

КОНЦЕПЦІЯ ЗДОРОВ'Я У КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ БІОКЕРУВАННЯ

Головенко М.Я.

*Фізико-хімічний інститут імені О.В. Богатського НАН України, Одеса, Україна,
n.golovenko@gmail.com*

THE CONCEPT OF HEALTH IN THE CONTEXT OF MODERN BIOCONTROL MODELS

Golovenko M. Ya..

*O.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of the National Academy of Sciences of
Ukraine, Odessa, n.golovenko@gmail.com*

Summary/Резюме

In the 21st century, the concept of health is being redefined as a dynamic, multidimensional state of balance between the body, mind, and social environment.

Health is no longer viewed merely as the absence of disease but as an active process of adaptation, self-regulation, and the development of human life potential. This perspective integrates biomedical, psychophysiological, and cybernetic theories.

A central element of this modern understanding is biocontrol, which enables the modulation of physiological and psycho-emotional functions through external stimuli (such as neurostimulation, biofeedback, phototherapy, etc.). These interventions help activate internal mechanisms of self-regulation and are used to enhance health, stress resilience, cognitive abilities, and emotional well-being.

This work defines the role and significance of contemporary biocontrol models in shaping a new concept of health. Biocontrol is presented as an interdisciplinary technology, merging anatomy, physiology, pharmacology, immunology, and neuroscience. It is positioned as a universal tool for personalized medicine, prevention, and therapy. This approach does not replace the body's internal regulatory mechanisms but supports or modifies them through external factors. The concept is especially relevant in the context of digital medicine, personalized therapy, and the growing interest in preventive health.

The process of biocontrol is shown to involve several stages: diagnostics, impact programming, active phase, outcome assessment, and self-regulation. Emphasis is placed on the importance of scientific validity, personalization, interactivity, ethics, and educational components in the implementation of biocontrol. It is highlighted that biocontrol is not a substitute for traditional medicine but rather a complementary and expanding approach that encourages active individual participation in maintaining one's health. Special attention is given to technological precision, safety, personalization, and ethical standards.

The paper outlines the prospects for the practical application of biocontrol in health preservation and promotion.

Key words: *health, biocontrol, systems approach, biofeedback, self-regulation, personalized medicine, pharmacological biocontrol, adaptability, homeostasis, health technologies, ethical aspects of medicine, digital health*

У XXI столітті поняття здоров'я переосмислюється як динамічний, багатовимір-

ний стан рівноваги між тілом, психікою та соціальним середовищем. Здоров'я розглядається не як відсутність хвороби, а як активний процес адаптації, саморегуляції та розвитку життєвого потенціалу людини. Цей підхід об'єднує біомедичні, психофізіологічні та кібернетичні теорії.

Особливе місце в сучасному розумінні займає біокерування, яке надає можливість впливати на фізіологічні та психоемоційні функції за допомогою зовнішніх стимулів (нейростимуляція, біофідбек, фототерапія тощо), що сприяють активізації внутрішніх механізмів саморегуляції. Воно використовується для зміцнення здоров'я, стресостійкості, покращення когнітивних здібностей і психоемоційного стану.

В роботі визначено роль і значення сучасних моделей біокерування у формуванні нової концепції здоров'я. Біокерування розглядається як міждисциплінарна технологія, яка поєднує анатомію, фізіологію, фармакологію, імунологію та нейронауки, а також подається як універсальний інструмент для персоналізованої медицини, профілактики та терапії. Це підхід не замінює внутрішні механізми регуляції організму, але підтримує або модифікує їх за допомогою зовнішніх факторів. Концепція актуальна в умовах розвитку цифрової медицини, персоналізованої терапії та зростання інтересу до превентивного здоров'я. Показано, що воно реалізується через кілька етапів: діагностика, програмування впливу, активна фаза, оцінка результатів, саморегуляція. Підкреслюється необхідність наукової валідності, персоналізації, інтерактивності, етичності та освітньої складової в реалізації біокерування. Наголошується, що біокерування не є заміною традиційній медицині, а її доповненням і розширенням, орієнтованим на активну участь людини у збереженні власного здоров'я. Особливу увагу приділено технологічній точності, безпеці, персоналізації й етичним нормам. Визначено перспективи практичного застосування біокерування в збереженні та зміцненні здоров'я.

Ключові слова: здоров'я, біокерування, системний підхід, біологічний зворотний зв'язок, саморегуляція, персоналізована медицина, біофідбек, фармакологічне біокерування, адаптивність, гомеостаз, технології здоров'я, етичні аспекти медицини, цифрове здоров'я

Вступ

У сучасній науковій парадигмі здоров'я розглядається як складне, багатофакторне явище, що формується на перетині медичних, соціальних, психологічних, економічних і екологічних чинників. Такий інтегрований підхід відображає відхід від вузько біомедичної моделі до системного розуміння здоров'я як динамічного стану рівноваги між організмом і середовищем, що забезпечує не лише фізичне благополуччя, а й психоемоційну та соціальну адаптивність.

Нині спостерігається зростаючий інтерес до інтеграції біомедичних, психофізіологічних і кібернетичних підходів у розумінні природи здоров'я. Традиційна модель, яка трактує здоров'я як

відсутність хвороби, поступово замінюється більш комплексною концепцією, що охоплює динамічну взаємодію біологічних, психологічних, соціальних і екологічних чинників. Водночас сучасні моделі біокерування відкривають нові можливості у моніторингу, оцінці й цілеспрямованому впливі на фізіологічні та психоемоційні процеси людини.

Особливу актуальність у цьому контексті набуває застосування технологій зовнішнього біокерування, які відкривають нові можливості у сфері збереження здоров'я, профілактики захворювань та оптимізації функціонального стану людини. Біокерування — це цілеспрямований вплив на фізіологічні та психофізіологічні процеси за допомогою зовнішніх сигналів або технологічних систем, які активізують механізми саморегуляції організму. Серед таких технологій — біологічний зворотний зв'язок (БЗЗ), нейростимуляція, біоакустичне резонансне налаштування, варіа-

бельна регуляція серцевого ритму, методи нейро- та біофідбеку, адаптивна фототерапія тощо.

Наукові дослідження підтверджують, що біокерування дозволяє підвищити ефективність індивідуального управління стресом, покращити когнітивні функції, регулювати вегетативний тонус і стабілізувати емоційний стан. Це особливо важливо в умовах зростаючого психоемоційного навантаження та зниження рівня фізичної активності в сучасному суспільстві. Застосування методів біокерування інтегрується у персоналізовані програми зміцнення здоров'я, де враховується індивідуальна варіабельність фізіологічних реакцій та психоемоційного стану.

Таким чином, впровадження біокерованих технологій у практику охорони здоров'я та здоров'я зберезувальної освіти формує нову культуру здоров'я, в якій домінують цінності відповідальності, свідомої активності, гармонізації фізіологічних і психічних процесів та інноваційного мислення. Біокерування стає не лише засобом профілактики чи терапії, але й ключовим інструментом розвитку потенціалу людини в умовах постіндустріального суспільства.

Мета дослідження — визначити роль і значення сучасних моделей біокерування у формуванні нової концепції здоров'я. Проаналізувати еволюцію уявлень про здоров'я у філософському та медичному контексті. Окреслити теоретичні основи біокерування як системи зворотного зв'язку. Розкрити взаємозв'язок між моделями біокерування і сучасними уявленнями про здоров'я. Визначити перспективи практичного застосування біокерування в збереженні та зміцненні здоров'я.

Історична еволюція поняття здоров'я

Поняття здоров'я змінювалося протягом історії людства відповідно до рівня розвитку науки, культури, медицини та суспільства. У первісних культурах здоров'я розглядалося як гармонія з природою,

духами або божественними силами. Хвороба тлумачилася як порушення зв'язку з надприродним світом, а лікування мало ритуально-магічний характер [1-4].

У стародавніх цивілізаціях (Єгипет, Індія, Китай, Греція) з'являються перші спроби системного осмислення здоров'я. Наприклад, в античній Греції Гіппократ започаткував природничий підхід до медицини, визначаючи здоров'я як рівновагу рідин організму (гуморальна теорія). Аристотель розглядав здоров'я як реалізацію природної мети людини — досягнення добробуту тіла і духу.

У середньовіччі поняття здоров'я набуло теологічного змісту, де тілесний стан людини залежав від її моральної поведінки й божественної волі. Лише в епоху Відродження і Нового часу розпочинається раціоналізація медичного знання. Рене Декарт ввів механістичне розуміння тіла як системи, подібної до машини, а медичні моделі стали базуватися на анатомії, фізіології та патології.

У XIX–XX століттях домінувала біомедична модель здоров'я, де воно визначалася як відсутність хвороби, а основна увага приділялася діагностиці й лікуванню. Лише у XX столітті, з розвитком психології, соціології, екології та гуманітарних наук, виникла потреба в більш цілісному тлумаченні здоров'я. У 1948 році ВООЗ запропонувала одне з найвідоміших визначень: «Здоров'я — це стан повного фізичного, психічного і соціального благополуччя, а не лише відсутність хвороб або фізичних вад» [5]. Це стало точкою відліку до сучасного розширеного розуміння здоров'я як динамічного, багатовимірного і керованого стану.

Біопсихосоціальна модель запропонована Джорджем Енгелем у 1977 році [6], як альтернатива вузькій біомедичній парадигмі ґрунтується на ідеї, що «Здоров'я — це результат взаємодії біологічних, психологічних і соціальних факторів». Біологічний рівень вміщує генетику, імунну систему та фізіологічні процеси. Психологічний рівень, це стрес, емоції,

когніції, поведінка. Соціальний рівень — сім'я, робота, соціальні зв'язки, культура. Ця модель підкреслює індивідуальний підхід до пацієнта та врахування не лише симптомів, а й життєвого контексту. Вона знайшла широке застосування в психосоматичній медицині, реабілітації, профілактиці та психотерапії.

Системна модель здоров'я розглядає організм як відкриту біологічну систему, що перебуває в постійному обміні з середовищем. Здоров'я в цій парадигмі є станом динамічної рівноваги, що підтримується завдяки механізмам гомеостазу, саморегуляції та адаптації. Цей підхід включає такі компоненти: Кібернетика (зворотний зв'язок, керування, інформаційні процеси). Екологічна інтеграція (вплив довкілля, способу життя, харчування). Цілісність організму (взаємодія тілесних, ментальних і соціальних рівнів).

Системна модель має спільні риси з біопсихосоціальною, але більше акцентує на керованості та динамічності здоров'я, що є важливим для впровадження технологій біокерування.

Сучасні виклики до переосмислення поняття «здоров'я»

Сучасний світ ставить перед нами нові виклики, які вимагають переосмислення традиційних підходів до здоров'я:

1. Глобальні соціальні трансформації [7]: Урбанізація, гіподинамія, цифрова ізоляція, зростання рівня стресу. Зміна харчових звичок, забруднення середовища, екологічні катастрофи. Ці фактори формують нові типи патологій, цивілізаційні хвороби (ожиріння, депресія, СДВГ, психосоматичні розлади), які не пояснюються суто біологічними причинами..
2. Технологізації медицини та поява нових інтерфейсів [8,9]: Біоінженерія, штучний інтелект, нейротехнології, телемедицина. Біокерування та біофідбек як способи активного залучення людини до управління власним здоров'ям. Це вимагає переосмислення

здоров'я не як пасивного стану, а як результату свідомої участі й саморегуляції.

3. Індивідуалізація та персоналізована медицина: Людина — не «пацієнт», а суб'єкт, що здатен брати участь у виборі лікування, стилю життя, контролю за станом свого організму. Необхідність інтегрувати фізичний, психічний, соціальний і духовний виміри буття.
4. Постпандемічні виклики [10]: COVID-19 висвітлює обмеженість існуючих медичних систем. Зросла увага до психологічного здоров'я, стійкості, ресурсності особистості. Усе це вимагає нової концепції здоров'я, яка буде гнучкою, інтегративною і такою, що визнає роль керованих біопсихологічних процесів — саме тут відкриваються перспективи для використання біокерування.

У ХХІ столітті поняття здоров'я зазнало значної трансформації. Сучасна концепція теорії здоров'я ґрунтується на цілісному, міждисциплінарному підході, що враховує не лише фізичний, а й психологічний, соціальний та духовний стани людини. Такий підхід дозволяє розглядати здоров'я не як статичну характеристику або просту відсутність хвороби, а як активний процес збереження й зміцнення життєвого потенціалу.

Центральним елементом нової моделі є біопсихосоціальна концепція, яка підкреслює взаємозв'язок між тілесним станом, психічним благополуччям і соціальними умовами життя. Людина розглядається як єдність тіла, розуму та середовища, в якому вона існує. Здоров'я, відповідно до цієї теорії, є ресурсом, що дозволяє реалізовувати особистісний потенціал, працювати продуктивно, будувати соціальні зв'язки та долати життєві виклики. Велику увагу сучасна концепція приділяє соціальним детермінантам здоров'я, як-от рівень доходу, освіта, умови праці, навколишнє середовище та доступ до медичних послуг. Усе це впливає на можливість людини вести здоровий

спосіб життя та зберігати благополуччя.

Ключовою ідеєю також є превентивна орієнтація: профілактика хвороб, формування здорових звичок, ментальне здоров'я та самосвідомість. Людина стає не пасивним об'єктом медицини, а активним суб'єктом, відповідальним за власне здоров'я.

Таким чином, сучасна теорія здоров'я виходить далеко за межі традиційної медицини. Вона формує нову культуру — культуру відповідальності, гармонії та розвитку, де здоров'я — це не лише мета, а щоденна практика і цінність життя.

Основи теоретичної медицини та їх інтерпретація через біокерування

Теоретична медицина — це фундаментальний напрям медицини, що вивчає загальні закономірності функціонування організму, патологічні процеси та механізми розвитку хвороб. Вона охоплює анатомію, фізіологію, біохімію, патологію, фармакологію та інші базові дисципліни. Біокерування — це цілеспрямований вплив на біологічні процеси з метою нормалізації або модифікації функцій організму. Застосовується в діагностиці, лікуванні та профілактиці. Теоретична медицина формує наукову базу для біокерування [11].

1. Морфологічна основа (анатомія, гістологія, цитологія) вивчає структуру організму на макро- і мікрорівнях. Через біокерування структурні елементи є «виконавчі механізми» (effectors) у системі керування. Зовнішнє біокерування впливає на морфологію через регенеративну медицину (стовбурові клітини, 3D-біодрук, імпланти) або контроль за апоптозом/проліферацією.
2. Фізіологічна основа (нормальні функції) це регулювання процесів у здоровому організмі. Через біокерування є оптимальним функціонуванням систем з негативним зворотним зв'язком. Терапія — це модифікація фізіології через зовнішнє керування: фармакологія, електростимуляція,

або керовані ритми (сон, метаболізм).

3. Біохімічна та молекулярна основа це обмін речовин, ферментні реакції, сигнальні шляхи. Біокеруванням досягається пряме програмування сигнальних каскадів та модифікація цих реакцій на молекулярному рівні (таргетні ліки, інгібітори ферментів, РНК-інтерференція).
4. Патофізіологічна та патоморфологічна основа змінюють структуру і функцію при хворобі. Через біокерування патогенез розглядається як збій у керуванні і за його допомогою можна цілеспрямовано «ремоделювати» патологічну систему, відновлювати функцію, змінювати тканинну реакцію, зменшувати фіброз чи некроз [12].
5. Імунологічна основа є системою захисту і регуляції. При біокеруванні імунна система є автономним регуляторним контуром (вакцинація, моноклональні антитіла, імуносупресія чи активація, CAR-T терапія).
6. Генетична та епігенетична основа визначає спадковість і варіації геному. Через біокерування здійснюється зовнішній контроль за експресією генів (CRISPR, епігенетична терапія), це біокерування на найглибшому рівні «прошивки» системи.
7. Нейрофізіологічна основа регулює процеси організму через нервову систему. Через біокерування здійснюється нейромодуляція (TMS, VNS, DBS), власне, типове зовнішнє біокерування центральним процесором.
8. Гомеостаз і стрес відповідають за підтримання внутрішньої стабільності, реакція на виклики. Через біокерування зовнішній вплив або підтримує, або «перевантажує» гомеостатичні механізми. Зовнішнє біокерування може бути засобом оптимізації адаптації (наприклад, у психосоматиці чи геронтології).

Отже, зовнішнє біокерування у цьому контексті виступає як універсальна

операційна парадигма, що дозволяє системно інтерпретувати функції організму, пояснювати механізми хвороби як збір регуляції; конструювати інтервенції (ліки, пристрої, клітини) як «керуючі сигнали» та створювати адаптивні медичні технології (цифрова медицина, персоналізоване лікування).

Зовнішнє біокерування як природне явище та як людський фактор

Біокерування може бути як природним процесом, так і результатом свідомої діяльності людини для зміни або підтримки функціонування живих організмів.

Зовнішнє біокерування як природне явище це вплив природного середовища на живі організми, який не залежить від діяльності людини. Сюди належать: Кліматичні умови (температура, вологість, фотоперіод). Біотичні взаємодії (хижацтво, паразитизм, конкуренція, симбіоз). Геофізичні фактори (магнітні поля, сезонні ритми). Еволюційні механізми (мутації, природний добір). Це біокерування є мимовільним, стихійним, і базується на природному балансі екосистем [13].

Зовнішнє біокерування як людський фактор є цілеспрямованим або непрямим впливом людини на біологічні системи, включаючи: Сюди відносяться сільське господарство та селекція, генна інженерія та біотехнології. Екологічне регулювання (контроль шкідників, заповідники), техногенний вплив (забруднення, зміна середовища). Це біокерування свідоме або неусвідомлене, але має штучну природу і часто супроводжується етичними та екологічними дилемами [14]. Такий поділ важливий, тому що дозволяє розмежувати природні адаптації від змін, зумовлених людською діяльністю, потрібні для розробки регуляцій, що враховують як природні, так і антропогенні фактори та контролю людського біовпливу вимагає чіткої ідентифікації його джерел і наслідків. Так, необхідно розрізняти зовнішнє біокерування природного і антропогенного походження, оскільки це доз-

воляє точніше розуміти динаміку біологічних процесів, ефективніше ними керувати та уникати небажаних наслідків. Так, еволюційні адаптації є частиною зовнішнього біокерування — хоча воно: не цілеспрямоване, а стихійне; не має свідомого агента, як у випадку з людиною; але результативно змінює біологічні ознаки на основі зовнішнього впливу.

У сучасній науковій парадигмі здоров'я розглядається як складне, багатфакторне явище, що формується на перетині медичних, соціальних, психологічних, економічних і екологічних чинників. Такий інтегрований підхід відображає відхід від вузько біомедичної моделі до системного розуміння здоров'я як динамічного стану рівноваги між організмом і середовищем, що забезпечує не лише фізичне благополуччя, а й психоемоційну та соціальну адаптивність.

Особливу актуальність у цьому контексті набуває застосування технологій зовнішнього біокерування, які відкривають нові можливості у сфері збереження здоров'я, профілактики захворювань та оптимізації функціонального стану людини. Наукові дослідження підтверджують, що біокерування дозволяє підвищити ефективність індивідуального управління стресом, покращити когнітивні функції, регулювати вегетативний тонус і стабілізувати емоційний стан. Це особливо важливо в умовах зростаючого психоемоційного навантаження та зниження рівня фізичної активності в сучасному суспільстві. Застосування методів біокерування інтегрується у персоналізовані програми зміцнення здоров'я, де враховується індивідуальна варіабельність фізіологічних реакцій та психоемоційного стану.

Таким чином, впровадження біокерованих технологій у практику охорони здоров'я та здоров'я збережувальної освіти формує нову культуру здоров'я, в якій домінують цінності відповідальності, свідомої активності, гармонізації фізіологічних і психічних процесів та інноваційного мислення. Біокерування стає не лише засобом профілактики чи терапії,

але й ключовим інструментом розвитку потенціалу людини в умовах постіндустріального суспільства.

Основні вимоги до процесу біокерування

Успішна реалізація біокерування як ефективного інструменту збереження та оптимізації здоров'я вимагає дотримання низки ключових вимог, які забезпечують наукову валідність, технологічну точність і практичну ефективність даного процесу [15].

1. Об'єктивність і надійність біологічного зворотного зв'язку. Біокерування повинно базуватися на об'єктивно вимірюваних фізіологічних параметрах (серцевий ритм, електроенцефалограма, електроміограма, шкірно-гальванічна реакція тощо), що фіксуються за допомогою високоточної апаратури. Надійність та репрезентативність даних є критично важливими для забезпечення адекватної регуляторної відповіді.
2. Персоналізація алгоритмів впливу. Технології біокерування повинні враховувати індивідуальні фізіологічні, психоемоційні та нейропсихологічні характеристики людини. Це передбачає адаптивне налаштування інтерфейсів та модулів зворотного зв'язку відповідно до індивідуального профілю користувача.
3. Інтерактивність та біосумісність впливу. Всі зовнішні впливи (світло, звук, вібрація, електростимуляція тощо) мають бути біосумісними, тобто безпечними, фізіологічно обґрунтованими та спрямованими на активацію природних механізмів саморегуляції. Користувач повинен мати можливість усвідомлено взаємодіяти з системою біокерування в режимі реального часу.
4. Комплексність впливу на функціональні системи організму. Ефективне біокерування не обмежується однією системою організму, а охоплювати взаємодію кількох регуляторних сис-

тем, нервової, ендокринної, серцево-судинної, дихальної та психоемоційної для досягнення системної гармонізації.

5. Технологічна стандартизація та доказова база. Методи і засоби біокерування повинні відповідати сучасним технічним стандартам, а також мати підтверджену ефективність у клінічних або експериментальних дослідженнях. Наявність доказової бази дозволяє впроваджувати ці технології в офіційну медичну, психотерапевтичну та освітню практику.
6. Безпека, етичність та зворотна адаптація. Біокерування має здійснюватися в рамках етичних норм, не допускати надмірного або неусвідомленого втручання в гомеостатичні процеси. Усі впливи повинні мати механізм зворотної адаптації, тобто забезпечувати повернення до базового функціонального стану без ризику порушення адаптаційних можливостей організму.
7. Освітня складова та самонавчання. Ефективність біокерування значно підвищується при включенні користувача в процес свідомої саморегуляції. Освітня складова (пояснення механізмів дії, тренінг самоспостереження, розвиток навичок тілесної усвідомленості) є невід'ємною частиною методики.

Етапи реалізації біокерування

Процес біокерування, як цілісна технологія впливу на функціональні системи організму, реалізується поетапно. Кожен етап має специфічну методологічну і технологічну складову:

1. Діагностично-аналітичний етап. Визначення вихідного функціонального стану організму шляхом інструментального моніторингу фізіологічних показників (серцево-судинна активність, електроактивність мозку, варіабельність серцевого ритму, шкірно-гальванічна реакція тощо). На цьому етапі важливо виявити ключові

- дисфункції або адаптаційні порушення, що підлягають корекції.
2. Програмування регуляторного впливу. Розробка індивідуальної стратегії біокерування з урахуванням діагностичних даних. Обираються адекватні технології (апаратні, фармакологічні, когнітивно-поведінкові або змішані) та визначається оптимальна тривалість і режим впливу.
 3. Активна фаза біокерування. Безпосереднє здійснення керованого впливу з використанням зовнішніх засобів біомодуляції. Цей етап може включати: подачу зворотного зв'язку в реальному часі (нейро- або біофідбек), застосування лікарських засобів з контролем дії через біомоніторинг, використання зовнішніх стимулів (світло, звук, електростимуляція) з адаптивним налаштуванням.
 4. Оцінка ефективності та адаптація протоколу. Аналіз динаміки змін фізіологічних параметрів у відповідь на керований вплив. При необхідності — адаптація протоколу: зміна інтенсивності, засобів або способів впливу.
 5. Етап саморегуляції і підтримки. Перехід до самостійного використання навичок самоконтролю та саморегуляції. Продовження підтримувальної терапії може здійснюватися за допомогою м'яких зовнішніх впливів або дозованих фармакологічних засобів під контролем зворотного зв'язку.

Класифікація методів біокерування

Методи біокерування можна класифікувати за типом зовнішнього впливу та ступенем втручання у фізіологічну регуляцію [16]:

1. Апаратно-програмні методи, які вміщують: Біологічний зворотний зв'язок (електроенцефалографічний, кардіореспіраторний, терморегуляторний, тощо). Нейростимуляція (транскраніальна магнітна стимуляція та транскраніальна стимуляція постійним струмом). Біоакустична та фотонна регуляція (використання музичних, світлових, кольорових або резонанс-

них імпульсів. Когнітивно-поведінкові методи біокерування (аутотренінг, медитативні та тілесно-орієнтовані практики, які підсилюються біозворотним зв'язком). Включення віртуальних або імерсивних середовищ для керованої психофізіологічної перебудови.

2. Фармакологічне біокерування (біохімічна модуляція). У цій категорії лікарські засоби використовуються як елемент керованого впливу на нейроендокринні чи метаболічні системи під контролем біофізіологічного зворотного зв'язку. Приклади: Застосування адаптогенів або ноотропів з одночасним контролем когнітивної продуктивності (наприклад, через EEG або швидкість реакції). Анксіолітики або антидепресанти в індивідуалізованих дозах із оцінкою змін ВСР (варіабельності серцевого ритму) або психофізіологічного профілю. Мікродозування або пульс-терапія метаболічно-активних препаратів (вітамінів, мікроелементів, нейропротекторів) за алгоритмами зворотного регулювання.

Зовнішнє біокерування через лікарські засоби

Біокерування лікарськими засобами (*biomedical regulation via pharmaceuticals*) є цілеспрямованим впливом на біологічні системи організму людини з метою модуляції, оптимізації або відновлення функціональних параметрів фізіологічного, психоемоційного чи нейрокогнітивного стану через зовнішнє застосування фармакологічних агентів, що діють на системи гомеостатичної регуляції (ендокринну, нервову, імунну тощо). Біокерування може здійснюватися як у лікувальних, так і в немедичних цілях, зокрема для підтримки стресостійкості, когнітивної продуктивності, адаптації до екстремальних умов, а також у сфері таких високих навантажень як військова справа, спорт, професійні ризики [17]. Використання ліків є класичним медичним процесом, спрямований на зняття симптомів або лікування причини хвороби, з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта, фармакокінетики та фармакодинаміки. Біокерування у цьо-

му випадку є активним втручанням в біо-систему організму за допомогою лікарських засобів для досягнення запланованого функціонального стану, а не тільки для усунення патологій.

Зображення (Рисунок) є ілюстрацією міждисциплінарного підходу до медицини, де фармакологія, фізіологія та біохімія є основою персоналізованої медицини.

Показано основні вузли такої дії: Мозок (когніція, емоції, поведінка). Препарати впливають на нервову систему, покращують пам'ять, зменшують тривогу, стабілізують настрій. Це характерно для нейролептиків, антидепресантів, ноотропів. Серце і гормональні залози (ендокринна система). Ліки можуть нормалізувати гормональний фон (наприклад, тироксин при гіпотиреозі або інсулін при діабеті). Також впливають на серцеву діяльність (антигіпертензивні засоби, в-блокатори). Печінка, шлунок, кишечник (метаболізм і вивільнення). Препарати мають різні форми вивільнення (таблетки з модифікованим вивільненням, капсули, ін'єкції). Вони проходять через печінкову метаболізацію (ферменти) і виводяться через нирки чи кишківник.

Зовнішнє біокерування здоров'ям людини через лікарські засоби є одним із найбільш поширених і водночас складних

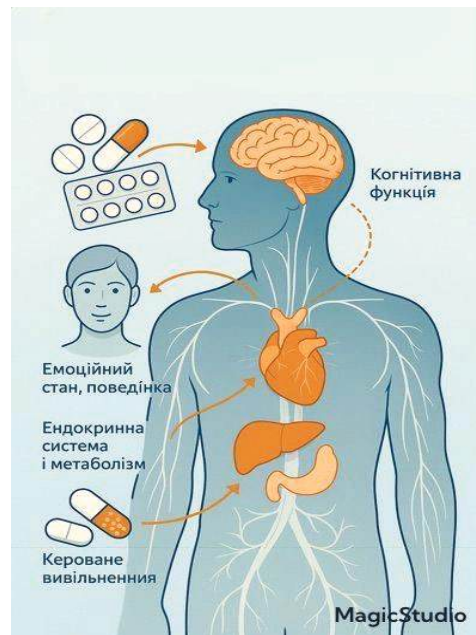


Рис. Біокерування лікарськими засобами.

напрямів втручання у біологічні процеси організму. На відміну від традиційного призначення медикаментів, яке передбачає лише лікування хвороби, в умовах біокерування йдеться про цілеспрямоване управління фізіологічними, психоемоційними й навіть поведінковими процесами за допомогою фармакологічних агентів (Таблиця 1).

У контексті біокерування отримані знання дозволяють оптимізувати введення препарату, аби досягти не лише лікувального, а й регуляторного ефекту (на-

приклад, покращити концентрацію, сон, енергійність). Практичною моделю реалізації біокерування через медикаменти є контрольоване дозування, яке може здійснюватись через таблетки з модифікованим вивільненням (метформін XR, морфін SR), препарати зі сповільненим або подвійним вивільненням) це дозволяє дозувати вплив на організм у певно-

Порівняння використання ліків в умовах біокерування та традиційній медицині

Ознака	Біокерування	Традиційна медицина
Мета	Регуляція фізіології, психіки, поведінки ; оптимізація стану	Лікування або профілактика захворювання
Підхід	Системне управління біологічними функціями	Симптоматичне або етіотропне лікування
Рівень впливу	Гомеостаз, гормони, нервова система, імунітет, психіка	Вплив на збудника хвороби, симптом або орган
Контрольований характер	Часто — дозування, час, тривалість, режим змінюються динамічно	Здебільшого фіксована доза, тривалість і схема
Технологічна основа	Часто використовуються цифрові, сенсорні або нанотехнології	Зазвичай традиційна форма препарату
Етичний контекст	Часто викликає дискусії (гноїції тощо)	В основному регламентований традиційною медициною
Сфери застосування	Біоінженерія, нейронауки, військова медицина, спортивна фармація	Терапія, профілактика, загальна клінічна практика

му режимі, наприклад, уникати пікових концентрацій або забезпечити ефект вночі.

Активне керування функціями організму в режимі реального часу досягається інтелектуальними системами доставки ліків (інсулінові помпи з алгоритмом «штучної підшлункової залози» імплантовані пристрої, що реагують на рівень гормонів або глюкози та наночастинки, які доставляють ліки тільки в певні тканини або активуються під дією світла/магнітного поля.

Такі ноотропи та психотропи як пірацетам, фенотропіл, модафініл використовуються для підвищення когнітивної функції, пам'яті, уваги. Анксіолітики та антидепресанти для регуляції емоційного стану, а психостимулятори задля керування працездатністю, сном, концентрацією уваги. У цих випадках біокерування використовується не для лікування, а моделюванні психофізіологічного стану людини під завдання (спорт, навчання, безсоння тощо).

Однак, необхідно враховувати ризики та етичні дилеми з якими зустрічається біокерування. Це можуть бути побічні ефекти, лікарська залежність, порушення гомеостазу, зниження саморегуляції, а також використання препаратів без інформованої згоди (наприклад, у психіатрії, армії, спорті),

Отже, зовнішнє біокерування через лікарські засоби не просто фармакотерапія, а елемент системи активного контролю за станом організму. Такий підхід по-

Таблиця 2

Характеристика лікарських засобів для зовнішнього біокерування функцій організму

Біоціль	Препарат	Механізм дії	Потенційні ризики
Поліпшення когнітивних функцій	Пірацетам	Покращує обмін речовин у мозку, підвищує нейропластичність, модуляція AMPA-рецепторів	Головний біль, дратівливість, безсоння, тривожність
Підвищення концентрації, пильності	Модафініл	Стимуляція дофамінергічних шляхів, гіпоталамічних структур, регуляція гістаміну	Безсоння, головний біль, звикання, тахікардія, підвищення тиску
Зниження тривожності	Діазепам	Підвищує активність ГАМК, гальмує ЦНС	Толерантність, залежність, пригнічення дихання, втрата концентрації
Підвищення настрою	Сертралін	Інгібує зворотне захоплення серотоніну в нейронах	Сексуальна дисфункція, емоційне "згладження", синдром відміни
Регуляція гормонального статусу	Тестостерон енантат	Замісна гормональна дія, вплив на андроген-рецептори	Гінекомастія, зниження ендogenousого Т, агресія, еритроцитоз, тромбоемболія
Керування рівнем глюкози	Інсулін (помпа)	Сприяє транспорту глюкози в клітини, знижує рівень глюкози в крові	Гіпоглікемія, технічні збої помпи, ризик передозування
Психоемоційне розслаблення	Окситоцин (спрей)	Стимулює емоційну емпатію, довіру, соціальну прив'язаність	Емоційна нестабільність, зловживання у міжособистісних стосунках
Керування апетитом, вагою	Семаглутид	Агоніст GLP-1-рецепторів: знижує апетит, уповільнює вивільнення шлунку	Нудота, блювання, ризик панкреатиту, СС ризики
Підвищення фізичної витривалості	Фенотропіл	Стимулює ЦНС, покращує енергетичний метаболізм, психостимулюючий ефект	Гіпертензія, збудження, агресія, порушення сну
Контроль стресових реакцій	Пропранолол	Неселективний β -блокатор: блокує адреналінові рецептори, знижує ЧСС	Брадикардія, гіпотонія, холодні кінцівки, можливі депресивні ефекти

єднує наукову точність з ризиками етичного характеру, що потребує вдумливої регуляції, зокрема персоналізації терапії, запровадження біоетичних норм, суспільного обговорення меж фармакологічного впливу на людину. Усе це повинно вміщувати чітку біоціль, відповідний препарат, його механізм дії, а також потенційні медичні і етичні ризики (таблиця 2)

Приведені дані свідчать про переваги біокерування, оскільки ці препарати дозволяють таргетовано впливати на функціональні системи (нейрональну, ендокринну, метаболічну та інші). Однак, часто супроводжуються синдромом звикання, вторинною супресією ендogenousих механізмів або етичними дилемами, як-от

окситоцин у контексті соціального контролю. Важливо враховувати медико-етичний баланс під час довготривалого застосування препаратів, особливо у “непрофільних” цілях (наприклад, покращення працездатності у здорових людей).

Інтегровані моделі біокерування

Найбільш перспективними в персоналізованій медицині вважаються моделі, у яких має місце комбінування апаратних, поведінкових і фармакологічних методів у рамках єдиного індивідуального протоколу, що базується на динамічному моніторингу та адаптації. Інтеграція фармакологічного біокерування до процесу з використанням апарату, поведінкових методів та індивідуалізованого моніторингу значно підвищує ефективність саморегуляції організму. Такий підхід має потужну доказову базу, підтверджену систематичними оглядами та клінічними дослідженнями, і становить основу нової культури здоров'я, відповідальної, активної, гармонічної й технологічно інновативної. Особлива увагу привертає метод зворотного зв'язку «біофідбек». Це метод при якому людині надається інформація про власні фізіологічні процеси з метою свідомого контролю та регуляції цих процесів. Це відбувається тому, що організм генерує біологічні сигнали, які реєструються за допомогою спеціального обладнання (електроди, сенсори). Інформація повертається людині у зрозумілій формі (звуковій, візуальній, графічній). Людина вчиться регулювати свої фізіологічні реакції через свідомі дії. Основними параметрами, що контролюються є частота серцевих скорочень, рівень шкірно-гальванічної реакції, м'язова активність, температура тіла (периферична) та мозкова активність.

Розрізняють наступні види біофідбеку: ЕМГ-біофідбек (мязова напруга), реабілітація, біль у спині, розслаблення. ЕЕГ-біофідбек (електроенцефалографія), лікування СДУГ, тривоги, епілепсії. Термальний біофідбек (температура пальців), стрес, тривожність. СКР-біофідбек (шкірна провідність), стрес, емоційне збудження. Кардіофідбек (серцевий

ритм), регуляція дихання, тривожні стани.

Цілі та переваги біофідбеку [18]: Навчання саморегуляції організму. Немедикаментозний метод лікування. Зниження стресу і тривожності. Підвищення психофізіологічної стійкості. Покращення сну, уваги, пам'яті. Сферами застосування у медицині є неврологія, психіатрія, реабілітація. У спорті контроль стресу та оптимізація функцій, а у психології поведінкова терапія, тренінги релаксації.

Біокерування ліками та біофідбек є підходами [19], які мають спільну мету регуляцію функцій організму на основі біологічного зворотного зв'язку. Їхнє поєднання може підвищити ефективність лікування, зменшити побічні ефекти та підсилити контроль пацієнта над своїм здоров'ям. Одночасне використання може мати синергійний ефект, особливо при хронічних захворюваннях. Лікування артеріальної гіпертензії: пацієнт приймає ліки з автоматичним коригуванням дози (наприклад, з допомогою смарт-пристроїв), паралельно проходячи біофідбек-тренінги з контролю дихання чи м'язової релаксації. Діабет: автоматизована інсулінова помпа з сенсорами глюкози (біокерування) і тренінги з біофідбеком для зменшення стресу, що впливає на рівень цукру в крові. Хронічний біль: медикаментозне лікування по потребі + біофідбек для навчання м'язового розслаблення.

Традиційне лікування та біокерування — не конкуренти, а союзники

Регулювання використання лікарських засобів у традиційній медицині та в умовах біокерування відрізняється за підходами, критеріями призначення та парадигмою відповідальності, але базується на спільних принципах безпеки, доказовості та контролю. Їхнє поєднання забезпечує як швидке полегшення симптомів, так і довгострокову стабілізацію за рахунок мобілізації власних ресурсів організму. Це стратегія майбутнього у медицині, зорієнтована на індивідуальні потреби людини.

Традиційна медицина. Рецептурні й безрецептурні препарати регулюються відповідно до законодавства країни (наприклад, Закон України «Про лікарські засоби», директиви ЕМА, FDA, ДСТУ). Обов'язкова наявність: реєстраційного посвідчення, доказової бази (RCT, meta-аналізи), фармаконагляду (pharmacovigilance). Призначення виконує лікар на основі клінічного діагнозу. Дозування регламентоване інструкцією. Часто орієнтовано на симптоматичне або етіотропне лікування.

2. Біокерування з фармакологічним компонентом. Лікарські засоби (особливо адаптогени, ноотропи, нейропротектори) застосовуються не як єдиний засіб лікування, а в комбінації з фізіологічним зворотним зв'язком, медитацією, BCI, тощо. Орієнтоване на функціональний стан, а не лише на діагноз. У більшості випадків використовуються офіційно зареєстровані лікарські засоби або дієтичні добавки тощо. Використання потребує медичного контролю, але в менш стандартному протокол, дозування може адаптуватися згідно з HRV, EEG, GSR, рівнем кортизолу, сну тощо та застосовується принцип біоіндивідуалізації. Підбір дозування відбувається в динаміці («біологічний фідбек фармакології»); Потрібна інформована згода пацієнта та обґрунтованість безпеки (навіть при використанні природних препаратів).

У біокеруванні лікарські засоби регулюються гнучко, але не менш відповідально, ніж у традиційній медицині. Основна різниця є не в юридичному статусі, а в парадигмі застосування, тобто з жорстко стандартизованого призначення, до динамічного, персоналізованого, інтегративного використання під контролем фізіологічних зворотних зв'язків.

Етичні норми використання лікарських засобів як у традиційній медицині, так і в умовах біокерування базуються на спільних принципах біоетики, однак мають свої акценти через різні моделі взаємодії «пацієнт — система лікування». Спільними етичними засадами є автоно-

мія (повага до права пацієнта на поінформоване рішення) та благочинність (діяти в інтересах здоров'я пацієнта).

Етичні вимоги традиційної медицини вміщують наступні положення: Поінформована згода (інструктивна модель). Пацієнт підписує згоду на лікування. Медичні рішення приймаються лікарем, згідно з доказовою базою. Призначення препаратів має бути відповідно до клінічних настанов, що мінімізує суб'єктивність. Лікар має повідомляти про побічні реакції до регуляторних органів. Пацієнт часто не має впливу на вибір методу чи препарату, а лише на його прийняття або відмову.

Етичні акценти в умовах біокерування є: Підвищена автономія пацієнта. Пацієнт бере активну участь у терапевтичному процесі (вибір методу, режиму, контроль ефектів через БЗЗ). Розширена інформована згода. Згода має включати не лише опис препарату, а й принципи біозворотного контролю, впливів на психіку та когніцію. Принцип «мінімального втручання». Вибір препаратів і доз базується на функціональному запиті організму, що знижує ризики передозування чи медикаментозної залежності. Наголос на саморегуляції та довірі. Етичний акцент зсувається з ієрархії («лікар — керівник») до партнерства між фахівцем і пацієнтом. Проблема доступності та нерегульованих засобів. У біокеруванні часто застосовуються дієтичні добавки, які не завжди мають повну клінічну перевірку, що викликає етичні суперечки щодо безпеки та наукової обґрунтованості.

Таким чином, етичні норми в обох випадках ґрунтуються на загальних принципах медичної етики, але в біокеруванні спостерігається еволюція від авторитарної моделі до партнерської, де підвищується роль самосвідомості, інформованості та активності самого пацієнта. Це створює нову етику взаємодії, більш гнучку, персоналізовану, але й вимагає вищого рівня відповідальності з обох сторін.

Основні характеристики традиційного та в умовах біокерування терапевтич-

ного моніторингу

Таблиця 3

У сучасній клінічній практиці ефективне застосування лікарських засобів неможливе без чіткого контролю за їх впливом на організм пацієнта. Одним із провідних методів такого контролю є терапевтичний моніторинг лікарських засобів (ТМЛЗ), який дозволяє оцінити концентрацію препарату в крові, ефективність терапії, а також своєчасно виявити побічні ефекти. Поряд із традиційним підходом до моніторингу, останніми роками набуває актуальності новітня концепція біокерування, що базується на персоналізованому, біоадаптивному контролі за дією лікарських засобів, з урахуванням індивідуальних фізіологічних та генетичних особливостей пацієнта.

Традиційний ТМЛЗ — це стандартизований підхід, який застосовується при терапії лікарськими засобами з вузьким терапевтичним вікном або високим ризиком токсичності. Моніторинг зазвичай ґрунтується на вимірюванні рівня препарату в плазмі крові через фіксовані часові інтервали [20]. У клінічній практиці такий підхід є виправданим для препаратів на кшталт дигоксину, вальпроєвої кислоти, циклоспорину, а також антикоагулянтів (наприклад, варфарину, що вимагає контролю INR). Попри свою ефективність, традиційний моніторинг має обмеження. Його головним недоліком є універсальний, нефлексибельний підхід до дозування, який часто не враховує індивідуальні метаболічні особливості пацієнтів, вплив коморбідних станів, генетичних варіацій ферментативної активності тощо. Це може призводити до субоптимального терапевтичного ефекту або розвитку побічних реакцій.

На відміну від традиційного ТМЛЗ, біокерування передбачає безперервне або динамічне спостереження за фізіоло-

Порівняльна характеристика ТМЛЗ у традиційній медицині та в умовах біокерування

Критерій	Традиційна модель	Біокерування
Орієнтація	Середньостатистичний пацієнт	Індивідуальний пацієнт
Моніторинг	Переважно періодичний	Безперервний або адаптивний
Параметри	Концентрація препарату	Біомаркери, генетика, фізіологія
Зворотний зв'язок	Затриманий	Миттєвий
Технології	Стандартна лабораторна база	Біосенсиори, AI, фармакогеноміка
Гнучкість дозування	Обмежена	Висока

гічною реакцією організму на лікарський засіб із можливістю адаптації дози в реальному часі.

Такий підхід активно використовується в системах інсулінотерапії з сенсорами глюкози (штучна підшлункова залоза), у фармакогеноміці (персоналізація дози хіміопрепаратів), а також у сфері цифрової медицини — завдяки впровадженню “смарт-таблеток”, біосенсорів та систем штучного інтелекту. Біокерування дозволяє враховувати біомаркери, генетичні поліморфізми, гормональні рівні та інші об'єктивні показники, що забезпечує високу точність, безпеку та ефективність лікування.

Обидва підходи мають спільну мету, забезпечення ефективної і безпечної фармакотерапії. Як традиційний моніторинг, так і біокерування передбачають контроль ефективності лікування, спостереження за небажаними ефектами, а також адаптацію дозування при необхідності. Водночас, ключова відмінність полягає в глибині та індивідуалізації аналізу, що здійснюється в процесі біокерування (Таблиця 3).

Отже, у порівнянні з традиційним терапевтичним моніторингом, біокерування представляє інноваційний, динамічний підхід до контролю за дією лікарських засобів, який дає змогу максимально індивідуалізувати лікування, зменшити ризик побічних ефектів і підвищити терапевтичну ефективність. У майбутньому, поєднання традиційної доказової бази з технологічними можливостями біомоніторингу може стати основою для нової парадигми медицини — медицини точності

та передбачення.

Профілактика в традиційній медицині і в умовах біокерування.

Основні завдання профілактики в традиційній медицині — виявлення факторів ризику та їх мінімізація (гіпертонія, ожиріння, куріння, інфекції тощо). Своєчасні скринінгові обстеження (аналіз крові, УЗД, мамографія, колоноскопія). Вакцинація для запобігання інфекційним захворюванням. Здоровий спосіб життя (раціональне харчування, фізична активність, відмова від шкідливих звичок). Інструментами і методами є регулярні медичні огляди та лабораторні дослідження, освітні програми для населення. Медикаментозна профілактика при наявності факторів ризику (наприклад, статини, антигіпертензивні препарати). Санітарно-епідеміологічний контроль.

Профілактика в умовах біокерування це підтримка оптимального функціонального стану організму за допомогою постійного контролю біофізіологічних параметрів. Активізація саморегуляторних механізмів через тренування і корекцію поведінкових патернів. Індивідуалізовані рекомендації на основі біологічного зворотного зв'язку. Інструменти і методи вміщують біофідбек (нейрофідбек) для зниження стресу та нормалізації нервової системи. Контроль за сном, диханням, пульсом, варіабельністю серцевого ритму (HRV) з *wearable devices*. Медитації, техніки релаксації, когнітивно-поведінкова терапія. Харчування та легке медикаментозне підтримання (наприклад, адаптогени, вітаміни) з урахуванням індивідуальних особливостей. Моніторинг і корекція психоемоційного стану та фізіологічного гомеостазу в реальному часі.

Профілактика в традиційній медицині спрямована на виявлення та усунення факторів, що можуть викликати захворювання, переважно через зовнішній контроль і медичний нагляд. У біокеруванні профілактика має більш прогностично-адаптивний характер, використовуючи технології для активного самоконтролю і

підтримки внутрішніх механізмів здоров'я. Обидва підходи можуть ефективно доповнювати один одного в системі сучасної охорони здоров'я.

Профілактика в традиційній медицині і при біокеруванні в умовах воєнного часу

В умовах воєнного часу і традиційна медицина, і біокерування стикаються з особливими викликами, але водночас набувають нового значення як засоби підтримки здоров'я і попередження захворювань серед населення, особливо серед військових і цивільних, які перебувають у стресових, екстремальних умовах.

Особливості та виклики у традиційній медицині: Обмежений доступ до повноцінного медичного обслуговування через руйнування інфраструктури, нестачу ресурсів. Зростання ризику інфекційних захворювань через антисанітарні умови, масове скупчення людей. Підвищений рівень травматизму, стресу, психічних розладів. Адаптація профілактичних заходів: Пріоритет на швидку діагностику і лікування інфекцій, травм. Використання мобільних медичних пунктів і польових госпіталів. Активна вакцинація проти інфекційних захворювань (наприклад, туберкульоз, гепатити, правець). Поширення інформації про гігієну, харчування та базові медичні навички серед населення і військових. Психологічна підтримка, реабілітація постраждалих.

Профілактика в біокеруванні в умовах воєнного часу. Особливості та виклики: Психо-фізіологічний стрес, тривала напруга, порушення сну, емоційна нестабільність. Обмеженість технічних ресурсів, нестача електроніки чи інструментів для біофідбеку. Потреба швидких, простих, мобільних методів саморегуляції. Адаптація профілактичних заходів. Використання простіших і мобільних біокеруючих технологій (наприклад, базові дихальні вправи, медитації, самоконтроль пульсу). Поширення знань і навичок саморегуляції, тренінгів стресостійкості серед

військових і цивільних. Застосування психологічної підтримки через телемедичні платформи. Використання психоактивних рослинних препаратів (з огляду на безпеку і доступність) для підтримки нервової системи. Максимальне залучення біофідбек-технологій у доступних форматах (мобільні додатки, портативні пристрої)

У воєнний час традиційна медицина і біокерування набувають особливої важливості як засоби підтримки здоров'я і профілактики захворювань в умовах стресу, обмежених ресурсів і небезпек. Взаємодія обох підходів дозволяє створити більш адаптивні, мобільні і комплексні системи охорони здоров'я, що відповідають викликам екстремальних умов.

Порівняльний аналіз цивільного та військового біокерування лікарськими засобами виявляє глибокі відмінності у підходах, цілях, етичних нормах та технічній реалізації, що зумовлені різними умовами функціонування та пріоритетами систем охорони здоров'я [21].

1. Цільова орієнтація: "Людина vs система". Цивільне біокерування зосереджене на індивідуальних потребах пацієнта, його безпеці, добровільності та клінічній доцільності. Натомість військове — на забезпеченні функціональності особового складу, швидкій реакції, мінімізації втрат і підтриманні боєздатності, часто з переважанням системного інтересу над особистим.
2. Контроль і автономія. У цивільній сфері домінує лікарський контроль з обов'язковою згодою пацієнта, що відображає принципи етики й права. У військових умовах контроль може бути автономним або централізованим (через наказ командування), що допускає примусове застосування, особливо в критичних ситуаціях.
3. Різниця у фармакологічних цілях. Цивільне біокерування зосереджене на терапії хронічних та гострих хвороб, тоді як військове на негайній фармакологічній дії, що забезпечує мобілізацію, виживання, або блокування

патологічних реакцій (наприклад, застосування стимуляторів, антидотів, гемостатиків).

4. Технічні та інфраструктурні умови. Цивільна модель функціонує в умовах стабільної інфраструктури (лікарні, амбулаторії), а військова у нестабільних, екстремальних або мобільних умовах, що потребують високої автономності, компактності й стійкості систем.
5. Рівень автоматизації. У цивільному біокеруванні автоматизація є допоміжною, із обов'язковим людським контролем. У військовому можлива повна або напівавтоматична система, здатна до самостійного прийняття рішень, що зменшує час реагування, але підвищує ризики неконтрольованих втручань.
6. Етичні та юридичні наслідки. Цивільне біокерування регулюється принципами добровільності, доказовості й поваги до автономії пацієнта, тоді як у військовій сфері етичні компроміси допустимі задля колективної безпеки та оперативної доцільності, що створює ризики зловживання, психологічного тиску чи порушення прав.
7. Різні ризики. Цивільні ризики зосереджені на медичних помилках і технічних збоях, а у військовому контексті на фармакологічному навантаженні, психічній нестабільності, можливому примусовому застосуванні препаратів.

Отже, цивільне і військове біокерування це не лише різні технологічні моделі, але й різні світоглядні підходи до медицини, контролю, автономії людини та цінності життя. Попри технологічну спорідненість, етичні, правові та стратегічні пріоритети істотно розходяться. У перспективі ці два напрями можуть взаємно збагачувати один одного, як-от військова медицина оперативністю і автономністю, а цивільна гуманістичними та доказовими підходами, але лише за умови чіткого дотримання прав людини й технологічної

прозорості.

Інтелектуальні системи біокерування ліками: медицина майбутнього

Майбутнє зовнішнього біокерування ліками — це інтелектуальні, самонавчальні системи, які працюють у реальному часі, мінімізують побічні дії, адаптуються до індивідуальних особливостей і навіть взаємодіють з психофізіологічними станами. Таке майбутнє наближає медицину до принципу “лікування без догляду лікаря”, де контроль і корекція лікування переходять у руки алгоритмів та сенсорів, а людина отримує максимально ефективну, безпечну й персоналізовану допомогу. У майбутньому біокерування може частково або повністю змінити традиційний підхід у лікуванні деяких хронічних і гострих станів. Погляди на майбутнє використання лікарських засобів у зовнішньому біокеруванні здоров’я людини формуються на перетині медицини, біотехнологій, цифрових технологій та штучного інтелекту. Ці перспективи відкривають нові горизонти у персоналізованій, динамічній та високоточній фармакотерапії.

Ключовими напрямками та поглядами на майбутнє:

1. Перехід до персоналізованої медицини в реальному часі. Біокерування дозволить адаптувати дозу ліків під поточний стан організму, а не лише під стандартну “усереднену” схему. Кожен пацієнт отримає індивідуальне лікування, що змінюється в динаміці. *Приклад:* смарт-системи введення хіміопрепаратів, що зчитують маркери пухлинної активності і реагують миттєво.
2. Інтеграція з штучним інтелектом. Алгоритми ШІ будуть прогнозувати стан пацієнта наперед (predictive analytics) і автоматично регулювати терапію. Системи вчитимуться на поведінці організму кожної конкретної людини. *Приклад:* ШІ, який коригує дози антигіпертензивних засобів на основі

добових коливань тиску, стресу, сну, харчування.

3. Нейробіокерування та лікування психічних розладів. З’являються проекти біокерування психотропними препаратами на основі ЕЕГ, ЧСС, електропровідності шкіри тощо. Мета такого підходу мінімізувати побічні ефекти і забезпечити максимально м’яке та ефективне введення ліків при тривожності, депресії, епілепсії.
4. Нано- та мікросистеми доставки ліків. Розробляються імплантовані пристрої або наночастинки, які активуються за потреби на основі сигналів з організму. Це дозволить створити “розумні ліки”, які діють лише тоді, коли це потрібно. *Приклад:* нанокапсули, які вивільняють препарат тільки при виявленні запального процесу або пухлинних клітин.
5. Зв’язок з іншими носимими технологіями. Біокерування буде інтегроване з розумними годинниками, сенсорами сну, фітнес-трекерами, ЕКГ-браслетами. Пацієнти отримуватимуть комплексний моніторинг і терапію 24/7, не виходячи з дому.
6. Розвиток цифрових таблеток і сенсорного контролю прийому. Таблетки з мікросенсорами (наприклад, Proteus Digital Health) вже тестуються: після ковтання надсилають сигнал, що пацієнт прийняв ліки. У майбутньому це може бути пов’язане з автоматичним коригуванням наступної дози, якщо прийом пропущено чи стан змінився.
7. Поєднання з біофідбеком. Біокерування працюватиме разом з біофідбеком: якщо людина навчиться саморегуляції, система може тимчасово зменшити дозу ліків або взагалі відкласти введення.

Конфлікт інтересів відсутній.

Література

1. Голяченко О., Ганіткевич Я. Історія медицини. Київ: Укрмедкнига; 2021. 326 с.
2. Ступак Ф. Я. Історія медицини. Київ: Книга-

- плюс; 2020. 176 с.
3. Кашина С. С. Філософія здоров'я: історико-теоретичний аналіз. — К.: Центр учбової літератури, 2013.
 4. Engel, G. L. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*. 1977. 196 (4286), 129-136.
 5. World Health Organization. Constitution of the World Health Organization. WHO, 1948.
 6. Engel, G. L. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*. 1977. 196, 129-136. <https://doi.org/10.1126/science.847460>
 7. V P van Druten, E A Bartels, D van de Mheen, E de Vries, A P M Kerckhoffs, L M W Nahar-van Venrooij. Concepts of health in different contexts: a scoping review. *BMC Health Serv Res*. 2022. Mar 24 (22), 389. doi: 10.1186/s12913-022-07702-2.
 8. Huber, M., et al. How should we define health? *BMJ*. 2011. 343, d4163. DOI: 10.1136/bmj.d4163.
 9. ВООЗ. Ментальне здоров'я у XXI столітті: виклики та відповіді. — Женева, 2013.
 10. Smith R. The end of disease and the beginning of health. *BMJ Group Blogs* 2008. <http://blogs.bmj.com/bmj/2008/07/08/richard-smith-the-end-of-disease-and-the-beginning-ofhealth/>.
 11. Johan A Stenberg, Ingvar Sundh, Paul G. Becher, et al. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*. 2021. 94 (1), 665-676. doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7.
 12. Feala J. D. et al. Biological control networks suggest the use of biomimetic sets for combinatorial therapies. *arXiv preprint*, 2010. <http://www.combiobiocontrol.org>
 13. Barratt BIP, Moran VC, Bigler F, van Lenteren JC. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *Biocontrol*. 2018. 63, 155-167. doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y.
 14. Arnaud Sentis, Jean-Louis Hemptinne, Alexandra Magro, Yannick Outreman. Biological control needs evolutionary perspectives of ecological interactions. *Evol Appl*. 2022. 15 (10), 537-1554. doi: 10.1111/eva.13457. eCollection 2022 Oct.
 15. Pest Manag Sci. Four pillars are required to support a successful biocontrol fungus. 2024. 80 (1), 35-39. doi: 10.1002/ps.7417.
 16. Cody Arbuckle. Exploring the Relationship of Digital Information Sources and Medication Adherence. *Computers in Biology and Medicine*. 2019. 109,303-310. doi: 10.1016/j.combiomed.2019.04.023.
 17. Nikolas Rose. *The Politics of Life Itself*. Sage. 2021. 18 (6), 345-347. doi.org/10.1177/026327601220520.
 18. Arena J.,G, BrunoG.M., Hannah S. Comparison of frontal electromyographic biofeedback training, trapezius electromyographic biofeedback training, and progressive muscle relaxation therapy in the treatment of tension headache. *Headache*. 200. 35, 411-419.
 19. Dana L Frank, Lamees Khorshid. Biofeedback in medicine: who, when, why and how? *Ment Health Fam Med*. 2010. 7 (2), 85-91
 20. Головенко М.Я. Фармакокінетический моніторинг — запорука раціональної фармакотерапії. *Журн. Національної академії медичних наук України*. 2012. 18 (4), 440 -450.
 21. Головенко М. Я. Військова фармакологія: історичні, медичні, етичні та правові аспекти. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2025. 19 (1), 27-38. doi.org/10.33250/19.01.027.

References

1. Golyachenko O., Hanitkevych Ya. *History of Medicine*. Kyiv: Ukrmedknyga; 2021. 326 p.
2. Stupak F. Ya. *History of Medicine*. Kyiv: Knigaplus; 2020. 176 p.
3. Kashina S. S. *Philosophy of Health: Historical and Theoretical Analysis*. — Kyiv: Center for Educational Literature, 2013.
4. Engel, G. L. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*. 1977. 196 (4286), 129-136.
5. World Health Organization. Constitution of the World Health Organization. WHO, 1948.
6. Engel, G. L. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*. 1977. 196, 129-136. <https://doi.org/10.1126/science.847460>
7. V P van Druten, E A Bartels, D van de Mheen, E de Vries, A P M Kerckhoffs, L M W Nahar-van Venrooij. Concepts of health in different contexts: a scoping review. *BMC Health Serv Res*. 2022. Mar 24 (22), 389. doi: 10.1186/s12913-022-07702-2.
8. Huber, M., et al. How should we define health? *BMJ*. 2011. 343, d4163. DOI: 10.1136/bmj.d4163.
9. WHO. Mental health in the 21st century: challenges and responses. — Geneva, 2013.
10. Smith R. The end of disease and the beginning of health. *BMJ Group Blogs* 2008. <http://blogs.bmj.com/bmj/2008/07/08/richard-smith-the-end-of-disease-and-the-beginning-ofhealth/>.
11. Johan A Stenberg, Ingvar Sundh, Paul G. Becher, et al. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and

- classifications. Journal of Pest Science. 2021. 94 (1), 665-676. doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7.
12. Feala J. D. et al. Biological control networks suggest the use of biomimetic sets for combinatorial therapies. arXiv preprint, 2010. <http://www.combiocontrol.org>
13. Barratt BIP, Moran VC, Bigler F, van Lenteren JC. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. Biocontrol. 2018. 63, 155–167. doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y.
14. Arnaud Sentis, Jean-Louis Hemptinne, Alexandra Magro, Yannick Outreman. Biological control needs evolutionary perspectives of ecological interactions. Evol Appl. 2022. 15 (10), 537-1554. doi: 10.1111/eva.13457. eCollection 2022 Oct.
15. Pest Manag Sci. Four pillars are required to support a successful biocontrol fungus. 2024. 80 (1), 35-39. doi: 10.1002/ps.7417.
16. Cody Arbuckle. Exploring the Relationship of Digital Information Sources and Medication Adherence. Computers in Biology and Medicine. 2019. 109,303-310. doi: 10.1016/j.combiomed.2019.04.023.
17. Nikolas Rose. The Politics of Life Itself. Sage. 2021. 18 (6), 345-347. doi.org/10.1177/026327601220520.
18. Arena J.,G, BrunoG.M., Hannah S. Comparison of frontal electromyographic biofeedback training, trapezius electromyographic biofeedback training, and progressive muscle relaxation therapy in the treatment of tension headache. Headache. 200. 35, 411–419.
19. Dana L Frank, Lamees Khorshid. Biofeedback in medicine: who, when, why and how? Ment Health Fam Med. 2010. 7 (2), 85–91
20. Golovenko M.Ya. Pharmacokinetic monitoring — the key to rational pharmacotherapy. Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. 2012. 18 (4), 440 -450.
21. Golovenko M.Ya. Military pharmacology: historical, medical, ethical and legal aspects. Pharmacology and medicinal toxicology. 2025. 19 (1), 27-38. doi.org/10.33250/19.01.027.
- Вперше надійшла до редакції 27.04.2025 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування

УДК 616-089.4-001.17:004.8

DOI: <https://zenodo.org/records/17218916>

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BURN CARE

Znamerovskiy S., Aliksieieva O., Savytskyi I.

Ukrainian Research Institute of Transport Medicine of the Ministry of Health of Ukraine

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛІКУВАННІ ОПІКІВ

Знамеровський С., Алексєєва О., Савицький І.

Український науково-дослідний інститут медицини транспорту МОЗ України

“Whoever saves one life, it is as if he had saved the entire world.”

(Talmud, Sanhedrin 37a)

Summary/Резюме

Background: Burns are currently a serious problem for countries, especially for LMICs where the acute issues remain: lack of funding and medical staff, dependence on foreign investment, poor infrastructure and access to health care, lack of equipment. Treating burns is very burdensome. AI offers an inexhaustible potential for improving clinical decision-making with cost optimization and improvement of treatment standards with outcomes.

Methods: When analyzing the use of AI in medicine, especially in burns, it is possible to find the application of AI in the evaluation of the affected areas, especially in depth, the development of treatment algorithms, predictive modelling of clinical cases with personalization, and prognoses of outcome from burns.

Results: AI demonstrated high accuracy in the classification of burns using databases based on the archiving of the affected skin. Models using AI have shown their effectiveness