

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
МЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА КУРОРТОЛОГІЇ

МАКОЛІНЕЦЬ ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ

УДК 615.849.11:616.71

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ
ЗАСТОСУВАННЯ ГІПЕРВИСОКОЧАСТОТНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ
ТРАВМАТИЧНИХ ТА ДИСТРОФІЧНИХ
ПОРУШЕННЯХ У
КІСТКОВІЙ І ХРЯЦОВІЙ ТКАНИНАХ**

14.01.33 – курортологія та фізіотерапія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора медичних наук

Одеса – 1999

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському науково-дослідному інституті ортопедії та травматології ім. проф. М.І.Ситенка МОЗ України.

Науковий консультант: доктор медичних наук, професор
ТОНДІЙ Леонід Дмитрович,
Харківський інститут удосконалення лікарів,
завідуючий кафедрою фізіотерапії і
курортології

Офіційні опоненти: доктор медичних наук, професор
ШМАКОВА Ірина Петрівна,
Одеський державний медичний університет
МОЗ України, професор кафедри сімейної і
народної медицини
доктор медичних наук, доцент
БАЖАН Катерина Василівна,
Українська медична стоматологічна академія
МОЗ України, професор кафедри
удосконалення лікарів-терапевтів
доктор медичних наук, професор
БРУСКО Антон Тимофійович,
Український НДІ травматології та ортопедії
МОЗ України, керівник відділу
патоморфології та патофізіології

Провідна установа: Кримський державний медичний університет
ім.С.І.Георгієвського МОЗ України, кафедра медичної
реабілітації, фізіотерапії і курортології факультету
післядипломної освіти

Захист відбудеться “___” _____ 1999 р. об ____ г. на засіданні спеціалі-
зованої вченої ради Д 41.608.01 в Українському НДІ медичної реабілітації
та курортології МОЗ України (270014, Одеса, пров. Лермонтовський, 6).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського НДІ медичної ре-
абілітації та курортології МОЗ України (270014, Одеса, пров. Лермонтовський,6).

Автореферат розісланий “___” травня 1999 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат медичних наук,
старший науковий співробітник

Дмитрієва Г.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

В наш час на підставі експериментальних досліджень і клінічних спостережень встановлено, що низькоінтенсивне випромінення в діапазоні ультрафіолетової, видимої та інфрачервоної областей електромагнітного спектра здатне викликати терапевтичний ефект (Ю.Л. Арзуманов с соавт., 1997; И.З.Самосюк с соавт., 1997). Виявлено високу біологічну та терапевтичну ефективність низькоінтенсивного крайньо високочастотного випромінення (КВЧ) в діапазоні міліметрової довжини хвиль (О.В.Бецкий, 1993; Ю.Ф.Каменев с соавт., 1997).

У зв'язку з цим великий інтерес становлять дослідження реакцій організму на вплив ще більш короткохвильового - субміліметрового, гіпервисокочастотного випромінення (ГВЧ) з довжиною хвиль від 1 мм до 0,1 мм і відповідними частотами (300...3000ГГц). Саме в цьому діапазоні виявлено квантові, енергетичні переходи у кристалах амінокислот (Т.Л.Ботте с соавт., 1989), знаходяться спектри різноманітних внутрішньомолекулярних рухів великих біомолекул, коливань атомів в органічних сполуках і водневих зв'язків (В.Я.Малеев, 1965; В.Уильямс, Х.Уильямс, 1976; R.M.Levy et al., 1984; К.С.Chou, 1985). Зокрема, значна частина коливально-обертального спектра води знаходиться у діапазоні ГВЧ, а саме вода є одним із головних компонентів, що входять до складу такої високорганізованої біосистеми, якою є живий організм (В.Я.Малеев, 1965; Г.А.Андреев с соавт., 1980). Тому існує імовірність виникнення в ньому специфічних реакцій на когерентне ГВЧ-випромінення, що генерується молекулярними лазерами, в яких за активне середовище використовують органічні речовини (молекули H_2O , HCN , DCN та ін.). Так, наприклад, існують дані, що ГВЧ-випромінення стимулює проростання насіння, ріст і досягання рослин (Mi.Zhengyu, 1989). Дослідження впливу цього випромінення на організм тварин і людини не виконувались. Специфіка ГВЧ-діапа-

зону зумовлена і тим, що з боку високочастотної області він межує з інфрачервоною (ІЧ) ділянкою спектра, тобто щільно прилягає до оптичного діапазону, а з боку низькочастотної області - з хвилями КВЧ-діапазону. Тому ГВЧ-випромінення теоретично може мати широкий спектр фізичних властивостей, характерних для обох суміжних областей.

Ця частина електромагнітного спектра до недавнього часу використовувалась тільки для дослідницьких і спеціальних робіт внаслідок технічних та технологічних труднощів створення відповідної апаратури. З появою когерентних монохроматичних джерел ГВЧ-випромінення - лазерів почався активний пошук нових галузей застосування цих хвиль. Однією з них є медицина, зокрема, ортопедія та травматологія, де ГВЧ-терапія, поряд з відомими методами КВЧ- та ІЧ-терапії, може бути використана як один із нових засобів фізіотерапевтичного лікування хворих при низці захворювань опорно-рухової системи, особливо у пацієнтів, для яких стандартні лікарські засоби часто виявляються не тільки малоефективними, але й протипоказаними.

В літературі зустрічаються повідомлення про позитивний вплив енергії оптичних квантових генераторів на відновлювальні процеси (М.А.Каплан, И.В.Манаев, 1992; В.И.Козлов, В.А.Буйлин, 1994; И.З.Самосюк с соавт., 1997). Зокрема, показано, що при використанні гелій-неонового лазера (ГНЛ) кісткова мозоля при переломах у собак розвивалася значно швидше, а повне загоєння відбувалося на 20 днів раніше, ніж в контрольній групі. Дані Я.Н.Бурнейко зі співавт. (1991), А.Р.Саттарова (1990) також свідчать про позитивну дію інфрачервоного лазерного випромінення малої інтенсивності на репаративну регенерацію кісткової тканини при діафізарних переломах кісток гомілки у кроликів і білих щурів. Н.В.Гордиенко (1975) знайшов, що лазерне оптичне випромінення стимулює васкуляризацію кісткових алотрансплантатів.

Відомості ж про використання лазерного ГВЧ-випромінення в медицині взагалі і в ортопедії та травматології зокрема в літературі відсутні.

В інституті радіофізики та електроніки (ІРЕ) НАН України (м. Харків) було розроблено стаціонарний радіофізичний комплекс, до якого входить і ціанисто-водневий (HCN) лазер, що працює у субміліметровому діапазоні (довжина хвилі – 0,337 мм). Ми використали його для проведення початкових експериментальних досліджень з вивчення впливу ГВЧ-випромінення в умовах *in vitro* та *in vivo*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана згідно з планом наукових досліджень Харківського НДІ ортопедії та травматології ім. проф. М.І.Ситенка і містить відомості, одержані в результаті виконання таких НДР інституту:

1. Вивчення впливу опромінення субміліметровими хвилями на структурно-метаболичні характеристики кісткової тканини та імунореактивність білих щурів (ІН.92.4, № держ. реєстрації 0193U14080).

2. Вивчення та обґрунтування принципів використання гіпервисокочастотного електромагнітного випромінення в ортопедії та травматології, розробка методів лікування і експериментальної апаратури (ОК.92.8.523, № держ. реєстрації 0194U001089).

Мета дослідження: вивчити в експерименті вплив гіпервисокочастотного лазерного випромінення (субміліметрового діапазону) при травматичних та дистрофічних процесах у кістковій і хрящовій тканинах та обґрунтувати можливість його використання при консервативному лікуванні ортопедичних захворювань і травм.

Задачі дослідження:

1. Вивчити біологічний ефект гіпервисокочастотного випромінення, використовуючи стаціонарний радіофізичний комплекс.

1.1. Дослідити вплив ГВЧ-випромінення при щільності потужності 60, 125, 400 800 мкВт/см² на функціональну активність імун-

нокомпетентних клітин (спленоцитів) білих щурів для обґрунтування оптимальної дози діяння.

1.2. Вивчити вплив ГВЧ-випромінення з різною щільністю потужності (125, 400, 800, 1600 мкВт/см²) на показники основного обміну речовин у білих щурів для виявлення біологічно активних доз та зон опромінення.

2. Розробити для медико-біологічних цілей малогабаритну спеціалізовану установку, яка генерує ГВЧ-випромінення (довжина хвилі 0,337 мм) і включає в себе такі основні системи: випромінення, автоматичної підтримки потужності, передачі і перетворення ГВЧ-випромінення, управління і контролю.

2.1. Вивчити вплив ГВЧ-випромінення різної кратності та щільності потужності (400 і 800 мкВт/см²) на перебіг регенерації кісткової тканини у білих щурів на моделі транскортикального дефекту стегнової кістки, використовуючи біохімічні і гістологічні методи досліджень.

2.2. Оцінити вплив ГВЧ-випромінення різної кратності та щільності потужності (400 і 800 мкВт/см²) на перебіг відновних процесів у тканинах хребтових сегментів на моделі посттравматичної дистрофії за допомогою біохімічних і гістологічних методів аналізу.

2.3. Порівняти ефективність ГВЧ-випромінення в залежності від місця впливу, кількості біологічно активних точок шкіри та стадії патологічного процесу у білих щурів, прооперованих за указаними моделями.

3. Розробити схему використання ГВЧ-випромінення як лікувального фактора та апробувати його в клініці на пацієнтах-добровольцях з клінічними проявами остеохондрозу хребта.

4. Запропонувати технологію консервативного лікування ортопедичних захворювань і наслідків травм на підставі використання ГВЧ-випромінення для широкої клінічної апробації.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше, на основі змін функціональної активності імунотетентних клітин (спленоцитів) білих шурів експериментально обгрунтовано можливість підбору індивідуальних біологічно активних доз ГВЧ-випромінення. Доведений на білих щурах дозозалежний енергетичний, анаболічний та імунототулюючий ефект гіпервисокочастотного випромінення. Розроблено і створено малогабаритну спеціалізовану лазерну установку для медико-біологічних цілей, яка генерує ГВЧ-випромінення (довжина хвилі 0,337 мм). На моделях транскортикального дірчастого дефекту стегнової кістки і посттравматичної дистрофії хребтових сегментів, індукованої порушенням трофіки, розкрита можливість випромінення коригувати відновлювальні процеси. Установлено, що ефективність впливу гіпервисокочастотного опромінення залежить від щільності потоку потужності, сумарної дози, кількості біологічно активних точок на поверхні шкіри та стадії посттравматичного процесу, на якій воно проводилось. Розроблено схему використання ГВЧ-випромінення як лікувального фактора з урахуванням інтенсивності, експозиції його дії та кратності сеансів. Створено алгоритм інформативних тестів для оцінки ефективності ГВЧ-терапії в експерименті та клініці. Проведено апробацію запропонованого нового фізичного метода на пацієнтах-добровольцях, які хворіють на остеохондроз хребта, для підтвердження його терапевтичного ефекту. Розроблено технологію консервативного лікування травматичних і дистрофічних порушень в кістковій та хрящовій тканинах, яка включає спосіб ГВЧ-терапії та прилад для її здійснення (патент 14732 А, 1997) для широкої клінічної апробації. Запропоновано концепцію стосовно терапевтичних можливостей гіпервисокочастотного випромінення, яка експериментально обгрунтована та клінічно апробована. Розроблено новий науковий напрямок в галузі медико-біологічних знань, який доповнить арсенал немедикаментозних методів медичної реабілітації ортопедо-травматологічних захворювань.

Практичне значення одержаних результатів.

Створено малогабаритну спеціалізовану лазерну установку - генератор ГВЧ-випромінення для медичних цілей, яка включає такі основні системи: випромінення, підтримки потужності, передачі і перетворення ГВЧ-випромінення, управління і контролю (патент 14732 А, 1997). В експерименті розроблено технологію використання електромагнітних хвиль нетеплової інтенсивності субміліметрового діапазону для корекції клінічного, імунологічного статусу і метаболічних реакцій при дистрофічних і посттравматичних процесах у хрящовій та кістковій тканинах. Проведено попередню апробацію її в клініці у хворих на остеохондроз. Запропоновано новий перспективний метод – ГВЧ-опромінення для широких клінічних досліджень. Результати роботи використовуються у педагогічному процесі кафедр Харківського інституту удосконалення лікарів, кафедри травматології та ортопедії, в клінічних підрозділах Харківського науково-дослідного інституту ортопедії та травматології ім.проф. М.І.Ситенка.

Особистий внесок автора.

Дисертація є особистою працею автора.

Автором вперше висунуто ідею про використання ГВЧ електромагнітного випромінення як високоефективного лікувального фактора, застосування якого можливе і доцільне в медицині і, зокрема, в ортопедії та травматології. Описано та інтерпретовано виявлені іншими авторами закономірності дії КВЧ-терапії та лазерного випромінення (різних діапазонів). Самостійно виконано моделювання травматичних і патологічних станів та ряд експериментальних досліджень. Розроблено спосіб ГВЧ-терапії та пристрій для його здійснення. Проведено апробацію ГВЧ-опромінення в клініці на групі пацієнтів-добровольців і показано ефективність його застосування при остеохондрозі хребта. Проведена статистична обробка, аналіз та інтерпретація отриманих даних. Особисто проведено оформлення роботи.

Апробація роботи

Основні положення роботи були подані у доповідях на:

- Всесоюзній школі-семінарі “Физика и применение микро-волн “ (Москва, 1991);
- I Українському симпозиумі “Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн” (Харків, 1991);
- науковій конференції “Оптика лазеров” (Санкт-Петербург, 1993);
- Всероссийській школі-семінарі “Физика и применение микро-волн” (Москва, 1993);
- Міжнародному симпозиумі “Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых волн” (Харків, 1994);
- III Республіканській науково-практичній конференції “При-менение лазеров в медицине и биологии” (Ялта, 1994);
- IV Кримській конференції “СВЧ-техника и спутниковый при-ем” (Севастополь, 1994);
- IV Республіканській науково-практичній конференції “При-менение лазеров в медицине и биологии” (Львів, 1995);
- V Республіканській науково-практичній конференції “При-менение лазеров в медицине и биологии” (Ялта, 1995);
- VI Республіканській науково-практичній конференції “При-менение лазеров в медицине и биологии” (Харків, 1996);
- XXII Міжнародній конференції “22-nd International Conference on Infrared and Millimeter waves” (США, 1997);
- засіданнях наукового товариства фізіотерапевтів м. Харкова (1998-1999).

Публікації

За темою дисертації опубліковано 36 наукових робіт (9 - само-стійних і 27 - у співавторстві), 20 - у журналах і 14 - у матеріалах з’їздів, у збірниках наукових робіт і в тезах доповідей, одна моно-графія. Одержано патент на винахід.

Обсяг і структура дисертації.

Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку літератури - 170 джерел (з них 153 вітчизняних і 17 іноземних) і двох додатків. Текст роботи викладений на 244 сторінках машинописного друку, містить 48 таблиць і 28 рисунків.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Методи експериментальних досліджень

В експерименті було використано 308 лабораторних тварин - білих щурів лінії Вістар обох статей популяції експериментально-біологічної клініки ХНДІОТ, у віці 3-6 місяців, живою масою 200-300 г. У кожній дослідній та контрольній серіях добиралися тварини одної статі та віку з відхиленнями показників живої маси не більше, ніж на 5-7 г. Догляд за тваринами, експериментальні процедури і забій виконували відповідно до "Правил проведення работ с использованием экспериментальных животных" (наказ № 724 від 13.11.84 р.). Досліди проводилися у першу половину дня з 10 до 14 годин згідно зі схемою експерименту (рис. 1).

Відповідно до поставлених задач експерименти проводили за чотирма головними напрямками: вплив ГВЧ-опромінення на стан імункомпетентних клітин, інтактних тварин, на репаративні процеси з використанням моделі транскортикального дефекту стегнової кістки, на посттравматичний дистрофічний процес з використанням моделі порушення трофіки міжхребцевих дисків.

Інтенсивність випромінювання в субміліметровому діапазоні добиралась на підставі даних літератури з урахуванням залежності ефекту опромінення від його дози. Щільність енергії 0,3 - 3 Дж/см² здатна чинити біостимулюючий і терапевтичний ефекти і відповідає діапазонам інтенсивності опромінення, використаним у даній роботі (Н.Ф.Гамалея, 1972; В.Е.Илларионов, 1992; И.З.Самосюк с соавт., 1997).

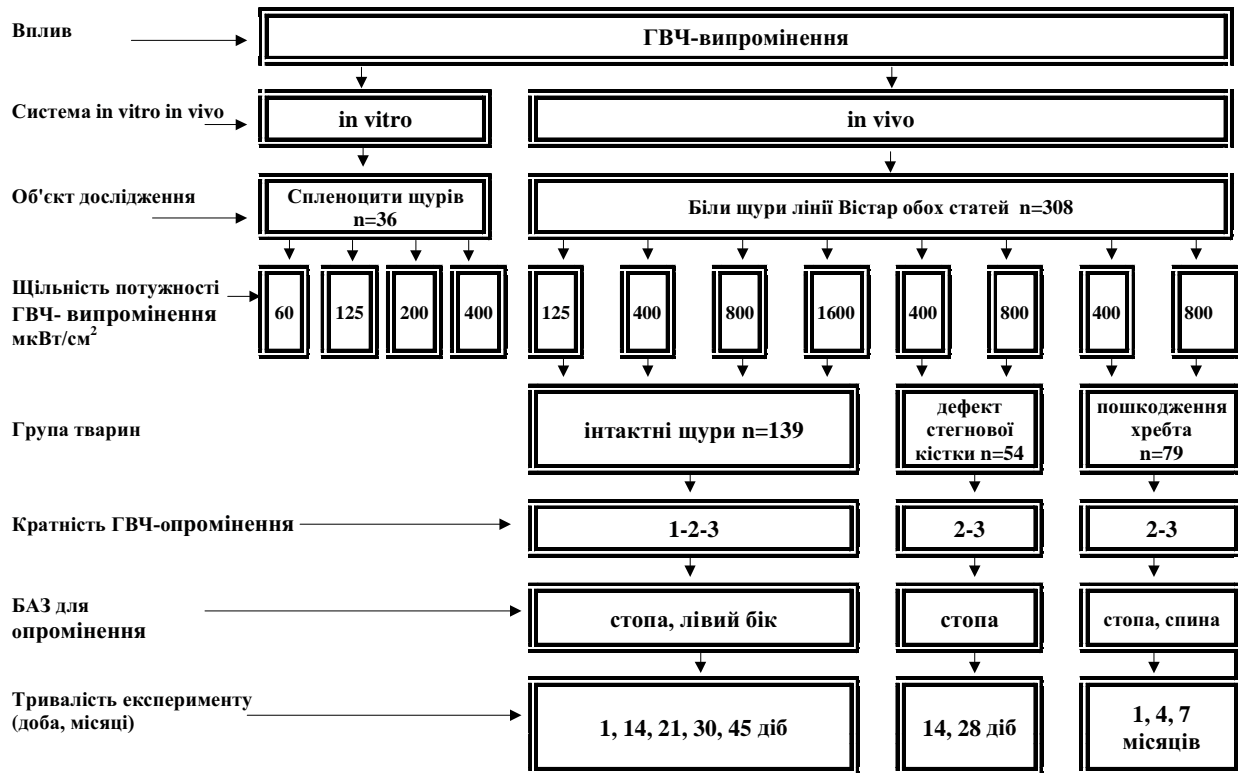


Рис. 1. Схема експерименту.

Опроміненню підлягали БАТ поверхні шкіри, що, як відомо, впливає на проведення імпульсів від периферичних рецепторів до центральних структур мозку, сприяючи зміненню регуляторних механізмів різного рівня (А.А.Миненков, 1995). Зоною для ГВЧ-опромінення служила плантарна ділянка стопи білих щурів як область з високою щільністю розташування БАТ. Для порівняння опромінювалися інші ділянки депільованої поверхні тіла - правий та лівий боки як зони з меншою щільністю БАТ і спина в області проєкції операції на хребті, тобто зона локальної дії опромінення на пошкоджену ділянку скелета.

Тривалість експерименту і терміни виведення з нього тварин визначалися за біологічними закономірностями утворення регенерату при загоєнні дефекту у білих щурів (А.А.Корж с соавт., 1972) і формування дистрофічного процесу у цих самих тварин на моделі порушення трофіки міжхребцевих дисків (Ф.С.Леонтьева, 1984).

Опромінення інтактних тварин.

ГВЧ-випромінення у вигляді квазіоптичного пучка з ефективною площиною поперечного перетину 1 см^2 спрямовувалося на плантарну поверхню лівої задньої кінцівки (умовне позначення серії - "стопа"). Щури фіксувалися на планшетах, лежачи на животі, матер'яними петлями за кінцівки. Опромінювану кінцівку, щоб запобігти перетисканню, фіксували тільки за перші фаланги 2, 3 і 4 пальців м'якою матер'яною петлею. Зб тварин із загальної кількості піддано опроміненню у ділянці лівого і правого підребер'я (площина 1 см^2 , умовне позначення серії - "бік") і їх використано для порівняння з групою тварин з опроміненою стопою. Тварин було розподілено на серії, по 6-10 особин у кожній.

Модель регенерації кісткової тканини - транскортикальний дефект стегнової кістки.

Під загальним гексеналовим наркозом у стерильних умовах була виконана операція з утворення транскортикального дірчастого дефекту в нижній третині медіальної поверхні лівої стегнової кістки,

що проникав до кістково-мозкового каналу, за допомогою стандартного зуболікарського бора діаметром 1,5 мм. Рану зашивали пошарово (В.Mandy, 1971; О.П.Тимошенко, 1980).

Експеримент проведений згідно схеми (рис. 1). ГВЧ-опромінення БАЗ у різних серіях проводили на 5 і 7, 14-16 і 21 добу після операції.

Модель посттравматичної дистрофії хребтових сегментів, індукованої порушенням їх трофіки.

Під загальним гексеналовим наркозом виконувалися лапаротомія і відокремлення міжхребцевих дисків від тіл хребців (за допомогою спеціального скальпеля з обмежувачем) як краніально, так і каудально, на рівні замикальної пластинки, у 2-3 сегментах поперекового відділу хребта, що викликало порушення трофіки міжхребцевих дисків (Ф.С.Леонтьева, 1984). Експеримент проведений згідно схеми (рис. 1). ГВЧ-опромінення БАЗ у різних серіях проводили через 1, 2 і 4 тижні після операції.

Методи лабораторних досліджень.

У тварин всіх серій реєстрували первинну та остаточну масу тулуба. Забій здійснювався декапітацією, на фоні ефірного наркозу, проводився забір крові, розтин і зважування селезінки, тимуса та надниркових залоз. Маса органів оцінювалась як в абсолютних показниках, так і в перерахунку на 100 г живої маси.

У тварин всіх дослідних серій виділяли кістково-м'язові конгломерати для гістологічних досліджень. Препарати фіксували у 10 % формаліні, декальцинували у 5 % азотній кислоті, зневоднювали у спиртах зростаючої міцності та поміщали у целоїдин. Зрізи виготовляли на мікротомі "Reichert" і фарбували гематоксиліном та еозіном, а також пірофуксином за Ван Гізон. Аналіз матеріалу проведений за допомогою мікроскопа МБИ-6 і "Rathenow".

Для об'єктивізації впливу ГВЧ-випромінення на організм тварин і пацієнтів-добровольців у сироватці і плазмі крові визначали вміст метаболітів і активність ряду ферментів, що дозволило дати

оцінку стану основних видів обміну (білкового, ліпідного, вуглеводного) і встановити можливий стресорний ефект ГВЧ-опромінення в режимі експерименту.

Для оцінки функції надниркових залоз у плазмі крові визначали концентрацію 11-оксикортикостероїдів (11-ОКС) за методикою Ю.А.Панкова та И.Я.Усватовой (1969). Додатково проводили визначення інтенсивності стрес-синдрому за методом К.С.Косякова (1974).

Стан білкового обміну визначали за вмістом загального білка (біуретовим методом), білкових фракцій (методом електрофорезу на папері), тимоловою пробою (взаємодія сироватки з тимолово-вероналовим розчином), активністю аланін- (АЛТ) і аспартатамінотрансферази (АСТ) - за методом Райтмана і Френкель (1986) та середньомолекулярними пептидами - за методом Н.И.Габриэлян та В.И.Липатовой (1984).

Для оцінки стану обміну ліпідів у сироватці крові визначалась концентрація холестерину за методом Їлька (1972), а також бета-ліпопротеїдів турбідиметрично за Бурштейном та Самаєм (1986).

Вуглеводний обмін оцінювали на підставі визначення вмісту глюкози в сироватці крові глюкозооксидазним методом, лактату - за Barker S. та Summerson W. (1986), пірувату - за Умбрайт (1986), активності лактатдегідрогенази - за S.Natelson (1979); обмін гетерополісахаридів визначали за вмістом хондроїтинсульфатів в реакції помутніння сироватки з риванолом (Ю.Ю.Лапса, Л.И.Слущкий, 1975); глікопротеїдів - за С.Я.Штейнберг та Я.Н.Доценко (1962).

Остеобластичну активність оцінювали за активністю лужної фосфатази (В.Г.Колб, В.С.Камышников, 1982).

Імунологічний статус тварин та пацієнтів-добровольців (волонтерів) визначали за кількістю Т-лімфоцитів: Е-РОК загальних, активних і субпопуляцій Т-лімфоцитів (теофілін-резистентних клітин з хелперною активністю і теофілін-чутливих клітин із супресорною активністю).

Кількість аутоімунних лімфоцитотоксичних і гранулоцитотоксичних антитіл визначали за макрометодом (E.Isakova et al., 1968), модифікованим у лабораторії імунології інституту ім. М.І.Ситенка. Вивчали також спонтанну міграцію лейкоцитів. Особливу увагу було приділено специфічним реакціям гіперчутливості уповільненого типу - інгібованої міграції лейкоцитів (РІМЛ) при наявності тканино-специфічних антигенних екстрактів (селезінка, надниркова залоза, щитоподібна залоза, нирки, кістка, хрящ, синовіальна оболонка) та деяких бактеріальних антигенів (стафілокок, стрептокок (Григорєва М.П. с соавт., 1974; Elves M.W. с соавт., 1975).

Таким чином, експеримент був спрямований на оцінку різнобічних ефектів ГВЧ-випромінення на організм як в умовах фізіологічної норми, так і при модельованих патологічних станах. Джерелом субміліметрового діапазону хвиль була радіофізична дослідницька установка для лазерного ГВЧ-випромінення ІРЕ НАН України, відповідним чином адаптована до умов проведення біомедичних досліджень.

Цифровий матеріал підданий статистичній обробці з використанням критерія Ст'юдента-Фішера.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Різноманітні енергетичні фактори, що використовуються у сучасній медицині, у тому числі лазерна біостимуляція, складають основу біоенерготерапії. Вважається, що цей вид впливу на живий організм не спричиняє фізіологічних порушень, а, проникаючи і асимілюючись з його енергетикою, виконує корекцію порушень енергетичного гомеостазу (Н.Н.Богданов с соавт., 1997). Лазерний вплив на БАТ знаходить широке застосування при лікуванні різноманітних захворювань (Н.Г.Самойлов с соавт., 1994), у тому числі опорно-рухової системи, і дає змогу досягти позитивних результатів. Проте механізм дії і показання до використання лазерної те-

рапії потребують глибокого вивчення, особливо коли мова іде про новий діапазон лазерного випромінювання, яким є ГВЧ (Н.Ф.Гамалея, 1972; М.З.Крейман с соавт; 1992; И.З.Немцов с соавт., 1993 и др.).

Оскільки на сучасному етапі розвитку науки вважається ефективним вплив кризь БАТ і БАЗ покривів тіла, доцільно вивчити дію ГВЧ-випромінювання саме на ці об'єкти, тим більше що лазерне випромінювання даного діапазону не проникає глибоко у тканини. Спеціальні дослідження показали, що система БАТ тварин аналогічна останній у людини (В.Г.Вогралик, М.В.Вогралик, 1978; А.К.Подшибякин, 1960). А.М.Мустафин і З.Г.Бияшев (1980) характеризують БАТ як ділянки шкіри, пов'язані з внутрішніми органами і з головним мозком. В області біологічно активних точок сконцентровано судини, нерви, сполучну тканину з великою кількістю гепариноцитів.

Дія на БАТ спричиняє зміни метаболізму у відповідних органах, тобто є трофічною. Автори вважають, що рецептори у точках акупунктури пов'язані з відповідними нервовими закінченнями внутрішніх органів. За даними Н.Г.Самойлова зі співавт. (1994), вплив низькоінтенсивного лазерного випромінювання на біооб'єкти так проявляється в порядку зниження: БАТ, внутрішньосудинне лазерне опромінювання крові, опромінювання зон проекцій органів.

Аналіз параметрів метаболізму щурів, які підлягали ГВЧ-опромінюванню, дозволив виявити його оптимальний режим, що приводить до активізації обмінних процесів. Таку дію мало ГВЧ-випромінювання з інтенсивністю 400 мкВт/см^2 , вжите двократно. Ефект зберігався до кінцевого строку спостереження (45 днів) і результував у зростання такого інтегрального показника як маса тіла (на 16 %). Опроміннювання зі щільністю потоку потужності 125 мкВт/см^2 було малоефективним, а інтенсивність опромінювання 800 мкВт/см^2 , одно- і двократно, приводила до зменшення маси (на 12 %) і відхилення від норми деяких показників, які характеризують загальний

метаболічний статус організму (зниження концентрації 11-ОКС, $p < 0,05$; активності лужної фосфатази, $p < 0,05$; підвищення рівня хондроїтинсульфатів і активності АЛТ, $p < 0,05$). Опромінення інтенсивністю 1600 мкВт/см^2 приводило до вірогідного зростання маси тулуба ($p < 0,05$), підвищення рівня 11-ОКС ($p < 0,05$) у плазмі крові, короткочасної гіперглікемії, зниження вмісту лактату ($p < 0,05$).

Виявилося, що ефект ГВЧ-випромінення залежить не тільки від його інтенсивності, але і локалізації БАЗ. Так, при опроміненні стопи як зони з високою щільністю БАТ спостерігалось зростання рівня вуглеводмістких компонентів у сироватці крові - глікопротеїдів та хондроїтинсульфатів, на фоні зниження активності лужної фосфатази. Через 14 діб після опромінення стопи зростав вміст загального білка (інтенсивність опромінення 400 мкВт/см^2) до верхніх меж фізіологічної норми ($p < 0,05$).

При опроміненні боку тварин, області з меншою щільністю БАТ, відмічається зниження маси надниркових залоз, тимуса, рівня 11-ОКС ($p < 0,05$).

При вивченні міжстатевих розрізень реакції організмів тварин на ГВЧ-випромінення виявлено, що самці і самки білих шурів лінії Вістар неоднаково реагують на опромінення при щільності потоку потужності 400 мкВт/см^2 , двократно.

У самців відхилення від норми значень біохімічних показників при опроміненні стопи спостерігаються частіше, ніж у самок (67 % та 45 % відповідно). Ця різниця ще більш виражена при опроміненні боку тварин (100 % та 15 % відповідно).

Для верифікації даних, отриманих у системі *in vivo* на інтактних тваринах, був проведений дослід в системі *in vitro* (рис. 1) на спленоцитах білих шурів-самців за допомогою імунологічних методів визначення показників клітинного імунітету. Була апробована інтенсивність опромінення в діапазоні значень: 60, 125, 200 та 400 мкВт/см^2 . Аналіз результатів показав, що міграційна здатність спленоцитів при малих дозах опромінення мінялася незначно, але

зростала зі збільшенням інтенсивності. Так, індекс РІМЛ зі стафілококом вірогідно збільшувався при ГВЧ-опроміненні інтенсивністю 200 та 400 мкВт/см². Малі ж дози спричиняли нормалізуючу дію на специфічну активність спленоцитів і, отже, на прояв гіперчутливості уповільненого типу. При дозах ГВЧ-опромінення зі щільністю потоку потужності 200 і 400 мкВт/см² мало місце зниження специфічної імунореактивності з невеликим зменшенням напрацьовання продукції фактора гальмування міграції лейкоцитів.

Таким чином, як в системі *in vivo*, так і *in vitro*, зберігається додозалежний характер дії ГВЧ-опромінення, який корелює з рівнем організації досліджуваного об'єкта. На клітинному рівні більш фізіологічними виявилися малі дози опромінення при інтенсивності 60 і 125 мкВт/см²; на організменному рівні оптимізувальний ефект виявило опромінення з інтенсивністю 400 мкВт/см².

Подальше дослідження було присвячено вивченню впливу ГВЧ-випромінення на загоєння кісткового дефекту у білих щурів-самців. Апробувалась інтенсивність опромінення, яка виявилась найбільш оптимальною в дослідженнях на інтактних тваринах - 400 мкВт/см², а також інгібуюча деякі фізіологічні реакції - 800 мкВт/см².

Дослідження структурної перебудови кісткового регенерату після ГВЧ-опромінення тварин показало, що його вплив на репаративний процес залежить як від інтенсивності випромінення, так і від стадії репаративного процесу, на якій виконується опромінення.

При інтенсивності ГВЧ-опромінення 400 мкВт/см², яке проводилося на 5 і 7 добу після травматичного пошкодження кістки у дослідній серії, на відміну від контрольної, вже на 14 добу область дефекту була заповнена дрібнопетлястою сіткою кісткових трабекул, на поверхні яких виявлялися численні остецити, а кругом них ланцюжком розташовувалися остеобласти. У місцях вираженої осифікації було знайдено велику кількість кровоносних капілярів. На 28 добу формувалася компактна кістка, покрита наново утвореним окістям. Мозговий канал був повністю сформований і запов-

нений червоним кістковим мозком.

Використання випромінення тієї ж інтенсивності, але на 14-16 добу не виявило такого ж вираженого ефекту.

Опромінення з інтенсивністю 800 мкВт/см^2 на 5-7 добу чинило деяку інгібуючу дію на репаративний процес впродовж 28 діб досліджу, про що свідчить заповнення дефекту губчатою кістковою тканиною і формування пластинчастої кістки лише на невеликих ділянках. Вплив опромінення з інтенсивністю 800 мкВт/см^2 на більш пізній стадії репаративного процесу (14-16 доба) мав аналогічний характер.

Застосування ГВЧ-опромінення обох потужностей на стадії вже практично сформованого кісткового регенерату (21 доба) суттєво не впливало на його подальшу морфологічну перебудову.

Таким чином, ефективність впливу лазерного випромінення з довжиною хвилі $0,337 \text{ мм}$ при щільності потоку потужності 400 і 800 мкВт/см^2 на остеогенез залежить від потужності випромінення і стадії репаративного процесу.

Дані біохімічних досліджень корелювали з результатами гістологічного аналізу (табл. 1).

Вивчення біохімічних тестів показало, що остеогенез потребує високих концентрацій кисню. При дії опромінення інтенсивністю 400 мкВт/см^2 (як при одно-, так і дво-, трикратному сеансі) виявлено значне підвищення (відносно контрольної серії) енергетично більш ефективного аеробного гліколізу не тільки на 28 добу після моделювання кісткового дефекту (табл. 1), але і на більш ранніх стадіях посттравматичного періоду, що стимулювало сполучені процеси osteo- і ангиогенезу.

Для дослідження впливу ГВЧ-опромінення на розвиток посттравматичної дистрофії у тканинах сегментів хребта спочатку було виявлено розвинення дистрофічного процесу в контрольній серії. За допомогою гістоморфологічних досліджень констатували дистрофічні зміни вже через два тижні після операції. Так, мікроскопічно в тканинах фіброзного кільця визначалися порушення орієн-

Таблиця 1 - Біохімічні показники сироватки крові білих щурів-самців у посттравматичному періоді в залежності від інтенсивності та кратності ГВЧ-опромінення

Показники	інтакт	контроль	Однократне опромінення		2-кратне опромінення		3-кратне опромінення	
			400 мкВт/см ²	800 мкВт/см ²	400 мкВт/см ²	800 мкВт/см ²	400 мкВт/см ²	800 мкВт/см ²
білок, г/л	76,80± 2,60	66,80± 5,23	83,60±3,09	76,90±2,69	76,50± 4,67	65,70± 4,94 P ₀ <0,001	77,50± 2,10	84,20 ± 14,90
глюкоза, ммоль/л	6,24± 0,30	5,47± 0,20	5,80±0,41	5,78±0,29	6,40± 0,30	4,67± 1,28 P ₀ <0,01	6,70± 0,50	7,70± 0,70
піруват, ммоль/л	0,17± 0,02	0,16± 0,04	0,17±0,01	0,16±0,01	0,17± 0,03	0,19± 0,02	0,14± 0,01	0,16± 0,01
лактат ммоль/л	4,91± 0,30	6,28± 0,36 P ₀ <0,02	4,18±0,30 P ₁ <0,001	4,28±0,11 P ₁ <0,001	4,35± 0,12 P ₁ < 0,01	7,43± 0,45 P ₀ <0,01 P ₂ <0,01	3,70± 0,31 P ₀ <0,05 P ₁ <0,01	3,36± 0,32 P ₀ <0,01 P ₁ <0,001
лактат/піруват	28,26	39,50	24,6	26,7	25,00	36,20	26,20	21,60
ЛДГ, моль/л/г	5,86± 0,45	6,88± 0,26 P ₀ <0,05	5,78±0,31 P ₁ <0,02	5,49±0,64 P ₁ <0,05	5,64± 0,35 P ₁ <0,05	8,21± 0,45 P _{0,2} <0,001 P ₁ <0,02	3,46±0,34 P _{0,1} <0,001	3,02±0,47 P _{0,1} <0,001
ексцес-лактат	0	+1,66	-0,66	-0,62	-0,56	+1,94	-0,35	-0,92
глікопротеїди	0,84±0,06	0,90±0,06	0,96±0,08 P ₀ <0,05	1,02±0,08	1,04±0,04 P ₀ <0,05	1,06±0,04 P ₀ <0,02 P ₁ <0,05	0,78±0,12	0,42±0,02 P _{0,1,2} <0,001
середні молекули, од. (λ=254)	0,51±0,03	0,60±0,02 P ₀ <0,05	0,34±0,05 P ₀ <0,02 P ₁ <0,05	0,39±0,01 P ₀ <0,001 P ₁ <0,001	0,47±0,02 P ₁ <0,02	0,58±0,01	0,54±0,03	0,66±0,01 P ₀ <0,001 P ₁ <0,01
середні молекули, од. (λ=280)	0,48±0,03	0,51±0,02	0,32±0,03 P ₀ <0,01 P ₁ <0,01	0,36±0,01 P _{0,1} <0,01	0,39±0,01 P ₀ <0,05 P ₁ <0,05	0,58±0,01 P ₀ <0,02 P ₁ <0,05	0,49±0,01	0,56±0,17 P _{0,1} <0,05
хондроїтин-сульфати, г/л	0,28± 0,04	0,48± 0,06 P ₀ <0,02	0,38±0,03	0,37±0,03 P ₁ <0,05	0,33± 0,04 P ₁ <0,05	0,44± 0,02 P ₀ <0,02	0,32± 0,03 P ₁ <0,05	0,26± 0,02 P ₁ <0,001
лужна фосфатаза од. Боданского	54,10± 4,70	67,20± 4,33	39,9±5,3 P ₁ <0,001	45,6±7,3 P ₁ <0,001	46,80± 4,20 P ₁ <0,05	38,50± 8,95 P ₁ <0,05	35,32± 3,90 P ₀ <0,01 P ₁ <0,001	60,60± 13,50 P ₂ <0,01

Примітка: кількість тварин у кожній серії (n) від 5 до 11.

P₀ - ступінь вірогідності відносно інтакту;

P₁ - ступінь вірогідності відносно контролю;

P₂ - ступінь вірогідності відносно щільності потужності 400 мкВт/см²

тації пучків колагенових волокон та їх розволоknіння; подекуди між окремими пластинами були виявлені мікротріщини; тканина драглистого ядра була фрагментована і значна частина клітин містила пікнотичні ядра. За даними біохімічних досліджень, у сироватці крові спостерігалось підвищення вмісту сіалових кислот ($p < 0,05$), перерозподіл окремих фракцій глікозаміногліканів, який супроводжується зростанням концентрації хондроїтинсульфатів ($p < 0,05$).

Застосування опромінення інтенсивністю 400 мкВт/см^2 , двократно, через два тижні після операції на хребті вже у місячний термін після операції приводило до збільшення рівня метаболітів, які відображують стан кісткової та хрящової тканин (вміст глікопротеїдів у контрольній та дослідній серіях - $0,48 \pm 0,03$ і $0,70 \pm 0,08$ од. відповідно; вміст хондроїтинсульфатів - $0,32 \pm 0,02$ і $0,43 \pm 0,02$ г/л відповідно, $p < 0,05$). В цій серії досліджень як БАЗ, разом зі стопою, була використана область спини (проекція зони оперативного втручання, праворуч).

Через чотири місяці після операції (через три місяці після сеансу ГВЧ-опромінення, двократно, інтенсивність 400 мкВт/см^2) за допомогою гістоморфологічних досліджень у тканинах сегментів хребта був виявлений комплекс структурних змін, характерних для деструктивно-дистрофічного процесу. Було відмічено, що у хребтових сегментах, суміжних з оперованими, в контрольній серії у 100 % випадків існували значні деструктивно-дистрофічні порушення. Аналогічна картина спостерігалась і при ГВЧ-опроміненні БАТ стопи.

При ГВЧ-опроміненні спини деструктивні зміни були менш значними і зустрічалися у 60 % випадків. В цій же серії збільшувалась маса тварин ($p < 0,05$), спостерігалось незначне збільшення маси селезінки ($p < 0,05$), що корелювало з даними імунологічних досліджень. У сироватці крові був підвищений рівень глікопротеїдів ($0,97 \pm 0,02$ од.), але вміст хондроїтинсульфатів виявився меншим, ніж у тварин контрольної групи ($0,45 \pm 0,02$ і $0,53 \pm 0,03$ г/л відповідно, $p < 0,05$); зростала у межах значин фізіологічної норми концен-

трація загального білка - $61,90 \pm 4,73$ г/л, в контрольній групі - $50,33 \pm 2,30$ г/л ($p < 0,05$). Ці дані свідчать про позитивний вплив ГВЧ-опромінення області спини на обмінні процеси в організмі тварин при пошкодженні хребтових сегментів.

Отже, при дії ГВЧ-випромінення на пошкоджені структури хребтного стовпа для досягнення більш вираженого ефекту доцільно проводити опромінення безпосередньо зони пошкодження (інтенсивність випромінення 400 мкВт/см², двократно, через 2 і 4 тижні після операції).

Трикратне опромінення цієї зони (спини праворуч) при інтенсивності випромінення 400 мкВт/см² через 1 місяць після операції на хребті не приводило до змін рівня досліджуваних метаболітів, порівняно до контрольної серії. Опромінення інтенсивністю 800 мкВт/см², трикрратно, супроводжувалось невеликим зменшенням маси селезінки тварин та зменшенням концентрації загального білка у сироватці крові до нижніх меж норми ($p < 0,05$). Очевидно, трикратне ГВЧ-випромінення спини як дозою 400 , так і 800 мкВт/см² не чинило помітного позитивного впливу на обмінні процеси в організмі на фоні дистрофічних змін у тканинах хребта.

Узагальнюючи дані експерименту на тваринах, можна зробити висновок, що ГВЧ-випромінення є ефективним фактором, який приводить до активізації обмінних процесів в організмі. Його дія залежить від інтенсивності, кратності сеансів і стадії посттравматичного процесу. В умовах стабільної фіксації (модель дефекту кістки) опромінення стимулює репаративні процеси. В умовах грубих деструктивних змін, з елементами дестабілізації компонентів системи ОРА (часткове відокремлення дисків від тіл хребців), ГВЧ-випромінення здатне лише оптимізувати обмін вуглеводних сполук сполучної тканини і загальний соматичний статус організму як додатковий елемент лікувальних заходів.

ГВЧ-опромінення пацієнтів-добровольців з остеохондрозом хребта (режим впливу: щільність потоку потужності - 1 мВт/см²,

трикратно, сеанси - через два дні на третій, область опромінення - БАТ загальної дії G1-4 (хе-гу), E-36 (цзу-сань-лі) приводило до поліпшення вихідних імунологічних даних. Спостерігалась нормалізація біохімічних показників у сироватці крові, які характеризують як загальний метаболічний статус, так і стан сполучної тканини: концентрації сіалових кислот, рівня фракції γ -глобулінів, рівня кератансульфат-місткої фракції глікозаміногліканів, збільшується вміст альбумінів. У всіх волонтерів на третій сеанс купірувався болювий синдром. Отримані результати дозволили розробити технологію консервативного лікування ортопедичних захворювань і травм на основі ГВЧ-опромінення (табл. 2).

Узагальнивши дані експерименту, відповідь організму на дію ГВЧ-випромінення з довжиною хвилі 0,337 мм при інтенсивності опромінення від 125 до 1600 мкВт/см² можна розглядати як його загальну неспецифічну реакцію на подразник середньої сили при опроміненні рефлексогенних зон і точок акупунктури, у якій головну роль виконують нейрогуморальні механізми. Відомо, що БАТ і рефлексогенні зони пов'язані з внутрішніми органами рідкокристалічними шляхами і через них можливий вплив лазерного опромінення на внутрішні системи організму. Як універсальна рідкокристалічна інтегрувальна система кров забезпечує на рівні організму відповідь на опромінення. Внаслідок цього міняється реакційна здатність та імовірність взаємодії макромолекул і надмолекулярних комплексів; відбуваються зміни функціональної активності клітин за рахунок модуляції їх енергетичного потенціалу, змінюється проникність мембран і характер електростатичних взаємодій, рН, баланс медіаторів; змінюється швидкість реакцій, які каталізуються, конформація локальних ділянок мембран клітин і клітинних органел; збільшується або зменшується експресія генів, змінюється баланс клітинних рецепторів. Подальші події залежать від інтенсивності опромінення і виду клітин-акцепторів (И.А.Щепеткин с соавт., 1996).

Таблиця 2 - Технологія консервативного лікування ортопедичних захворювань і травм

ГВЧ-опромінення, довжина хвилі 0,337 мм		
в експерименті на тваринах		в клініці
пошкодження кістково-суглобової системи		ДДЗ хребта і суглобів
Щільність потоку потужності 400 мкВт/см ² по 15 хв, 2-кратно, інтервал 2-3 доби		Щільність потоку потужності 1 мВт/см ² по 15 хв, 3-кратно, опромінення БАТ через два дні на третій: у перший день - двох БАТ: E-36 (цзу-сань-лі) на другий день - двох БАТ: G-1-4 (хе-гу) на третій день - двох БАТ: E-36 (цзу-сань-лі)
При пошкодженні довгої кістки: через 5-7 днів після травми - опромінення плантарної поверхні стопи	При посттравматичному деструктивно-дистрофічному процесі у тканинах хребта: через 14 та 28 днів після травми - опромінення області спини в ділянці травми	
Під контролем клінічних, біохімічних та імунологічних досліджень		

Фактичні дані, які отримано в результаті експериментів, свідчать про активізацію метаболічних процесів, посилення окисно-відновних реакцій, зміщення енергетичного обміну в аеробному напрямку, гальмування катаболізму білокмістких сполук і накопичення середньомолекулярних пептидів.

Опромінення при інтенсивності випромінення 400 мкВт/см^2 (тривалість сеансу 15 хв, двократно) сприяло оптимізації відновних процесів. Воно виявилось стресором середнього ступеня, який чинить в організмі реакцію за типом активації та тренування. Зростання інтенсивності випромінення до 800 мкВт/см^2 приводило до неоднозначних результатів і погіршення деяких загальнофізіологічних параметрів стану тварин, подібно до стадії стресу за Л.Х.Гаркави, Е.Б.Квакиной і М.А.Уколовой (1990). Подальше підвищення інтенсивності опромінення до 1600 мкВт/см^2 знову супроводжувалося посиленням окисно-відновного потенціалу обмінних процесів, сприяло їх аеробній спрямованості і відповідало стадії підвищеної активації живої системи при адаптації організму до даного діапазону ГВЧ-випромінення.

Результати експериментальних досліджень дозволяють оцінити ГВЧ-випромінення з довжиною хвилі $0,337 \text{ мм}$ в діапазоні інтенсивності $125\text{-}1600 \text{ мкВт/см}^2$ як дозозалежний непошкоджувальний фактор, ефективність якого залежить від інтенсивності опромінення, кратності його сеансів і часу їх призначення, за енергією достатнього для активації процесів життєдіяльності організму і який володіє трофічним та імуномодуючим ефектами.

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що ГВЧ-випромінення (довжина хвилі - $0,337 \text{ мм}$) чинить позитивний біологічний ефект на організм як при травматичному пошкодженні, так і дистрофічному процесі в кістковій і хрящовій тканинах, який виражається у стимулюванні і оптимі-

зації відновних процесів, що може бути використано в медицині для корекції патологічних станів.

2. Створена спеціалізована лазерна установка дозволяє генерувати електромагнітне випромінення з довжиною хвилі 0,337 мм і отримувати терапевтичний ефект, який залежить від інтенсивності опромінення, кратності його сеансів і стадії посттравматичного процесу, на якій воно проводилось.

3. При двократній дії ГВЧ-випромінення зі щільністю потоку потужності 400 мкВт/см² (оптимальна біологічно активна доза – 0,36 Дж/см²) на поверхню тіла інтактних тварин, де міститься велика кількість біологічно активних точок (стопа) спостерігається активізація анаболічних реакцій: підвищення концентрації загального білка, зниження концентрації холестерину і γ -ліпопротеїдів у сироватці крові на фоні підвищення загальної маси тіла. При тих самих початкових умовах щільність потоку потужності 125 мкВт/см² виявляється малоефективною; інтенсивність опромінення 800 мкВт/см² чинить різноспрямовані, а за рядом параметрів - інгібуючі зміни біохімічних показників сироватки крові.

Характер реакцій імунокомпетентних клітин, вилучених із селезінки щурів, в системі *in vitro* при режимах ГВЧ-опромінення інтенсивністю від 60 до 400 мкВт/см² також має виражений дозозалежний імуномодулюючий ефект.

4. Трикратне ГВЧ-опромінення інтактних білих щурів з інтенсивністю 1600 мкВт/см² чинить короткочасну гіперглікемію, підвищення рівня 11-ОКС у плазмі крові, зниження концентрації γ -ліпопротеїдів, збільшення маси тіла тварин наприкінці досліду (30 доба), активізацію аеробного шляху окиснення глюкози. Структурна організація тканин внутрішніх органів опромінених тварин за мікроскопічною характеристикою не міняється від аналогічних тканин інтактних тварин.

5. Під впливом ГВЧ-опромінення інтенсивністю 400 мкВт/см² (двократно, на 5-7 добу після моделювання транскортикального дефекту стегнової кістки) на 28 добу посттравматичного періоду

формується значно більш зрілий і повноцінний кістковий регенерат, ніж в контролі, що підтверджується гістологічними дослідженнями. Опромінення ж щільністю потужності 800 мкВт/см^2 такої дії не чинить.

Гістоморфологічні дані підтверджуються біохімічними показниками: зниженням вмісту в сироватці крові середньомолекулярних пептидів, збільшенням концентрації 11-оксикортикостероїдів, переважанням аеробного типу обміну вуглеводів. Трикратне опромінення з інтенсивністю 800 мкВт/см^2 супроводжується посиленням реакцій анаеробного гліколізу (накопиченням лактату, зростанням ексцес-лактату) на фоні підвищення концентрації середньомолекулярних пептидів.

6. При ГВЧ-опроміненні плантарної поверхні стопи щурів або ділянки шкіри в зоні посттравматичної дистрофії хребтових сегментів (двократно, щільність потоку потужності 400 мкВт/см^2) спостерігається зрілий кістково-хрящовий регенерат або хрящова метаплазія дисків (за рахунок проліферації клітин хондробластичного ряду). На відміну від контрольної серії у хребтових сегментах, прилеглих до зони пошкодження, деструктивні зміни відсутні. Позитивний ефект опромінення більше виражений при впливі на зону посттравматичної дистрофії хребта, ніж на поверхню стопи. Виявлено активізацію обміну вуглеводмістких біомакромолекул матриксу сполучної тканини і реакцій переамінування; зростає маса тварин.

7. ГВЧ-опромінення пацієнтів-добровольців з остеохондрозом хребта (режим дії: щільність потоку потужності - 1 мВт/см^2 , трикратно, сеанси - через два дні на третій, область опромінення - біологічно активні точки загальної дії) спричиняє поліпшення вихідних імунологічних даних. Спостерігається нормалізація більшості біохімічних показників у сироватці крові, що характеризують як стан сполучної тканини, так і загальний метаболічний статус: рівня фракції γ -глобулінів, активності трансаміназ, концентрації сіалових кислот, кератансульфат-місткої фракції глікозаміногліканів,

збільшується вміст альбумінів. У всіх пацієнтів після третього сеансу купірується больовий синдром.

8. Запропоновано технологію консервативного лікування ортопедичних захворювань і травм.

Розроблено в експерименті:

а) при пошкодженні кісткової тканини ГВЧ-випромінення вживається двічі, інтервал між опроміненнями - 2-3 доби, щільність потоку потужності - 400 мкВт/см^2 , строк опромінення - через 5-7 днів після травми, область опромінення - плантарна поверхня стопи, тривалість сеансу - 15 хв;

б) при посттравматичному дистрофічному процесі в тканинах хребта ГВЧ-опромінення вживається двічі, інтервал між сеансами опромінення - 2-3 доби, щільність потоку потужності - 400 мкВт/см^2 , термін опромінення - 14-28 днів після травми, область опромінення - шкіра спини в зоні проекції травмованого сегмента хребтового стовпа, тривалість сеансу - 15 хвилин.

Апробовано в клініці: при лікуванні дегенеративно-дистрофічних захворювань хребта і суглобів ГВЧ-опромінення проводиться мінімум трикратно, інтервал між сеансами опромінення - 2-3 доби, щільність потоку потужності - 1 мВт/см^2 , область опромінення - біологічно активні точки: у перший день дві Е-36 (цзу-сань-лі), у другий сеанс - дві БАТ - С1-4 (хе-гу), у третій сеанс - дві Е-36, тривалість дії на кожну точку - по 15 хвилин. Опромінення здійснюється під контролем клінічних, біохімічних та імунологічних досліджень.

9. Запропоновано гіпотезу щодо механізму дії раніше не вивченого діапазону ГВЧ-випромінення, яке шляхом впливу на біологічно активні точки стимулює окисно-відновні реакції, підсилюючи енергетичну ефективність метаболізму. Під впливом цього випромінення за рахунок конформаційних змін рідкокристалічних структур - внутрішньоклітинної води та крові - забезпечується більш інтенсивний обмін біологічно активних речовин у капілярах, підвищується трофічна, імуномодулювальна та антиоксидантна функції організму.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лобенко О.О., Корж О.О., Дедух Н.В., Зупанець І.А., Маколінець В.І., Філіпенко В.Я., Полівода О.Н., Шаповалов А.Я., Черних В.Ф. Остеоартрози: консервативне лікування. - Харків: Прапор, 1999. - 336 с.

2. Маколінець В.И. Влияние облучения волнами субмиллиметрового диапазона на некоторые проявления иммунореактивности // Мед. реабилитация, курортология и физиотерапия. - 1996. - №1. - С.33-36.

3. Маколінець В.И. Биологический эффект гипервысокочастотного излучения // Мед. реабiлітація, курортологія і фізіотерапія. - 1997. - №3. - С.64-66.

4. Маколінець В.И. Влияние гипервысокочастотного (ГВЧ) излучения на репарационно-регенеративные возможности организма // Мед. реабилитация, курортология и физиотерапия. - 1998. - №1. - С.38-41.

5. Маколінець В.І. Регенерація кісткової тканини у білих шурів під впливом низькоінтенсивного гіпервисокочастотного випромінювання у субміліметровому діапазоні // Вісник проблем біології і медицини. - 1998. - №23. - С.72-76.

6. Маколінець В.И. Влияние гипервысокочастотного облучения на метаболические показатели в сыворотке крови волонтеров // Вестник физиотерапии и курортологии. - 1999. - №1. - С. 11-13.

7. Маколінець В.И. Влияние лазерного облучения на ткани позвоночного сегмента в условиях травматического повреждения // Вісник проблем біології і медицини. - 1998. - №25. - С.76-80.

8. Маколінець В.И. Исследование влияния гипервысокочастотного лазерного излучения (ППМ - 1600 мкВт/см²) // Мед. реабилитация, курортология и физиотерапия. - 1999. - №1. - С. 31-34.

9. Маколінець В.И. Динамика иммунологических показателей у больных с остеохондрозом позвоночника после применения ГВЧ облучения // Ортопедия, травматология и протезирование. - 1999. - №1. - С.81-84.

10. Маколинец В.И. Экспериментальное обоснование технологии консервативного лечения ортопедических заболеваний и травм при использовании гипервысокочастотного излучения // Український медичний альманах. - 1999. - №1. - С. 71-74.

11. Маколинец В.И., Кладченко Л.А., Исакова Н.В., Рябкова Л.П. Влияние лазерного излучения в субмиллиметровом диапазоне на компенсаторные возможности организма в условиях травматического повреждения конечности // Ортопедия, травматология и протезирование. - 1994. - №4. - С.75.

12. Kiseliov V.K., Kuleshov E.M., Kamenev Yu.E., Makolinetz V.I., Delevsky Yu.P., Zarzethkaya N.A. Application of Submillimeter Laser Equipment in Immunology Studies // Telecommunications and Radio Engineering. - 1997. - Vol. 51, № 6-7. - P.164-166.

13. Маколинец В.И., Гращенко Т.Н., Мельник В.В., Гаевская А.Н. О необходимости развития консервативных методов лечения ортопедо-травматологических больных // Ортопедия, травматология и протезирование. - 1997. - №3. - С.38.

14. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Маколинец В.И. Применение HCN-лазера для биомедицинских исследований // Вестник морской медицины. - 1999. - №1. - С. 133-136.

15. Маколинец В.И., Киселев В.К. Применение субмиллиметровой лазерной техники в экспериментальной иммунологии // Вісник проблем біології і медицини. - 1999. - №5. - С. 45-48.

16. Маколинец В.И., Киселев В.К. О возможности применения когерентного ГВЧ-излучения для регулирования интенсивности обменных реакций в организме // Вісник проблем біології і медицини. - 1999. - №5. - С. 102-104.

17. Корж Н.А., Маколинец В.И., Киселев В.К., Кладченко Л.А. Обоснование терапевтического использования гипервысокочастотного лазерного излучения в травматологии (экспериментальное исследование) // Ортопедии, травматология и протезирование. - 1999. - №2. - С. 88-92.

18. Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Ключева Г.Ф. Влияние лазерного излучения в субмиллиметровом диапазоне на обменные

процессы в эксперименте // Вестник физиотерапии и курортологии. - 1999. - №2. - С. 12-14.

19. Пат. 14732 А (Україна), МПК А 61 N5/01, А 61 N5/06. Спосіб гіпервисокочастотної терапії та пристрій для його здійснення / Кисельов В.К., Маколінець В.І., Кулешов Є.М., Каменев Ю.Ю. - №95083931; Заявл. 28.08.95; Опубл. 30.06.97. - Бюл. № 3. - С.3.1.56.

20. Каменев Ю.Е., Киселев В.К., Ключева Г.Ф., Кулешов Е.М., Леонтьева Ф.С., Маколінець В.И., Тимошенко О.П., Шефель Н.В. Экспериментальное обоснование возможности использования гипервисокочастотного лазерного излучения в ортопедии и травматологии // Применение радиоволн миллиметр. и субмиллиметр. диапазонов. - Харьков, 1992. - С. 86-94.

21. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Делевский Ю.П., Заржецкая Н.А., Маколінець В.И. Применение субмиллиметровой лазерной техники в иммунологических исследованиях // Радиотехн. системы миллиметр. и субмиллиметр. диапазона. - Харьков, 1991. - С.176-181.

22. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Маколінець В.И., Ключева Г.Ф., Дедух Н.В., Исакова Н.В., Тимошенко О.П., Леонтьева Ф.С. Влияние гипервисокочастотного низкоинтенсивного лазерного излучения субмиллиметрового диапазона длин волн на процессы регенерации костной ткани // Техника мм и субмиллиметр. волн. - Киев, 1993. - С.73-78.

23. Делевский Ю.П., Киселев В.К., Каменев Ю.Е., Заржецкая Н.А., Маколінець В.И., Кононенко Л.С. Влияние облучения лазером в субмиллиметровом диапазоне на иммунореактивность спленоцитов // Тр. Всесоюз. школы-семинара "Физика и применение микроволн". - М., 1991. - Ч. 1. - С.184-187.

24. Делевский Ю.П., Киселев В.К., Каменев Ю.Е., Заржецкая Н.А., Маколінець В.И. Иммуномодулирующее влияние облучения спленоцитов субмиллиметровым лазерным излучением // I Укр. симпоз. "Физика и техника мм и субмиллиметр. радиоволн". - Харьков, 1991. - Ч.2. - С.110-111.

25. Исакова Н.В., Каменев Ю.Е., Киселев В.К., Кулешов Е.М.,

Леонтьева Ф.С., Маколинец В.И., Тимошенко О.П. Влияние гипервысокочастотного лазерного излучения на структурно-метаболические характеристики костной ткани и иммунореактивность белых крыс // Тез. докл. конф. “Оптика лазеров”. - СПб, 1993. - С.625.

26. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Исакова Н.В. Исследование влияния субмиллиметрового лазерного излучения на заживление костной ткани // 2-я Всерос. школо-семинар “Физика и применение микроволн”. - М., 1993. - С.191-194.

27. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевченко С.Д. О возможности применения гипервысокочастотного лазерного излучения в ортопедии и травматологии // III науч.-практ. конф. “Применение лазеров в медицине и биологии”. - Ялта, 1994. - С.84-86.

28. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевченко С.Д. Физиотерапевтическое действие низкоинтенсивного когерентного излучения субмиллиметрового диапазона длин волн на процессы регенерации костной ткани // Материалы 4-й Крым. конф. “СВЧ-техника и спутниковый прием”. - Севастополь, 1994. - Т.1. - С.185-187.

29. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевченко С.Д. Физиотерапевтическое влияние низкоинтенсивного лазерного излучения субмиллиметрового диапазона длин волн на процессы регенерации костной ткани // Тез. докл. Междунар. симпоз. “Физика и техника миллиметр. и субмиллиметр. волн”. - Харьков, 1994. - Т.7. - С.796-798.

30. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевцов Б.Н. О возможности применения лазерного ГВЧ-излучения для регулирования интенсивности обменных реакций в организме // Тез. доп. IV науч.-практ. конф. “Застосування лазерів в медицині та біології”. - Львів, 1995. - С.12-14.

31. Киселев В.К., Кулешов Е.М., Каменев Ю.Е., Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевцов Б.Н. Результаты действия низкоинтенсивного лазерного ГВЧ облучения на биохимические показатели ла-

бораторных животных // Тез. докл. V респ. науч.-практ. конф. “Применение лазеров в медицине и биологии”. - Ялта, 1995. - С.162-164.

32. Маколинец В.И., Тимошенко О.П., Шевченко С.Д., Киселев В.К., Каменев Ю.Е., Кулешов Е.М. Влияние ГВЧ-излучения на биохимические показатели у белых крыс при дистрофическом процессе в тканях позвоночника // Материалы VI респ. науч.-практ. конф. “Применение лазеров в медицине и биологии”. - Харьков, 1996. - С.24-25.

33. Маколинец В.И. Влияние гипервысокочастотного излучения на некоторые биохимические показатели у белых крыс используя модель посттравматической дистрофии позвоночных сегментов // IX Междунар. науч.-практ. конф. “Применение лазеров в медицине и биологии”. - Ялта; Харьков, 1997. - С.192-193.

34. Kiselyev V.K., Kuleshov E.M., Kamenev Y.E., Makolinet V.I., Timoshenko O.P., Shevchenko S.D. Physical therapeutic effect of laser radiation of low intensity of submillimetre range on process of regeneration of the bone tissue // Int. Symp. “Physics and Engineering of Millimeter and Submillimeter Waves”. - Kharkov, 1994. - P.800-802.

35. Kiselyev V.K., Kuleshov E.M., Kamenev Y.E., Makolinet V.I., Timoshenko O.P., Shevtsov B.N. Biological effect of coherent radiation of hyperhigh frequency when irradiating acupunctural zone // Twenty second intern. conference on infrared and millimeter waves. - Wintergreen (Virginia), 1997. - P.319.

36. Kiselyev V.K., Kuleshov E.M., Kamenev Y.E., Makolinet V.I., Timoshenko O.P., Shevchenko S.D. The possibility of employing laser radiation of hyperhigh frequency in orthopaedics and traumatology // Twenty second intern. conference on infrared and millimeter waves. - Wintergreen (Virginia), 1997. - P.320-321.

АНОТАЦІЯ

Маколінець В. І. Експериментальне обґрунтування використання гіпервисокочастотного випромінювання при травматичних і дистрофічних порушеннях у кістковій і хрящовій тканинах. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.01.33 — курортологія та фізіотерапія. — Український НДІ медичної реабілітації та курортології, Одеса, 1999.

У дисертації запропоновано концепцію, що стосується терапевтичних можливостей раніше не використовованого субміліметрового діапазону хвиль в області гіпервисокочастотного випромінювання. Створено алгоритм інформативних лабораторних тестів, який дозволив уперше експериментально обґрунтувати на інтактних тваринах енергетичний, анаболічний та імунomodуючий ефект гіпервисокочастотного випромінювання. Створено спеціалізовану лазерну ГВЧ установку для медико-біологічних цілей. На моделях транскортикального дірчастого дефекту стегнової кістки і посттравматичної дистрофії хребтових сегментів, індукованої порушенням трофіки, виявлена здатність опромінювання оптимізувати і стимулювати відновлювальні процеси. Установлено залежність ефективності гіпервисокочастотного опромінювання від інтенсивності, сумарної дози, щільності біологічно активних точок на поверхні шкіри та стадії посттравматичного процесу.

Проведено апробацію запропонованого нового фізіотерапевтичного метода на волонтерах, які хворіють на остеохондроз хребта. Розкрито фізико-хімічну сутність і виділено роль основних тригерних механізмів, що зумовлюють терапевтичний ефект гіпервисокочастотного випромінювання. Розроблено технологію застосування електромагнітних хвиль нетеплової інтенсивності для корекції імунологічних і метаболічних порушень.

Розроблено новий науковий напрямок в області медико-біологічних знань, який доповнив арсенал немедикаментозних методів лікування ортопедо-травматологічних захворювань.

Ключові слова: лазер, випромінювання, гіпервисокі частоти, потужність, доза, опромінювання, метаболічні реакції, біологічний ефект, терапевтичний ефект, ортопедо-травматологічні захворювання.

АННОТАЦИЯ

Маколинец В. И. Экспериментальное обоснование использования гипервысокочастотного излучения при травматических и дистрофических нарушениях в костной и хрящевой тканях. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук по специальности 14.01.33 – курортология и физиотерапия. – Украинский НИИ медицинской реабилитации и курортологии, Одесса, 1999.

В диссертации предложена и обоснована концепция, предполагающая физиотерапевтический эффект, обусловленный способностью ранее не применявшегося в медицинских целях субмиллиметрового диапазона волн гипервысокочастотного излучения вызывать внутримолекулярное движение атомов в водородных связях, органических соединениях и отдельных биомакромолекулах, представляющих основные компоненты любых высокоорганизованных биосистем. Данная концептуальная модель впервые экспериментально подтверждена физиологическими, гематологическими, биохимическими, иммунологическими и гистологическими исследованиями влияния облучения на: структурно-функциональные параметры интактного организма животных; изолированные клетки иммунокомпетентных органов; репаративную регенерацию костной ткани на модели транскортикального дефекта бедренной кости; коррекцию патологических изменений, сопровождающих посттравматическую дистрофию позвоночных сегментов, индуцированную нарушением трофики.

Выявлена способность гипервысокочастотного излучения оптимизировать и стимулировать восстановительные процессы как на стадии воспалительной пролиферации и посттрансляционной модификации, так и при ремоделировании костного регенерата. Установлена зависимость адаптационно-компенсаторных реакций от интенсивности и суммарной дозы облучения, плотности биологически активных точек на поверхности кожи, подвергнутой воздей-

ствию, и стадии посттравматического процесса.

Обнаружены условия облучения, вызывающие декомпенсацию. Составлен алгоритм информативных лабораторных тестов для диагностики терапевтического эффекта гипервысокочастотного излучения.

Создана специализированная лазерная установка для медико-биологических целей. Вскрыта физико-химическая сущность когерентного гипервысокочастотного излучения, генерируемого молекулярными лазерами, и выделена роль основных триггерных механизмов, обуславливающих его физиотерапевтический эффект.

Проведена апробация предложенного нового физиотерапевтического метода на волонтерах, страдающих остеохондрозом позвоночника, подтвержден его клинический эффект и пополнен арсенал немедикаментозных методов лечения ортопедо-травматологических заболеваний. Разработана технология применения электромагнитных волн нетепловой интенсивности для коррекции иммунологических и метаболических нарушений

Разработано новое направление в области медико-биологических знаний, раскрывающее потенциальные возможности неизученного диапазона электромагнитного спектра излучения и обосновавшее перспективность его дальнейшего исследования.

Ключевые слова: лазер, излучение, гипервысокие частоты, мощность, доза, облучение, метаболические реакции, биологический эффект, терапевтический эффект, ортопедо-травматологические заболевания.

ANNOTATION

Makolinets V. I. The experimental basing of the usage of hyperhigh-frequency radiation in case of traumatic and dystrophic disorders of bone and cartilage tissue. – Manuscript.

Thesis for the Scientific Degree of Doctor of Medicine on speciality 14.01.33 – Balneology and Physiotherapy. – Ukrainian Medical SRI of Medical rehabilitation and balneology. – Odessa, 1999.

The thesis offers the concept concerning therapeutic potentials of submillimeter wave band in the field of hyperhighfrequency radiation which has never been used before. The algorithm of informative laboratory tests has been built which for the first time allowed to experimentally substantiate, on intact animals, energetic, anabolic and immunomodulative effect of hyperhighfrequency radiation. The specialized laser unit for medical-biological purposes was designed. The capacity of radiation to optimize and stimulate rehabilitation processes was revealed on the model of femur transcortical perforation defect and posttraumatic degeneration of vertebral segments, which was induced by trophesy. The dependence of consequence of hyperhighfrequency radiation upon intensity, total dosage, density of biologic-active points on skin surface and stage of posttraumatic process was established.

The approbation of the offered new physiotherapeutic technique was done on the volunteers who suffered from vertebral osteochondrosis. The physical-chemical point and the significance of the basis trigger mechanisms, that have been conditioning therapeutic effects of hyperhighfrequency radiation, were established. The technology of application of non-thermal intensity electromagnetic waves to correct immunological and metabolic disturbances was developed.

New scientific direction in medical-biological branch of knowledge, that supplements arsenal of non medicamental methods in the treatment of orthopaedic-traumatological diseases, is worked out.

Key words: laser, radiation, hyperhigh frequencies, power, dosage, irradiation, metabolic reactions, biological effect, therapeutic effect, orthopaedic and traumatological diseases.