізичної терапії.

ВИСНОВКИ

1. Високоенергетичні фізичні чинники забезпечують швидкий і виражений терапевтичний ефект завдяки інтенсивному впливу на тканини. Вони дозволяють досягти помітного поліпшення вже після перших процедур, що особливо важливо при гострих станах. Ці методи ефективно зменшують біль, прискорюють регенерацію тканин і знімають запалення. Високоінтенсивні імпульси або хвилі активно впливають на нервові закінчення, блокуючи передачу больових сигналів і стимулюючи вироблення ендорфінів. Одночасно вони покращують мікроциркуляцію, забезпечуючи краще постачання кисню та поживних речовин до уражених ділянок. Це робить їх ідеальними для реабілітації після травм, лікування хронічного болю та відновлення після операцій.

2. Високоенергетичні методи є безпечною альтернативою хірургічним втручанням і тривалому медикаментозному лікуванню. Вони не порушують цілісність шкіри, що виключає ризик інфекцій і кровотеч. Більшість процедур не викликають больових відчуттів, що робить їх комфортними для пацієнтів. Важливою перевагою є можливість зменшити або повністю припинити прийом знеболювальних та протизапальних препаратів. Це особливо актуально для пацієнтів із супутніми захворюваннями, людей похилого віку та спортсменів, яким потрібне швидке відновлення без зайвого фармакологічного впливу.

3. Сучасні апарати для високоенергетичної терапії забезпечують точний вплив на патологічні ділянки без ушкодження здорових тканин. Завдяки регульованим параметрам можна контролювати глибину та інтенсивність впливу, мінімізуючи ризик побічних ефектів. Фокусована ударно-хвильова терапія діє лише на зону запалення, не впливаючи на навколишні тканини. NLT-лазер проникає на глибину до 12 см, що дозволяє ефективно лікувати глибокі м'язові та суглобові патології. Це робить методи придатними навіть для дітей та пацієнтів з підвищеною чутливістю.

4.Ключовою перевагою високоенергетичних методів є можливість персоналізації лікування. Параметри терапії можна регулювати залежно від інтенсивності болю, типу патології та індивідуальних особливостей пацієнта. Це дозволяє ефективно лікувати хронічні захворювання, які не піддаються стандартній терапії. Професійні спортсмени отримують можливість інтенсивної, але щадної реабілітації. Пацієнти з алергіями або непереносимістю ліків можуть отримати ефективне лікування без фармакологічного навантаження.

5.Високоенергетичні методи відмінно поєднуються з іншими видами лікування, посилюючи їхній ефект. Вони доповнюють масаж і мануальну терапію, сприяючи розслабленню м'язів і покращенню проникності тканин. У поєднанні з ЛФК і кінезіотерапією вони прискорюють відновлення рухливості. Комбінація з медикаментозною терапією підвищує ефективність ліків за рахунок покращення кровообігу. Такий комплексний підхід дозволяє досягти максимальних результатів у лікуванні та реабілітації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакалюк, Т. Г., та ін. (2020). *Преформовані фізичні чинники у фізичній реабілітації (у схемах, алгоритмах, рисунках, таблицях)*. Тернопіль: Укрмедкнига. 124 с.
2. Богдановська, Н. В., & Кальонова, І. В. (2020). *Фізична реабілітація засобами фізіотерапії: підручник*. Суми: Університетська книга. 328 с.
3. Волох, Ф. О., Малахов, В. О. (ред.), та ін. (2021). *Немедикаментозні методи лікування у неврології: Монографія (Т. 1)*. Суми: Вінниченко М. Д. 396 с.
4. Волох, Ф. О., Малахов, В. О. (ред.), та ін. (2021). *Немедикаментозні методи лікування у неврології: Монографія (Т. 2)*. Суми: Вінниченко М. Д. 406 с.
5. Вся продукція - фізіотерапія. *BTL Corporate*. URL: <https://www.btl.ua/rehabilitation-orthopedics> (дата звернення: 08.06.2025).
6. Добровольська, Н. А. (ред.), та ін. (2021). *Практичні аспекти фізичної терапії та ерготерапії*. Київ: Видавництво "Гельветика". 368 с.
7. Малахов, В. О. (ред.), та ін. (2021). *Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Збірник лекцій*. Харків: Харківська медична академія післядипломної освіти. 400 с.
8. Сокрут, В. М. (ред.), та ін. (2019). *Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина: Підручник (Т. 1)*. Краматорськ: Каштан. 480 с.
9. Яковенко, Н. П., & Самойленко, В. Б. (2018). *Фізіотерапія (2-е вид.)*. Київ: Медицина. 256 с.
10. Яримбаш, К. С., Дорофєєва, О. Є., & Афанасьєва, О. С. (2020). *Фізична реабілітація осіб з особливими потребами*. Дніпро: Журфонд. 215 с.
11. Aaron, R. K., & Ciombor, D. M. (1996). Acceleration of experimental endochondral ossification by biophysical stimulation of the progenitor cell pool. *Journal of Orthopaedic Research*, 14(4), 582-589.
12. Al-Abbad, H., & Allen, S. (2020). *The Efficacy of Shockwave Therapy in Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review*. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 15(1), 497.

- 13.Anders, J. J., et al. (2015). Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(4), 183-184.
- 14.Arienti, C., Gimigliano, F., Pollet, J., & Negrini, S. (2018). Cochrane Rehabilitation: un nuovo field per la produzione e disseminazione delle evidenze [Cochrane Rehabilitation: a new field for evidence production and dissemination]. *Recenti Progressi in Medicina*, *109*(2), 127–129.
- 15.Avci, P., et al. (2013). Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, 32(1), 41-52.
- 16.Bassett, C. A. L. (1993). Beneficial effects of electromagnetic fields. *Journal of Cellular Biochemistry*, 51(4), 387-393.
- 17.Bjordal, J. M., et al. (2003). Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomedicine and Laser Surgery*, 21(6), 533-539.
- 18.Bjordal, J. M., et al. (2006). A systematic review with procedural assessments and meta-analysis of low-level laser therapy in lateral elbow tendinopathy (tennis elbow). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7(1), 1-10.
- 19.Braddom, R. L. (2011). *Physical medicine and rehabilitation*. Elsevier Science. 1536 p.
- 20.Cameron, M. (2018). *Physical agents in rehabilitation: An evidence-based approach to practice* (5th ed.). Elsevier. 464 p.
- 21.Chen, Y., et al. (2023). *Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy for Plantar Fasciitis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. *Journal of Foot and Ankle Research*, 16(1), 15.
- 22.Chen, Y.-W., et al. (2020). *Extracorporeal Shock Wave Therapy for Bone Regeneration: Translational Challenges*. *Journal of Orthopaedic Translation*, 23, 1–9.
- 23.Chow, R. T., et al. (2006). 830 nm laser irradiation induces varicosity formation, reduces mitochondrial membrane potential and blocks fast axonal flow in small and medium diameter rat dorsal root ganglion neurons: implications for the analgesic effects of 830 nm laser. *Journal of the Peripheral Nervous System*, 11(1), 28-39.

24. Chow, R. T., et al. (2009). Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active-treatment controlled trials. *The Lancet*, 374(9705), 1897-1908.
25. Clavijo, R. I., et al. (2020). *Low-Intensity Shockwave Therapy for Erectile Dysfunction: A Review of Current Evidence*. *Sexual Medicine Reviews*, 8(3), 431–443.
26. Cristian, A., & Batmangelich, S. (2015). *Physical medicine and rehabilitation: Competency-based practice*. Demos Medical Publishing. 409 p.
27. Cuccurullo, S. J. (2020). *Physical medicine and rehabilitation board review* (4th ed.). Springer Publishing Company. 1992 p.
28. d'Agostino, M. C., et al. (2021). *Extracorporeal Shock Wave Therapy: Current Perspectives and Future Directions*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(21), 11521.
29. de Freitas, L. F., & Hamblin, M. R. (2016). Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 22(3), 7000417.
30. DeLisa, J. A. (Ed.). (2010). *DeLisa's physical medicine and rehabilitation* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins. 2432 p.
31. El-Bialy, T., et al. (2021). *Shockwave Therapy in Regenerative Medicine: Emerging Trends*. *Stem Cell Reviews and Reports*, 17(4), 1234–1246.
32. Enwemeka, C. S., et al. (2004). The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 22(4), 323-329.
33. Fassina, L., et al. (2006). Electromagnetic stimulation improves the osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells cultured on gelatin scaffolds. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 1(3), 180-188.
34. Fini, M., et al. (2008). Effect of pulsed electromagnetic field stimulation on knee cartilage, subchondral and epiphyseal trabecular bone of aged Dunkin Hartley guinea pigs. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 62(10), 709-715.

- 35.Fojecki, G. L., et al. (2022). *Effect of Low-Intensity Extracorporeal Shockwave Therapy on Erectile Dysfunction: A Systematic Review and Meta-Analysis*. The Journal of Sexual Medicine, 19(4), 552–563.
- 36.Funk, R. H., et al. (2009). Electromagnetic effects—From cell biology to medicine. *Progress in Histochemistry and Cytochemistry*, 43(4), 177-264.
- 37.Gao, L., et al. (2020). *Shock Wave Therapy for Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Journal of Cardiovascular Pharmacology, 76(5), 550–558.
- 38.Garrido, F. V., & Munoz, F. M. (Eds.). (2015). *Advanced techniques in musculoskeletal medicine and physiotherapy*. Elsevier. 544 p.
- 39.Hamblin, M. R. (2017). Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS Biophysics*, 4(3), 337-361.
- 40.Hashmi, J. T., et al. (2010). Effect of pulsing in low-level light therapy. *Lasers in Surgery and Medicine*, 42(6), 450-466
- 41.Huang, Y. Y., et al. (2009). Biphasic dose response in low-level light therapy. *Dose-Response*, 7(4), 358-383.
- 42.Jing, D., et al. (2013). Pulsed electromagnetic fields improve bone microstructure and strength in ovariectomized rats. *Calcified Tissue International*, 92(4), 343-354.
- 43.Karu, T. (2010). Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in context of new data about multiple roles of ATP. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(2), 159-160.
- 44.Karu, T. I. (1999). Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 49(1), 1-17.
- 45.Li, J. K., et al. (2015). Pulsed electromagnetic fields enhance BMP-2 dependent osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells. *Journal of Orthopaedic Research*, 33(7), 957-966.
- 46.Li, T., et al. (2022). *Extracorporeal Shock Wave Therapy Enhances Motor Recovery in Post-Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Frontiers in Neurology, 13, 829213.

- 47.Liao, C.-D., et al. (2023). *Molecular Mechanisms of Extracorporeal Shock Wave Therapy in Tissue Repair*. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 11, 1125632.
- 48.Markov, M. S. (2007). Pulsed electromagnetic field therapy history, state of the art and future. *Environmentalist*, 27(4), 465-475.
- 49.Mester, E., et al. (1971). Effect of laser rays on wound healing. *American Journal of Surgery*, 122(4), 532-535.
- 50.Mittermayr, R., & Antonic, V. (2024). *Next-Generation Shockwave Devices: Technological Advances and Clinical Implications*. *Advanced Science*, 11(1), 2304875.
- 51.Mittermayr, R., et al. (2022). *Shock Wave Therapy: From Physical Principles to Biomedical Applications*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 185, 114296.
- 52.Notarnicola, A., & Moretti, B. (2012). The biological effects of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) on tendon tissue. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 2(1), 33-37.
- 53.Notarnicola, A., & Moretti, B. (2022). *The Biological Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy: A Review*. *Life*, 12(3), 365.
- 54.Notarnicola, A., & Moretti, B. (2022). *Extracorporeal Shock Wave Therapy in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review*. *Life*, 12(3), 365.
- 55.O'Sullivan, S. B., Schmitz, T. J., & Fulk, G. D. (Eds.). (2014). *Physical rehabilitation* (6th ed.). F.A. Davis Company. 1536 p.
- 56.Porter, S. (Ed.). (2013). *Tidy's physiotherapy* (15th ed.). Churchill Livingstone. 668 p.
- 57.Ross, C. L., & Harrison, B. S. (2013). Effect of pulsed electromagnetic field on inflammatory pathway markers in RAW 264.7 murine macrophages. *Journal of Inflammation Research*, 6, 45-51.
- 58.Rossini, M., et al. (2010). Bone regeneration in osteoporosis: The role of pulsed electromagnetic fields. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(5-6), 362-369.
- 59.Russo, S., et al. (2022). *Focused Shockwave Therapy for Cancer-Related Pain: Mechanisms and Clinical Potential*. *Journal of Pain Research*, 15, 1–15.

60. Saggini, R., et al. (2019). *Extracorporeal Shock Wave Therapy for Chronic Wounds: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Wound Repair and Regeneration*, 27(5), 527–540.
61. Schmitz, C., Császár, N. B., & Milz, S. (2015). Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for orthopedic conditions: A systematic review on studies listed in the PEDro database. *British Medical Bulletin*, 116(1), 115-138.
62. Schmitz, C., et al. (2020). *Efficacy and Safety of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Orthopedic Conditions: A Systematic Review*. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2384.
63. Selvam, R., et al. (2007). Low frequency and low intensity pulsed electromagnetic field exerts its antiinflammatory effect through restoration of plasma membrane calcium ATPase activity. *Life Sciences*, 80(26), 2403-2410.
64. Speed, C. A. (2014). Extracorporeal shock-wave therapy in the management of chronic soft-tissue conditions. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 86(2), 165-171.
65. Strauch, B., et al. (2009). Evidence-based use of pulsed electromagnetic field therapy in clinical plastic surgery. *Aesthetic Surgery Journal*, 29(2), 135-143.
66. Tepper, O. M., et al. (2004). Electromagnetic fields increase in vitro and in vivo angiogenesis through endothelial release of FGF-2. *FASEB Journal*, 18(11), 1231-1233.
67. Trock, D. H., et al. (1994). The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double-blind, placebo controlled trials. *Journal of Rheumatology*, 21(10), 1903-1911.
68. Tumilty, S., et al. (2010). Low-level laser treatment of tendinopathy: a systematic review with meta-analysis. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(1), 3-16.
69. Varani, K., et al. (2002). Alteration of A2A adenosine receptors in human neutrophils and low frequency electromagnetic fields. *Biochemical Pharmacology*, 64(2), 189-195.
70. Vianale, G., et al. (2008). Extremely low frequency electromagnetic field enhances human keratinocyte cell growth and decreases proinflammatory chemokine production. *British Journal of Dermatology*, 158(6), 1189-1196.

- 71.Vincenzi, F., et al.(2013). Pulsed electromagnetic fields increased the anti-inflammatory effect of A2A and A3 adenosine receptors in human T/C-28a2 chondrocytes and hFOB 1.19 osteoblasts. *PLoS One*, 8(5), e65561.
- 72.Wang, C. J. (2012). Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 7(1), 1-8.
- 73.Wang, C.-J. (2023). *Extracorporeal Shockwave Therapy: An Update on Mechanisms of Action and Clinical Applications*. *Biomedicines*, 11(3), 827.
- 74.Wang, F., et al. (2022). *Shockwave Therapy for Diabetic Foot Ulcers: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 185, 109785.
- 75.Wang, Z., et al. (2018). Pulsed electromagnetic fields attenuate glucocorticoid-induced bone loss by targeting senescent LepR⁺ bone marrow mesenchymal stromal cells. *Biomaterials*, 183, 22-35.
- 76.World Health Organization. (2021). Musculoskeletal conditions. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- 77.Wu, K.-T., et al. (2023). *Shockwave Therapy for Peripheral Neuropathy: A Systematic Review*. *Journal of Clinical Neuroscience*, 107, 1–8.
- 78.Wu, Y.-T., et al. (2021). *Shockwave Therapy for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Controlled Trial*. *Journal of Clinical Medicine*, 10(16), 3574.
- 79.Yang, P., et al. (2023). *Cardiac Shock Wave Therapy Improves Myocardial Perfusion in Chronic Refractory Angina: A Meta-Analysis*. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 46, 1–8.
- 80.Zadnik, P. L., et al. (2023). *Personalized Shockwave Therapy: The Role of Biomarkers in Treatment Optimization*. *Personalized Medicine*, 20(2), 145–160.
- 81.Zhang, X., et al. (2021). *Biological Mechanisms of Shockwave Therapy in Musculoskeletal Disorders: A Narrative Review*. *Journal of Orthopaedic Translation*, 28, 1–9.

- 82.Zhang, X., et al. (2021). *Shockwave Therapy for Rotator Cuff Tendinopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis*. The American Journal of Sports Medicine, 49(2), 449–459.
- 83.Zhang, X., et al. (2016). Pulsed electromagnetic fields promote bone formation by activating the sAC-cAMP-PKA-CREB signaling pathway. *Journal of Cellular Physiology*, 231(7), 1581-1589.
- 84.Zhang, Y., & Jordan, J. M. (2010). Epidemiology of osteoarthritis. *Clinics in Geriatric Medicine*, 26(3), 355-369.
- 85.Zhou, J., et al. (2011). Effects of pulsed electromagnetic fields on bone mass and Wnt/ β -catenin signaling pathway in ovariectomized rats. *Archives of Medical Research*, 42(4), 309-317.
- 86.Zimmermann, R., et al. (2021). *Extracorporeal Shock Wave Therapy for Chronic Prostatitis/Chronic Pelvic Pain Syndrome: A Systematic Review*. Urology, 156, e1–e9.

ДОДАТКИ

Додаток А

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Нечаєв В. Ю., Бондаренко С. В. Ударно-хвильова терапія як метод фізичної терапії: теоретичне підґрунтя, механізми дії, клінічні можливості / наук. кер. Черепок О. О. // *The VII International Scientific and Theoretical Conference “Scientific forum: theory and practice of research”*, 31.01.2025, Valencia, Kingdom of Spain. — С. 302–306.
2. Бондаренко С. В., Нечаєв В. Ю. Високоенергетичні преформовані фізичні чинники – нова парадигма сучасних фізіотерапевтичних втручань у фізичній терапії / наук. кер. Черепок О. О. // *Modernization of today’s science: experience and trends*, 24.01.2025, Singapore, Republic of Singapore. — С. 315–321.

IST № 25/2401-110

0,2 ECTS credits



CERTIFICATE
OF PARTICIPATION

Serhii Bondarenko

participated in the VII International Scientific and Theoretical Conference

Modernization of today's science: experience and trends

24.01.2025 | Singapore, Republic of Singapore

and published scientific paper in the Collection of scientific papers «SCIENTIA»
with DOI 10.36074/scientia-24.01.2025 and ISBN 979-8-88955-766-1 (series) Bowker

The conference is included in the Academic Resource Index ResearchBib catalog
and UKRISTEI catalog (Certificate № 412 dated June 12, 2024);



President of the International
Center of Scientific Research
Registration number in the Unified Register of Public Associations: 1499141

MIRIAM GOLDENBLAT
www.scientia.report



IST № 25/3101-095

0,2 ECTS credits



CERTIFICATE
OF PARTICIPATION

Serhii Bondarenko

participated in the VII International Scientific and Theoretical Conference

Scientific forum: theory and practice of research

31.01.2025 | Valencia, Kingdom of Spain

and published scientific paper in the Collection of scientific papers «SCIENTIA»
with DOI 10.36074/scientia-31.01.2025 and ISBN 979-8-88955-787-6 (series) Bowker

The conference is included in the Academic Resource Index ResearchBib catalog
and UKRISTEI catalog (Certificate № 413 dated June 12, 2024);



President of the International
Center of Scientific Research
Registration number in the Unified Register of Public Associations: 1499141

MIRIAM GOLDENBLAT
www.scientia.report



Додаток В



Довідка

Матеріали кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти освітньо-професійної програми «Фізична терапія» другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань за спеціальністю 227 «Терапія та реабілітація» спеціалізації 227.01 «Фізична терапія» Запорізького державного медико-фармацевтичного університету Бондаренко Сергія Володимировича на тему «ТЕРАПЕВТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ПРЕФОРМОВАНИХ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ В СУЧАСНІЙ ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ» використовуються у відділенні неврології та реабілітації, зокрема при реабілітації хворих неврологічного та травматологічного профілю.

Підпис

Serhii Bondarenko
16.04.25

