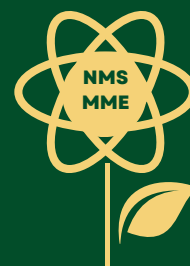

ПРИРОДНИЧІ, МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ ТА ОСВІТА В МЕДИЦИНІ



NATURAL & MATHEMATICAL SCIENCES IN MEDICINE AND MEDICAL EDUCATION

2025
Nº2(3)



3083-5887 online

ISSN:3083-5887 online

УДК : 5+51+37.01]:61

DOI: 10.24061/3083-5887.j.nmsmme



Природничі, математичні науки та освіта в медицині

2(3)2025

Утворений у квітні 2024 р.

ЗАСНОВНИК ЖУРНАЛУ: Буковинський державний медичний університет (м. Чернівці, Україна) (наказ ректора БДМУ 141-Адм від 02.04.2024р.)

Періодичність видання: 2 номери на рік

Метою журналу є висвітлення міждисциплінарної важливості нових теоретичних і прикладних досягнень природничих та математичних наук, а також проблем, що постають на шляху використання цих досягнень задля розвитку медицини та стимулювання взаємодії між науковцями. Журнал розрахований на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, що працюють для медицини і в медицині.

Рекомендовано до опублікування в мережі Інтернет Вченою радою Буковинського державного медичного університету Протокол №5 від 27 листопада 2025 року

Natural & Mathematical Sciences in Medicine and Medical Education

2(3)2025

was founded in April 2024

by **Bukovinian State Medical University** (Chernivtsi, Ukraine)
and issued 2 times per year

The journal highlights interdisciplinary significance of new theoretical and applied research findings of natural and mathematical sciences, as well as problems that arise in the way of using these research findings for the development of medicine to the wider community. The journal is intended for scientists, teachers, graduate students, students working for medicine and in medicine.

Recommended for publication on the Internet by the Academic Council of the Bukovinian State Medical University Protocol #5 dated by 27 November 2025



3083-5887 online



Редакційний штат

Головний редактор

Федів Володимир Іванович -

д.фіз.-мат.н., проф. (Чернівці, Україна)

Заступник головного редактора

Іванчук Марія Анатоліївна -

к.фіз.-мат.н., доц., (Чернівці, Україна)

Відповідальний секретар

Олар Олена Іванівна -

к.фіз.-мат.н., доц., (Чернівці, Україна)

Відповідальний редактор

Кульчинський Віктор Васильович -

к.фіз.-мат.н. (Чернівці, Україна)

Редакційна колегія

А Освіта

A1 Освітні науки

Зорій Ярослав Богданович,

д.пед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Мосейчук Юрій Юрійович,

д.пед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Остапович Наталія Володимирівна,

к.пед.н., доц., (Івано-Франківськ, Україна)

Пайкуш Маріанна Андріївна,

д.пед.н., доц., (Львів, Україна)

Стучинська Наталія Василівна,

к.ф.-м. н, д.пед. (Київ, Україна)

Тимчук Людмила Іванівна,

д.пед. наук, проф., (Чернівці, Україна)

Шарлович Зоя,

к.пед. наук, (Ломжа, Республіка Польща)

Е Природничі науки, математика та статистика

Е3 Хімія

Капуш Ольга Анатоліївна,

к.хім.н., ст.наук.сп., (Київ, Україна)

Халавка Юрій Богданович,

д.хім.н., доц., (Чернівці, Україна)

Editorial Team

Editor in Chief

Fediv Volodymyr -

Dr. Sci.(Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Associate editor-in-chief

Ivanchuk Maria -

PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Editorial administrator

Olar Olena -

PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Managing Editor

Kulchynskiy Viktor -

PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Associate Editors

Education

Educational Sciences

Zoriy Yaroslav,

PhD (Pedagogics), Chernivtsi, Ukraine

Moseichuk Yurii,

Dr. Sci. (Pedagogics), Chernivtsi, Ukraine

Ostapovych Natalia,

PhD (Pedagogics), Ivano-Frankivsk, Ukraine

Paykush Marianna,

Dr. Sci. (Pedagogics), Lviv, Ukraine

Stuchynska Nataliia,

Dr. Sci. (Pedagogics), Kyiv, Ukraine,

Tymchuk Liudmyla,

Dr. Sci. (Pedagogics), Chernivtsi, Ukraine

Sharlovych Zoia,

PhD (Pedagogics), Łomża, Poland

Natural Sciences, Mathematics and Statistics

Chemistry

Kapush Olga,

PhD (Chemistry), Kyiv, Ukraine

Khalavka Yuriy,

Dr. Sci. (Chemistry), Chernivtsi, Ukraine



Чорноус Віталій Олександрович,
д.хім.н., проф., (Чернівці, Україна)

Е6 Прикладна фізика та наноматеріали

Дуболазов Олександр Володимирович,
д.фіз.-мат.н., проф., (Чернівці, Україна)

Кобилянський Роман Романович,
к.фіз.-мат.н., (Чернівці, Україна)

Солован Михайло Миколайович,
д.фіз.-мат.н., доц., (Познань, Польща)

Суходуб Леонід Федорович, д.фіз.-мат.н.,
проф., член-кор.НАНУ, (Суми, Україна)

Трусова Валерія Михайлівна, д.фіз.-мат.н.,
доц., член-кор.НАНУ, (Харків, Україна)

Фойтік Антон,
д.інж., проф., (Прага, Чехія)

Е7 Математика

Антонюк Світлана Володимирівна,
к.фіз.-мат.н., доц., (Чернівці, Україна)

Лукашів Тарас Олегович,
к.фіз.-мат.н., доц., (Чернівці, Україна)

Малик Ігор Володимирович,
д.фіз.-мат.н., доц., (Чернівці, Україна)

Самойленко Ігор Валерійович,
д.фіз.-мат.н., проф., (Київ, Україна)

*І Охорона здоров'я та
соціальне забезпечення*

І2 Медицина

Безрук Володимир Володимирович,
д.мед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Булик Роман Євгенович,
д.мед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Вакуленко Людмила Іванівна,
д.мед.н., проф. (Дніпро, Україна)

Василюк Сергій Михайлович,
д.мед.н., проф., (Івано-Франківськ, Україна)

Гринчук Федір Васильович,
д.мед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Іванчук Павло Романович,
к.мед.н., доц., (Чернівці, Україна)

Chornous Vitalij,
Dr. Sci. (Chemistry), Chernivtsi, Ukraine

Applied Physics and Nanomaterials

Dubolazov Alexander,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Kobylianskyi Roman,
PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Solovan Mykhailo,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Poznan, Poland, EU

Sukhodub Leonid,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Sumy, Ukraine

Trusova Valeriya,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Kharkiv, Ukraine

Fojtik Anton,
DEng, CSc, Prague, Czech Republic, EU

Mathematics

Antonyuk Svitlana,
PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Lukashiv Taras,
PhD (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Malyk Igor,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Chernivtsi, Ukraine

Samoilenko Igor,
Dr. Sci. (Phys. & Math.), Kyiv, Ukraine

Health and Social Security

Medicine

Bezruk Volodymyr,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Bulyk Roman,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Vakulenko Liudmyla,
Dr. Sci. (Medicine), Dnipro, Ukraine

Vasyliuk Serhii,
Dr. Sci. (Medicine), Ivano-Frankivsk, Ukraine

Grynychuk Fedir,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Ivanchuk Pavlo,
PhD (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

ISSN: 3083-5887 online

UDC : 5+51+37.01]:61

DOI: 10.24061/3083-5887.j.nmsmme



Кендзерська Тетяна, PhD (Medicine),
Assistent Professor, (Оттава, Канада)

Плеш Ігор Антонович,
д.мед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Полянський Ігор Юлійович,
д.мед.н., проф., (Чернівці, Україна)

Токар Петро Юрійович,
доктор філософії, (Чернівці, Україна)

Федів Олександр Іванович,
д.мед.н., (Чернівці, Україна)

Хемедан Ахмед, PhD, Postdoctoral researcher
in Luxembourg University, (Люксембург)

Kendzerska Tetyana, PhD (Medicine),
Assistent Professor, Ottawa, Canada

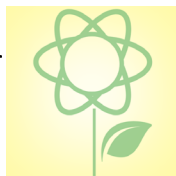
Plesh Igor,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Polianskiy Ihor,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Tokar Petro,
PhD (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Fediv Oleksandr,
Dr. Sci. (Medicine), Chernivtsi, Ukraine

Hemedan Ahmed, PhD, Postdoctoral researcher
in Luxembourg University, Luxembourg



Зміст	Contents
Природничі науки в медицині	Natural sciences in medicine
<u>Молекулярні механізми та хімічні передумови розширення терапевтичного потенціалу лозартану</u> <u>Братенко М., Чорноус В., Грозав А., Жураківська Х.</u> 7	<u>Molecular mechanisms and chemical foundations for expanding the therapeutic potential of losartan</u> <u>Bratenko M., Chornous V., Hrozav A., Zhurakivska Kh.</u> 7
Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті	Natural and mathematical disciplines in medical education
<u>Роль фізики в освіті і практичній діяльності медичних сестер</u> <u>Микитюк О., Слипанюк О.</u> 23	<u>The role of physics in the education and practice of nurses</u> <u>Mykytiuk O., Slypaniuk O.</u> 23
<u>Використання інформаційно-комунікаційних технологій при викладанні анатомії людини</u> <u>Процак Т., Забродський І.</u> 31	<u>The use of information and communication technologies in teaching human anatomy</u> <u>Protsak T., Zabrodskyi I.</u> 31
<u>Оптимізація системи оцінювання знань та вмінь здобувачів медичної освіти</u> <u>Кравченко О.</u> 44	<u>Optimizing the System for Assessing Knowledge and Skills of Medical Students</u> <u>Kravchenko O.</u> 44
<u>Керівництво для авторів</u> 52	<u>Author Guidelines</u> 52



Надійшла до редакції 06 грудня 2025р.
Прийнята до друку 12 грудня 2025р.
Опубліковано на сайті 17 грудня 2025р.

УДК: 615.225.2:577.152.3:577.112

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.I.1](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.I.1)

Молекулярні механізми та хімічні передумови розширення терапевтичного потенціалу лозартану

Михайло Братенко

 ID: [0000-0001-6849-0948](https://orcid.org/0000-0001-6849-0948) @: bratenko.mihajlo@bsmu.edu.ua

Віталій Чорноус

 ID: [0000-0002-1431-6685](https://orcid.org/0000-0002-1431-6685) @: chornous.vitalij@bsmu.edu.ua

Аліна Грозав

 ID: [0000-0001-9821-0695](https://orcid.org/0000-0001-9821-0695) @: hrozav.alina@bsmu.edu.ua

Христина Жураківська
@: khrystyna3356@gmail.com

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

Ключові слова:

Лозартан;
молекулярні механізми;
хімічна структура
рецептори ангіотензину II;
ренін-ангіотензин-
альдостеронова система;
сигнальні шляхи TGF- β ;
біомолекулярні маркери;
оксидативний стрес;
протизапальні механізми;
нефропротекція;
мікросудинна дисфункція;
персоніфікована
фармакотерапія.

Анотація

Огляд узагальнює сучасні дані молекулярної біології, біохімії та хімії, які дозволили переосмислити та розширити терапевтичний потенціал Лозартану. Проаналізовано результати клінічних, експериментальних і молекулярних досліджень, які розкрили зв'язок між хімічною структурою Лозартану, його метаболітів та їх специфічними взаємодіями з біомішенями, включно з рецепторами ангіотензину II і регуляторними системами клітини. Особливу увагу приділено механізмам, підтвердженим хімічними та біомолекулярними маркерами: модифікації активності ренін-ангіотензин-альдостеронової системи, впливу на оксидативний гомеостаз, регуляцію TGF- β -залежних сигнальних шляхів, ендотеліальну дисфункцію та мікросудинне ремоделювання. Показано, що нові дані про хімічні властивості Лозартану, його взаємодію з ферментними системами, транспортерами та рецепторами сприяли розширенню спектра клінічного застосування препарату - від кардіометаболічних і нефропротекторних ефектів до використання в офтальмології, гастроентерології, ревматології й онкології. Досліджено перспективи створення інноваційних комбінаційних форм, таргетних delivery-систем, а також прогностичних біохімічних моделей, що визначають індивідуальну відповідь на терапію.

Цитувати як:

Братенко М, Чорноус В, Грозав А, Жураківська Х. Молекулярні механізми та хімічні передумови розширення терапевтичного потенціалу лозартану. Природничі, математичні науки та освіта в медицині 2(3) 2025 7-22.

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.I.1](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.I.1)

Molecular mechanisms and chemical foundations for expanding the therapeutic potential of losartan

Mykhailo Bratenko

 ID: [0000-0001-6849-0948](https://orcid.org/0000-0001-6849-0948) @: bratenko.mihajlo@bsmu.edu.ua

Vitalii Chornous

 ID: [0000-0002-1431-6685](https://orcid.org/0000-0002-1431-6685) @: chornous.vitalij@bsmu.edu.ua

Alina Hrozav

 ID: [0000-0001-9821-0695](https://orcid.org/0000-0001-9821-0695) @: hrozav.alina@bsmu.edu.ua

Khrystyna Zhurakivska

@: khrystyna3356@gmail.com

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Abstract

Keywords:

losartan;
molecular mechanisms;
chemical structure;
angiotensin II receptors;
renin–angiotensin–aldosterone system;
TGF- β signaling pathways;
biomolecular markers;
oxidative stress;
anti-inflammatory mechanisms;
nephroprotection;
microvascular dysfunction;
personalized pharmacotherapy.

The review summarizes current data in molecular biology, biochemistry, and chemistry that have formed the basis for re-evaluating and expanding the therapeutic potential of losartan. It analyzes findings from clinical, experimental, and molecular studies that have enabled detailed characterization of losartan's chemical structure, its metabolites, and its specific interactions with biological targets, including angiotensin II receptors and cellular regulatory systems. Particular attention is given to mechanisms confirmed by chemical and biomolecular markers: modulation of renin–angiotensin–aldosterone system activity, effects on oxidative homeostasis, regulation of TGF- β –dependent signaling pathways, endothelial dysfunction, and microvascular remodeling. The review demonstrates how new insights into the chemical properties of losartan, as well as its interactions with enzymatic systems, transporters, and receptors, have contributed to broadening its clinical application—from cardiometabolic and nephroprotective effects to its use in ophthalmology, gastroenterology, rheumatology, and oncology. The prospects of developing innovative combination formulations, targeted delivery systems, and predictive biochemical models that determine individual therapeutic responses are also discussed.

Зміст

Вступ	9
I. Основна частина	10
II. Обговорення	17
Висновки	19
Список використаних джерел	20

Перелік скорочень:

БРА - блокатори рецепторів ангіотензину II

AT₁R – Рецептори ангіотензину II типу 1

TGF- β - Трансформувальний фактор росту бета, transforming growth factor beta

ERK - позаклітинно-сигналізуючі кінази, Extracellular signal-regulated kinase

SMAD – сімейство сигнальних білків, Signal transducer proteins SMAD

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

PRK – фоторефракційна кератектомія, Photorefractive Keratectomy

LASIK – лазерна інтрастромальна кератомілезія, Laser-Assisted In Situ

Keratomileusis

SMILE - мала інвазивна екстракція лентикули, Small Incision Lenticule Extraction

ECM - позаклітинний матрикс, ExtraCellular Matrix

HSV - простий вірус герпесу, Herpes Simple Virus

VZV - вірус вітряної віспи, Varicella-Zoster Virus

α -SMA - α -гладеньком'язовий актин, α -Smooth Muscle Actin

mFOLFIRINOX - модифікована схема хіміотерапії FOLFIRINOX, modified

FOLFIRINOX (folinic acid, 5-FU, irinotecan, oxaliplatin)

SAMP1/YitFc - специфічний інбредний штам мишей, який служить тваринною моделлю для хвороби Крона у людини

TNF- α - Фактор некрозу пухлини альфа, Tumor Necrosis Factor-alpha

IL-6, IL-1 β - інтерлейкіни

HVPG - градієнт тиску в системі печінкових вен, Hepatic Venous Pressure

Gradient

WHVP - тиск заклинювання печінкових вен, wedged hepatic venous pressure

LST-LPXs - ліциплекси з калієвою сіллю лозартану, Losartan Potassium Leciplexes

RDEB - Recessive Dystrophic Epidermolysis Bullosa

OAT – Остеохондральна аутоотрансплантація

РААС, РАА-система - Ренін-ангіотензин-альдостеронова система

BrdU - Бромодезоксиуридин (маркер проліферації клітин)

ABPM – Добовий моніторинг артеріального тиску,

Ambulatory Blood Pressure Monitoring

SGLT2 – Натрій-глюкозний котранспортер 2

Вступ

Стрімкий розвиток природничих наук - біохімії, молекулярної біології, фізіології, фармакології та хімії - суттєво змінює сучасну медичну практику, розкриваючи нові підходи до розуміння патогенезу захворювань і вдосконалення фармакотерапії. Одним із прикладів успішної інтеграції фундаментальних наукових знань у клінічну медицину є розширення терапевтичних можливостей Лозартану - першого представника блокаторів рецепторів ангіотензину II (БРА). Створений як антигіпертензивний засіб, він поступово став об'єктом багатовекторних досліджень, що охоплюють молекулярні механізми регуляції, сигнальні шляхи, процеси запалення, оксидативний стрес та метаболічні порушення.

Такі інноваційні методи, як високоефективний скринінг, математичне

моделювання, хімічний дизайн молекул, системна біологія та біотехнологічні платформи, дозволили значно поглибити уявлення про фармакодинаміку та фармакокінетику Лозартану. Отримані нові дані показали, що його дія не обмежується впливом на ренін-ангіотензин-альдостеронову систему (РААС): препарат виявляє антиоксидантні, антифібротичні, нефропротекторні та кардіометаболічні ефекти.

Наукові відкриття останніх років продемонстрували, що Лозартан здатний впливати на складні молекулярні каскади, пов'язані з інсулінорезистентністю, ендотеліальною дисфункцією, хронічним запаленням, ремоделюванням міокарда, порушеннями мікроциркуляції та пошкодженням органів-мішеней. Одночасно зростає кількість робіт, присвячених його потенційному застосуванню у пацієнтів

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

із цукровим діабетом, хронічною хворобою нирок, серцевою недостатністю, ожирінням, метаболічним синдромом та іншими мультифакторними станами. Розробка нових комбінаційних форм, нанотехнологічних систем доставки та

прогностичних математичних моделей дії препарату свідчить про формування нової парадигми: Лозартан розглядається не лише як антигіпертензивний засіб, а як багатофункціональна молекула, перспективна для персоніфікованої терапії.

Мета роботи – систематизація й аналіз сучасних досягнень природничих наук, що пояснюють механізми дії [1, 2, 3, 4, 5], клінічні особливості застосування [6, 7, 8, 9] та перспективи розширеного медичного використання Лозартану [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16], а також узагальнення нових наукових напрямів, що визначають його місце у сучасній медицині.

I. Основна частина

1. Молекулярно-біологічні передумови та інноваційні аспекти офтальмологічного застосування топічного Лозартану

Фібротичні процеси рогівки залишаються одними з ключових причин зниження гостроти зору та погіршень стану пацієнтів після офтальмологічних втручань. Прогрес у галузях молекулярної біології, хімії білків, біохімії матриксу та клітинної сигналізації дозволив глибоко охарактеризувати механізми, що лежать в основі корнеального фіброзу та визначити специфічні молекулярні мішені для фармакологічної корекції. Зокрема, фундаментальні дані щодо надмірної активації TGF- β -залежних сигнальних шляхів, участі ERK-, Smad- та інтегринових каскадів і біохімічних маркерів міофібробластичної диференціації стали передумовою для застосування Лозартану у вигляді топічних форм.

Добре відомий як селективний антагоніст AT₁-рецепторів ангіотензину II, Лозартан у офтальмологічному контексті демонструє властивості, що виходять далеко за межі антигіпертензивної дії. Завдяки блокуванню AT₁R, він опосередковано інгібує TGF- β -залежні фібротичні сигнали, знижуючи активність ERK- та Smad-каскадів, що підтверджують сучасні біомолекулярні дослідженнями. Нові експериментальні моделі - *ex vivo* рогівкові матрикси, 3D-культура стромальних клітин, високошвидкісна конфокальна мікроскопія - дали змогу довести, що

топічний Лозартан впливає на глибокі шари строми та модулює ключові механізми надмірного колагеноутворення.

У дослідженні [17] показано, що гальмування ERK-опосередкованої активації TGF- β є центральною ланкою антифібротичної дії Лозартану. Завдяки використанню сучасних методів аналізу - імуногістохімії з маркерами α -SMA, флуоресцентного аналізу SMAD-фосфорилування, цифрової морфометрії - підтверджено його ефективність у запобіганні стромальному фіброзу після PRK, LASIK, SMILE [18].

Дані публікації [19] підтверджуються результатами біохімічних характеристик епітеліального шару: токсикологічні моделі, засновані на цитомаркерах життєздатності (CK3/CK12, Ki-67), дали змогу визначити безпечні концентрації топічного Лозартану (0,2мг/мл при порушенні епітелію та 0,8мг/мл при інтактному). Перевищення цих доз спричинює цитотоксичні зміни, що має чітке молекулярне підґрунтя.

У роботі [18] підтверджено, що топічний Лозартан знижує інтенсивність субепітеліального *haze* завдяки впливу на популяцію стромальних клітин і відновлення структури колагенових волокон. Такий ефект став зрозумілим лише після розвитку технологій кількісної оптичної когерентної томографії та аналізу біл-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

кових маркерів ЕСМ-ремоделювання.

Отримані дані у дослідженні [20] показали, що інгібування TGF- β , ERK та синтезу колагену I/IV є ключовими молекулярними мішенями дії топічного Лозартану. Поява сучасних методів імуногістохімічного фарбування дозволила детально охарактеризувати зниження міофібробластичної активності.

На основі вірусологічних та біохімічних моделей (HSV, VZV) у публікації [21] продемонстровано механізми, що пояснюють ефективність топічного Лозартану при вірусно-індукованому фіброзі. Препарат зменшує експресію вірус-асоційованих факторів ремоделювання ЕСМ, що стало очевидним завдяки розвитку молекулярних методів детекції вірусної реплікації.

Застосування цифрових методів кількісної оцінки прозорості рогівки та детальний структурний аналіз просторової організації колагенових волокон, описані у публікації [22], переконливо продемонстрували виражений антифібротичний ефект Лозартану. Показано, що застосування 0,8 мг/мл розчину Лозартану супроводжується статистично значущим зниженням ступеня дезорганізації колагенових фібрил та відновленням їх упорядкованого пошарового укладання, що є критичним чинником збереження оптичної прозорості рогівки. Цифровий морфометричний аналіз засвідчив суттєве зменшення інтенсивності світлорозсіювання та зниження щільності фіброзної тканини у порівнянні з нелікованими зразками, що свідчить про ефективне пригнічення процесів корнеального фіброзу. Отримані результати підтверджують перспективність локального засто-

сування Лозартану як терапевтичного засобу для корекції фібротичних змін рогівки та підкреслюють його цільовий вплив на молекулярні механізми ремоделювання позаклітинного матриксу.

Механістичні дані [23], отримані з використанням технік мікроскопії високої роздільної здатності у поєднанні з фармакокінетичним моделюванням тканинної проникності, переконливо свідчать про здатність Лозартану до повношарового (транскорнеального) проникнення крізь усі анатомічні шари рогівки. Продemonстровано, що досягнення терапевтично релевантних концентрацій препарату в стромі та задніх відділах рогівки супроводжується інгібуванням експресії ключових молекулярних маркерів фіброзу, зокрема α -гладеньком'язового актину (α -SMA), колагену IV та фібронектину. Зниження рівнів цих білків, які відіграють центральну роль у диференціації фібробластів у міофібробласти та надмірному накопиченні компонентів позаклітинного матриксу, підтверджує антифібротичний механізм дії Лозартану, пов'язаний із модуляцією сигнальних шляхів ангіотензину II та TGF- β [24]. Сукупність наведених даних обґрунтовує доцільність локального застосування Лозартану для профілактики та лікування фібротичних уражень рогівки.

У клінічних випадках [25] тривале застосування 0,8 мг/мл топічного Лозартану продемонструвало відновлення прозорості рогівки, що є наслідком підтверджених молекулярних механізмів дії препарату, встановлених у попередніх фундаментальних дослідженнях.

2. Роль біохімічних та молекулярно-біологічних досліджень у розкритті нових терапевтичних можливостей Лозартану в гастроентерології та онкології

Фібротичні та запальні процеси, що визначають прогресування більшості гастроентерологічних і онкологічних захворювань, сьогодні активно досліджу-

ються засобами молекулярної біології, біохімії та клітинної медицини. Сучасні наукові підходи дали змогу встановити ключові патогенетичні ланки, зокре-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

ма надмірну активацію ангіотензину II та трансформувального фактора росту β (TGF- β), які визначають формування патологічного мікрооточення, стимулюють фіброгенез і підтримують хронічне запалення. Ці відкриття стали підґрунтям для переосмислення фармакологічного потенціалу Лозартану - класичного блокатора AT_1 -рецепторів - як засобу з вираженим антифібротичним та імуномодулювальним ефектом.

Досягнення біохімії дозволили продемонструвати, що блокада AT_1 -рецепторів зменшує активацію осі ренін-ангіотензин-TGF- β , модулює експресію прозапальних цитокінів, впливає на перебудову позаклітинного матриксу та пригнічує ключові сигнальні каскади ERK і Smad. Саме ці молекулярні механізми сьогодні розглядаються як фундаментальні біомаркери ефективності терапії та основа для формування нових клінічних стратегій у гастроентерології та онкології.

У дослідженні [26] застосування Лозартану в комбінації з хіміотерапевтичною схемою mFOLFIRINOX було обґрунтовано не лише клінічними спостереженнями, а й сучасними моделями взаємодії ангіотензинової системи та пухлинного мікрооточення. Молекулярні дані вказують, що пригнічення AT_1 -залежної активації фіброгенезу може підвищувати проникність пухлини для цитостатиків та покращувати мікроциркуляцію. Хоча дослідження не продемонструвало статистично значущого приросту виживаності, воно свідчить про перспективність Лозартану як модулятора позаклітинного матриксу в онкотерапії.

Експериментальна робота на моделі SAMP1/YitFc [27] - одній із найкращих

моделей хронічного ілеїту - використовувала сучасні методи гістології, імуногістохімії та аналізу експресії генів для дослідження впливу Лозартану. Результати показали значне зниження рівнів TNF- α , IL-6 та IL-1 β , зменшення колагенового депонування та пригнічення активності фібротичних маркерів. На молекулярному рівні це відповідає гальмуванню осі ренін-ангіотензин-TGF- β та нормалізації регуляторних каскадів, що контролюють запалення і ремоделювання тканин. Важливо, що Лозартан запобігав повторному розвитку фіброзу після відміни глюкокортикостероїдів, демонструючи стійкий молекулярний ефект.

Систематичний огляд [28], який узагальнює дані 12 клінічних досліджень, підтверджує, що зниження HVPG і WHVP під дією Лозартану узгоджується з механістичними моделями пригнічення міофібробластичної активності та синтезу компонентів позаклітинного матриксу. Оцінка динаміки біомаркерів фіброзу, функції нирок та показників мікроциркуляції вказує на багаторівневу дію препарату, що охоплює одночасно біохімічні, клітинні та тканинні механізми.

Таким чином, сучасні біохімічні та молекулярно-біологічні підходи стали ключем до розкриття нових терапевтичних можливостей Лозартану в гастроентерології та онкології. Вони дозволили визначити нові біомаркери ефективності, уточнити патофізіологічні ланки дії препарату й сформулювати підґрунтя для його включення в інноваційні комбіновані схеми лікування станів, що супроводжуються хронічним запаленням, фіброзом і складним ремоделюванням тканин.

3. Ревматологічні та дерматологічні аспекти застосування Лозартану з позицій новітніх досягнень молекулярної біології

Розвиток молекулярної біології, біохімії сполучної тканини та нанотехнологій, відкрив нові підходи до лікування рев-

матологічних і дерматологічних захворювань, у патогенезі яких ключову роль відіграють хронічне запалення та фіброгенез.

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

Лозартан, відомий переважно як антигіпертензивний засіб, привертає увагу дослідників завдяки здатності модулювати патологічні каскади, пов'язані з ангіотензином II та TGF- β , - центральними регуляторами аутоімунних, фібротичних і запальних процесів. У поєднанні з сучасними біотехнологічними підходами, це зумовило зростання інтересу до Лозартану як перспективного інструмента персоналізованої та патогенетично орієнтованої терапії в ревматології та дерматології.

У роботі Hussein A. A. та співавт. [29] представлено інноваційний підхід, що ґрунтується на використанні досягнень у галузі нанотехнологій: калієву сіль Лозартану інкапсулювали у ліпідні наноструктури - ліциплекси (LST-LPXs) для трансдермальної доставки. Розроблена система демонструвала високий рівень інкапсуляції (88,05%), нанорозмірні частинки (~247nm), контрольоване вивільнення препарату протягом 24 годин і ефективну penetрацію крізь шкіру. Дослідження на тваринних моделях ревматоїдного артриту показало суттєве зменшення запалення, оксидативного стресу та маркерів фіброгенезу, а також нормалізацію експресії рецепторів AT₁R/AT₂R. Ці результати демонструють, як нанотехнології дозволяють переосмислити фармакологічний потенціал Лозартану і створити неінвазивні платформи для лікування ревматоїдного артриту.

Дослідження Joseph J. та співавт. [30] зосереджене на застосуванні Лозартану при рецидивній дистрофічній епідермолізі булозі (RDEB), тяжкому генетичному захворюванні, що супроводжується хроніч-

ними ранами та прогресивним фіброзом шкіри. Автори показали, що блокування шляху TGF- β за допомогою Лозартану потенційно зменшує патологічне ремоделювання тканини і може сприяти покращенню регенерації. Отримані дані підкреслюють важливість молекулярних досліджень у пошуку нових терапевтичних рішень для рідкісних дерматологічних патологій.

Інноваційний підхід до локального лікування гіпертрофічних рубців описано Farokh Forghani S. та ін. [31], які розробили гель Лозартану, що формується *in situ*. Використання полімерів гіалуронової кислоти та біосумісних розчинників забезпечило тривале вивільнення діючої речовини та адресну дію у тканинах. Експериментальні результати продемонстрували зниження проліферації фібробластів, пригнічення синтезу колагену та зменшення рівня TGF- β 1. Виявлене зменшення товщини рубцевої тканини та нормалізація структури колагенових волокон свідчать про високий потенціал сучасних біоматеріалів у підвищенні ефективності локальної антифібротичної терапії.

Разом ці дані демонструють, як розвиток природничих наук - від нанотехнологій і біоматеріалів до молекулярної регуляції тканин - дозволяє переосмислити терапевтичний потенціал Лозартану у ревматології та дерматології. Препарат дедалі частіше [32] розглядається не лише як засіб системної антигіпертензивної дії, а як інструмент таргетного впливу на патологічні процеси фіброгенезу та запалення, що відкриває нові можливості для комплексного лікування широкого спектра захворювань [33].

4. Молекулярні механізми фармакологічної дії Лозартану у процесах регенерації та загоєння тканин

Сучасні дослідження демонструють, що фармакологічний потенціал Лозартану виходить далеко за межі традиційного антигіпертензивного ефекту. Значний інтерес викликає його здатність

модулювати ключові молекулярні механізми, задіяні у відновленні тканин, регенерації та загоєнні різних типів ушкоджень. Розвиток клітинної біології, молекулярної медицини та біоматеріа-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

лознавства дозволив виявити нові напрямки застосування Лозартану як регенеративного та антифібротичного агента.

У публікації [34] Kazempour M. та ін. досліджено вплив Лозартану на загоєння шкірних ран через призму регуляції хемокіну MCP-1 та синтезу колагену - ключових факторів, що визначають якість репаративних процесів. Як селективний антагоніст AT_1R , Лозартан проявляє виражені протизапальні та антифібротичні властивості, що сприяють відновленню структурної цілісності тканин при топічному застосуванні. Препарат зменшує запальну інфільтрацію, впливає на ремоделювання позаклітинного матриксу та нормалізує експресію СК14, що свідчить про покращення епітелізації. Ці дані підкреслюють перспективність використання Лозартану як інноваційного засобу для лікування хронічних ран, включно з діабетичними та ішемічними виразками, особливо у поєднанні з сучасними технологіями доставки діючих речовин.

Важливі результати отримано у дослідженні [35] Ok M. та ін., де комбіноване застосування внутрішньосуглобово введеного Лозартану та імплантації біоматеріального каркасу оцінювали у моделі остеохондральних дефектів кролів. Поєднання «каркас + Лозартан» забезпечило формування нової хрящової і кісткової тканини, що за ефективністю не поступалося стандартній остеохондральній аутотрансплантації (ОАТ), але було менш інвазивним. Ці резуль-

тати відкривають перспективи використання Лозартану в регенеративній медицині у складі біоінженерних конструкцій, спрямованих на відновлення тканин опорно-рухового апарату.

Особливу увагу привертають дані роботи [16] Nishimura H. та ін., де вивчено комбінований вплив Лозартану та природного флавоноїду фісетину на процеси клітинного старіння та остеогенез у мезенхімальних стовбурових клітинах кісткового мозку людини. Як показали експерименти [25], низькі концентрації обох сполук зменшують маркери клітинної сенесценції, а їх поєднання чинить виразний синергічний ефект, посилюючи остеогенну активність. Оптимальна комбінація (23,6 μM Лозартану + 50 μM фісетину) сприяла значному підвищенню утворення кісткової тканини, що дає підстави розглядати цю стратегію як перспективний напрямок регенеративної терапії вікових дегенеративних змін кісткової системи.

У сукупності наведені дані свідчать, що завдяки розвитку клітинних технологій, біохімії та біоінженерії Лозартан поступово набуває ролі багатофункціонального засобу в регенеративній медицині. Його здатність впливати на запалення, фіброгенез та ремоделювання тканин відкриває широкі можливості для створення інноваційних терапевтичних платформ, що поєднують фармакологічні та біотехнологічні підходи.

5. Нефропротекторні та мікросудинні ефекти Лозартану у світлі сучасних досягнень молекулярної біохімії

Порушення функції нирок та ушкодження мікросудинного русла належать до ключових патофізіологічних процесів, що визначають прогресування гіпертензії, діабету та низки метаболічних і системних захворювань. Завдяки розвитку біомедичних досліджень, молекулярної біології та експериментальної

медицини стали відомими нові механізми, які лежать в основі ренін-ангіотензин-альдостеронової системи (РААС), оксидативного стресу, ендотеліальної дисфункції та фіброгенезу. Це надало можливість по-новому оцінити нефропротекторний та мікросудинний потенціал селективних блокаторів рецепто-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

рів ангіотензину II, зокрема Лозартану.

На сучасному етапі досліджень встановлено, що Лозартан не лише знижує внутрішньоклубочковий тиск і протеїнурію, але й чинить плейотропні ефекти, спрямовані на стабілізацію ендотеліального бар'єра, модулювання експресії прозапальних та фібротичних маркерів, а також відновлення мікроциркуляції. У поєднанні з даними молекулярних моделей, дослідженнями *in vitro* та експериментальними тваринними моделями, ці результати формують підґрунтя для розширення медичних застосувань препарату за межами стандартної антигіпертензивної терапії.

У роботах, присвячених токсичним нефропатіям, важливу роль відіграють моделі, що імітують ушкодження каналців і гломерул токсичними агентами [36,37]. У публікації [38] Теке S. та співавт. показано, що Лозартан здатний значно знижувати нефротоксичність цисплатину завдяки впливу на ключові сигнальні шляхи апоптозу. У контрольованому експерименті на мишах BALB/с препарат зменшував активність каспази-3, обмежував пошкодження проксимальних каналців і підвищував кількість BrdU-позитивних клітин, що свідчить про активізацію регенеративних процесів. Ці результати підкреслюють новий біологічний аспект дії Лозартану - здатність модулювати механізми клітинної загибелі й відновлення тканини, що є перспективним для профілактики медикаментозних нефропатій.

У рамках вивчення мікросудинних

ефектів особливий інтерес викликають дані [39] Schwartz K. S. та співавт., де у рандомізованому перехресному дослідженні оцінювали дію перорального Лозартану у жінок з анамнезом прееклампсії. Завдяки сучасним методам оцінки судинної реактивності встановлено, що Лозартан суттєво покращував NO-залежну дилатацію ($p < 0,016$), знижував ангіотензин II-індуковану вазоконстрикцію ($p < 0,001$) та нормалізував мікроциркуляторні показники. Ці дані підтверджують можливість використання Лозартану у стратегіях вторинної профілактики серцево-судинних ризиків.

Завдяки розвитку органоїдних технологій, зокрема моделей «human tubuloids», стали доступними нові можливості для вивчення нефротоксичних процесів на людських клітинних системах. У дослідженні [1] Ху Y. та ін. продемонстровано, що комбіноване застосування амбризентану - блокатора ендотелінових рецепторів - разом із Лозартаном справляє виражений синергічний ефект у запобіганні ушкодженню тубулоїдів, індукованому цисплатином. Комбінація двох молекулярно спрямованих препаратів знижувала експресію прозапальних цитокінів, пригнічувала TGF- β -залежний фіброгенез, обмежувала клітинне ушкодження та відновлювала структуру каналцевої тканини.

Такі результати демонструють потенціал мультитаргетних підходів та підтверджують перспективність Лозартану як компонента комбінованої нефропротекторної терапії.

6. Оптимізація антигіпертензивної терапії за участю Лозартану в контексті сучасних природничо-наукових досягнень

Інноваційний розвиток фізіології, хронобіології, фармакокінетики та молекулярної фармакології створює нові можливості для персоніфікованої антигіпертензивної терапії, у центрі якої перебуває Лозартан як один із найбільш вивчених представників БРА. Завдя-

ки детальному вивченню циркадної регуляції РААС, біоритмів судинного тону та добових коливань ефективності препаратів стало можливим удосконалити стратегії їх застосування, оптимізувавши клінічні результати.

У публікації [40] Cornelissen G. та спі-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

вавт. проаналізовано наукові дані з добового моніторингу артеріального тиску (ABPM), що відображають фундаментальні закономірності хронофармакології. Автори розглянули вплив часу прийому антигіпертензивних препаратів, включно з комбінацією Лозартан/гідрохлортіазид, на добовий профіль тиску. Було встановлено, що вибір ранкового чи вечірнього прийому визначається індивідуальними циркадними патернами, які формуються на основі фізіологічних механізмів регуляції серцево-судинної системи. У частини пацієнтів вечірнє приймання забезпечувало кращий контроль нічного тиску та зменшення ранкового «підйому», тоді як у інших найкращі результати досягалися при ранковому прийомі. Отримані дані демонструють важливість інтеграції хроноаналізу ABPM у клінічну практику з метою персоналізації терапії.

У багатоцентровому рандомізованому дослідженні [41] Rucker-Joerg I. E. та співавт. оцінено ефективність двох сучасних комбінацій на основі Лозарта-

ну: Лозартан/хлорталідон (L/C) та Лозартан/гідрохлортіазид (L/H). Дослідження, що включало 163 пацієнти, показало, що обидві комбінації забезпечують значне зниження систолічного та діастолічного артеріального тиску, але комбінація L/C продемонструвала більш виражений вплив на діастолічний тиск і вищий відсоток пацієнтів, які досягли цільових значень. Ці результати узгоджуються з даними щодо фармакодинаміки хлорталідону, який має довший період напіввиведення та більш стабільний добовий профіль дії, що забезпечує синергію з Лозартаном у регуляції РААС та мікросудинної гемодинаміки.

Загалом отримані дані свідчать, що оптимізація терапії на основі Лозартану - від вибору часу прийому до підбору раціональних комбінацій дозволяє підвищити ефективність контролю артеріального тиску, мінімізувати варіабельність добового профілю та покращити прогностичні показники у пацієнтів із гіпертензією.

7. Безпека застосування Лозартану та фармакогеномічні аспекти його дії

Отриманий на сьогодні інформаційний кейс дозволив розширити розуміння не лише терапевтичного потенціалу Лозартану, але й факторів, що визначають його безпечність, індивідуальну переносимість та варіабельність відповіді пацієнтів. Вивчення молекулярних механізмів дії, генетичних детермінант реакції на блокаду AT_1 -рецепторів і взаємодій у багатокомпонентних фармакотерапевтичних схемах дозволяє по-новому оцінити профіль безпеки препарату та виявити рідкісні, але клінічно значущі побічні реакції.

У клінічному випадку, описаному Yuan L. та ін. [42], зафіксовано нетиповий побічний ефект - гострий дифузний зубний біль, що виникав через 30 хвилин після кожного прийому Лозартану у пацієнта з цукровим діабетом 2 типу. Відсутність стоматологічної патології та

повторюваність симптомів при повторному призначенні підтверджують роль препарату в розвитку симптомів (оцінка за алгоритмом Наранжо - 7 балів). Цей випадок підкреслює важливість молекулярних механізмів AT_1 -блокади у модифікації локальної мікроциркуляції та нервової чутливості, які потенційно можуть спричиняти подібні рідкісні реакції.

Публікація Uprety N. та ін. [43] розглядає виклики, пов'язані з токсикологічними аспектами комбінованої антигіпертензивної терапії. Випадок масивного передозування амлодипіну та Лозартану демонструє глибокі порушення гемодинамічної стабільності, зумовлені синергічним впливом на кальцієві канали та RAA-систему. Застосування фармакологічних протоколів інтенсивної терапії (кальцій, інсулін-глюкоза, вазопресори)

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

дозволило стабілізувати стан пацієн-ки. Цей випадок підкреслює значення токсикологічних досліджень та моделю-вання фармакодинамічних взаємодій для удосконалення стандартів безпеки.

Взаємодія Лозартану з іншими пре-паратами є важливим аспектом персо-налізованої терапії. Випадки, описані Duodu P. та ін. [44], вказують на мож-ливість рідкісної, але клінічно значущої взаємодії між Лозартаном та інгібіторами SGLT2. У пацієнта, який тривалий час

отримував Лозартан, після додавання емпагліфлозину виникла гостра ангіоне-вротична реакція. Можливий механізм, за даними авторів, включає перехресну модифікацію ендотеліально-залежних сигнальних шляхів, що опосередковують проникність судин та гістамінову відпо-відь. Такі спостереження підтверджують важливість фармакогеномічних та мо-лекулярно-біологічних досліджень у про-гнозуванні ризиків комбінованої терапії.

II. Обговорення

Результати аналізу сучасної літера-тури свідчать, що еволюція уявлень про Лозартан - від класичного антигіпертен-зивного засобу до багатофункціональної молекули з регенеративним, антифібро-тичним, нефропротекторним та імунो-модулювальним потенціалом - є прямим наслідком досягнень молекулярної біоло-гії, біохімії та фармацевтичної хімії. Саме розвиток цих напрямів природничих наук забезпечив перехід від емпіричного клі-нічного застосування до патогенетично обґрунтованої, таргетної та персоніфіко-ваної терапії з використанням Лозартану.

По-перше, прогрес у галузі молеку-лярної біології та клітинної сигналіза-ції дозволив детально охарактеризувати роль РААС і осі «ангіотензин II – TGF- β » у формуванні фіброзу, хронічного запалення та патологічного ремоделювання тканин. Дані, узагальнені в офтальмо-логічному напрямку, демонструють, що інгібування AT₁-рецепторів Лозартаном супроводжується пригніченням ERK- та Smad-залежних каскадів, зниженням експресії α -SMA, колагену I/IV, фібро-нектину, нормалізацією організації ко-лагенових ламелей рогівки та зменшен-ням haze після рефракційних втручань. Ці ефекти стали очевидними лише після впровадження високочутливих методів імуногістохімічного фарбування, циф-рової морфометрії, високороздільної мі-

кроскопії та фармакокінетичного моде-лювання проникності, які забезпечили механістичне пояснення клінічно зна-чущого відновлення прозорості рогівки.

По-друге, біохімічні дослідження за-пальних і фібротичних каскадів у га-строентерології та онкології показали, що Лозартан здатний впливати на складні мережі цитокінів, факторів росту та клі-тинних відповідей. Застосування сучас-них методів аналізу біомаркерів (TNF- α , IL-6, IL-1 β , показники фіброгенезу, ге-модинамічні параметри HVP/WHVP, маркери ниркової функції) дозволило продемонструвати, що блокада AT₁-ре-цепторів модулює мікрооточення орга-нів-мішеней, зменшує фіброз, покращує мікроциркуляцію і потенційно підвищує чутливість пухлин до хіміотерапії. Та-ким чином, фундаментальні біохімічні та молекулярні дані стали базою для ви-пробувань Лозартану як ад'ювантного модулятора позаклітинного матриксу та запалення при онкопатології та хронічних запальних захворюваннях кишечника.

По-третє, розвиток фармацевтич-ної хімії та нанотехнологій істотно роз-ширив можливості трансляції цих меха-ністичних знань у нові лікарські форми і платформи доставки. Створення ліпід-них наноструктур, ліциплексів, in situ ге-лів на основі гіалуронової кислоти, ком-бінованих біоматеріальних каркасів для

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

регенерації хряща та кістки продемонструвало, що Лозартан може ефективно реалізовувати свій антифібротичний і протизапальний потенціал при локальній, трансдермальній, внутрішньосуглобовій та топічній офтальмологічній доставці. Високий рівень інкапсуляції, контрольоване вивільнення та таргетність таких систем стали можливими завдяки точному фармацевтичному дизайну молекулярних носіїв та глибокому розумінню фізико-хімічних властивостей Лозартану. Таким чином, фармацевтична хімія виконує роль «містка» між фундаментальними механізмами дії та клінічно релевантною формою їх реалізації.

Четвертий важливий аспект стосується регенеративної медицини та тканинної інженерії. Дані експериментальних робіт із використанням моделей шкірних ран, остеохондральних дефектів, мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку, органоїдних «tubuloids» демонструють, що Лозартан здатний впливати на процеси клітинного старіння, епітелізації, колагеноутворення, остеогенезу та репарації ниркової тканини. Ці спостереження стали можливими завдяки поєднанню клітинних технологій, аналізу експресії генів, оцінки маркерів сенесценції та спеціалізованих біоматеріальних платформ. У підсумку формується нова парадигма: Лозартан розглядається не лише як системний антигіпертензивний засіб, а як компонент мультимодальних регенеративних стратегій, що поєднують фармакологічну модуляцію сигналізу з інженерією тканин.

Не менш важливими є внески молекулярної біохімії та хронофармакології в оптимізацію класичного антигіпертензивного застосування Лозартану. Вивчення циркадних ритмів РААС, біоритміки судинного тону та добового профілю артеріального тиску дозволило обґрунтувати індивідуалізований вибір часу прийому препарату (ранкове vs ве-

чірне дозування), а також раціональні комбінації (із тіазидними та тіазидоподібними діуретиками). Таким чином, навіть у межах «традиційного» показання - лікування гіпертензії - Лозартан стає прикладом того, як фундаментальні природничі знання дозволяють підвищити ефективність та безпеку терапії.

Окремого обговорення потребують фармакогеномічні та токсикологічні аспекти. Описані клінічні випадки нетипових побічних реакцій, потенційно зумовлених індивідуальними особливостями регуляції судинної реактивності, мікроциркуляції та нервової чутливості, а також дані про складні лікарські взаємодії (зокрема з антагоністами кальцію, інгібіторами SGLT2, цитостатичними препаратами) підкреслюють необхідність подальших молекулярно-генетичних та фармакокінетичних досліджень, що створює передумови для розробки фармакогеномічних панелей, які дозволять прогнозувати як ефективність, так і ризик побічних ефектів Лозартану в індивідуального пацієнта.

Разом із тим, попри значний обсяг експериментальних і доклінічних даних, низка напрямів застосування Лозартану, зокрема в офтальмології, онкології, ревматології, дерматології та регенеративній медицині, перебувають переважно на стадії ранніх клінічних досліджень або пілотних спостережень. Обмеженням є неоднорідність протоколів, невеликі вибірки, відсутність тривалого спостереження та стандартизованих кінцевих точок, що ускладнює пряму екстраполяцію результатів на широку клінічну практику. Саме тому подальші мультицентрові рандомізовані дослідження, які інтегруватимуть клінічні показники з молекулярними й біохімічними біомаркерами, є критично необхідними для валідації нових терапевтичних підходів.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що досягнення молекулярної біології,

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

біохімії та фармацевтичної хімії стали ключовими рушіями «репозиціонування» Лозартану - від одного з багатьох антигіпертензивних засобів до платформи для створення інноваційних терапевтичних стратегій. Поглиблене розуміння його впливу на клітинні та молекулярні механізми фіброгенезу, запалення, ремоделювання матриксу, судинної дисфункції та регенерації тканин не лише розширює спектр клінічних показань, але й фор-

мує основу для персоніфікованої, біомаркер-орієнтованої медицини. Подальший розвиток міждисциплінарних досліджень на стику фундаментальних природничих наук, фармацевтичної хімії та клінічної медицини, ймовірно, призведе до появи нових лікарських форм, комбінованих схем і регенеративних платформ, у яких Лозартан посідатиме центральне або ко-центральне місце як молекула з багатовимірним терапевтичним потенціалом.

Висновки

Проведений аналіз сучасних літературних джерел переконливо свідчить, що досягнення молекулярної біології, біохімії та фармацевтичної хімії суттєво трансформували уявлення про фармакологічний потенціал Лозартану. Застосування високочутливих молекулярно-біологічних, біохімічних та фармакокінетичних методів дозволило вийти за межі його традиційного позиціонування як антигіпертензивного засобу та розглядати Лозартан як багатофункціональну молекулу з широким спектром біологічних ефектів.

Сучасні фундаментальні дослідження показали, що ключовим механістичним підґрунтям розширеного застосування Лозартану є його вплив на центральні сигнальні осі ангіотензин II-TGF- β -ERK/SMAD, які відіграють визначальну роль у розвитку фіброзу, хронічного запалення, патологічного ремоделювання позаклітинного матриксу та мікросудинної дисфункції. Саме поглиблене розуміння цих молекулярних каскадів створило наукову основу для репозиціонування препарату та обґрунтування його використання в різних галузях клінічної медицини.

Особливо показовим прикладом трансляції досягнень природничих наук у практику є офтальмологічне застосування топічного Лозартану. Дані молекулярно-біологічних, морфометричних і фармакокінетичних досліджень підтверджують здатність препарату до тран-

скорнеального проникнення, пригнічення експресії маркерів міофібробластичної диференціації та нормалізації просторової організації колагенових волокон, що безпосередньо корелює з відновленням прозорості рогівки та зменшенням фібротичних змін після хірургічних втручань.

У гастроентерології та онкології Лозартан дедалі частіше розглядається як потенційний модулятор патологічного мікрооточення, здатний впливати на фіброгенез, запальні каскади та мікроциркуляцію. Біохімічні та молекулярні дані свідчать, що блокада AT₁-рецепторів може зменшувати активність профібротичних та прозапальних шляхів, створюючи передумови для покращення відповіді на стандартну терапію та оптимізації комбінованих схем лікування.

Ревматологічні, дерматологічні та регенеративні дослідження демонструють, що поєднання Лозартану з сучасними фармацевтичними технологіями, наноструктурованими системами доставки та біоматеріалами дозволяє реалізувати його антифібротичний і протизапальний потенціал при локальному застосуванні. Дані клітинних, тканинних та органоїдних моделей підтверджують здатність Лозартану впливати на процеси тканинної регенерації, клітинного старіння, ремоделювання матриксу та загоєння, що відкриває нові горизонти для його застосування у складі біоінже-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

нерних та регенеративних платформ.

Важливою складовою сучасного переосмислення ролі Лозартану є також досягнення хронофармакології, фармакокінетики та фармакодинаміки, які дозволили оптимізувати антигіпертензивну терапію шляхом індивідуалізованого підбору часу прийому та раціональних лікарських комбінацій. Навіть у межах класичного показання ці підходи сприяють підвищенню ефективності та безпеки лікування.

Разом із тим накопичені дані фармакогеномічних і токсикологічних досліджень підкреслюють необхідність подальшого поглибленого аналізу індивідуальної варіабельності відповіді на Лозартан, можливих рідкісних побічних реакцій та

складних лікарських взаємодій. Це особливо актуально в умовах розширення сфер його застосування та включення до комбінованих терапевтичних схем.

Загалом можна констатувати, що саме інтеграція досягнень молекулярної біології, біохімії та фармацевтичної хімії стала рушійною силою сучасного репозиціонування Лозартану. Поглиблене розуміння його клітинних і молекулярних механізмів дії формує наукове підґрунтя для подальшого розвитку персоніфікованих, патогенетично обґрунтованих терапевтичних стратегій та створює перспективи для ще ширшого і більш цілеспрямованого використання цього препарату у сучасній медицині.

Конфлікт інтересів

Автори декларують відсутність фінансових чи інших конфліктів інтересів, що могли вплинути на результати, інтерпретацію та висновки цього дослідження

Список використаних джерел

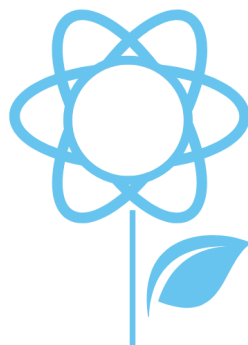
1. Xu Y, Ijaz S, Frommer L, Hoeft K, Perales-Paton J, Jenkinson C, et al. Dual endothelin A and AT1 receptor blockade ameliorates cisplatin-induced kidney injury. *Nephrol Dial Transplant*. 2025;gfaf209. doi:[10.1093/ndt/gfaf209](https://doi.org/10.1093/ndt/gfaf209).
2. Nemutlu Samur D. Effects of losartan and captopril on rotenone-induced inflammation in rats. *Eur J Pharmacol*. 2025;1003:177932. doi:[10.1016/j.ejphar.2025.177932](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2025.177932).
3. Dwairy M, Yehya A, Mohammad FM, Alzoubi H. Losartan as a mechanotherapeutic adjuvant in breast cancer: preclinical evaluation. *PLoS One*. 2025;20(7):e0328196. doi:[10.1371/journal.pone.0328196](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328196).
4. Brewster LM, van Montfrans GA. Losartan and microvascular reactivity after preeclampsia: pilot study. *Am J Hypertens*. 2025;38(7):424–6. doi:[10.1093/ajh/hpaf056](https://doi.org/10.1093/ajh/hpaf056).
5. Artone S, Ray S, Williams JJ, Akbulut K, Cordero P, Gomez-Uriz AM, et al. Losartan prevents relapse of fibrosis in Crohn's-like ileitis: translational study. *J Crohns Colitis*. 2025;19(6):jjaf083. doi:[10.1093/ecco-jcc/jjaf083](https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjaf083).
6. Awata WMC, Pimenta GF, Dourado TMH, Paulino KA, de Mello MMB, Pinheiro LC, et al. AT1 receptors mediate sepsis-induced vasoplegia: experimental and translational evidence. *Pflugers Arch*. 2025;477(10):1259–71. doi:[10.1007/s00424-025-03113-4](https://doi.org/10.1007/s00424-025-03113-4).
7. Baltik M, Ergun O, Aslan Kosar P, Onaran I, Tepebasi MY. Losartan in an experimental urethral trauma model in rats. *J Mol Histol*. 2025;56(4):221. doi:[10.1007/s10735-025-10476-6](https://doi.org/10.1007/s10735-025-10476-6).
8. Miltenberg B, Martinazzi BJ, Monahan PF, Johns WL, Onor G, Aynardi MC, et al. Perioperative losartan after rotator cuff repair: outcomes in a multicenter study. *Arthroscopy*. 2025;41(7):2214–21. doi:[10.1016/j.arthro.2024.11.084](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2024.11.084).
9. Early S, Brown A, Xu L, Stankovic KM. Angiotensin receptor blockers prevent vestibular schwannoma-associated hearing loss. *Otol Neurotol*. 2025;46(2):183–9. doi:[10.1097/MAO.0000000000004376](https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000004376).
10. Vojinović A, Medarević Đ, Stanojević G, Mirković D, Mugoša S, Adamov I, Ibrić S. Development and evaluation of 3D-printed losartan potassium tablets using semi-solid extrusion: the effect of geometry, drug loading and superdisintegrant. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2025;18(10):1504. doi:[10.3390/ph18101504](https://doi.org/10.3390/ph18101504).
11. Corte AC, Gobetti C, Carlos G, de Oliveira Almeida SH, Ayres MV, Steppe M, et al. Pediatric losartan potassium liquid formulation: development and stability study. *Eur J Hosp Pharm*. 2025;32(5):474–8. doi:[10.1136/ejhp-2023-004026](https://doi.org/10.1136/ejhp-2023-004026).
12. Juan C, Gonzalez Vidal N, Gallo L. Orally disintegrating losartan potassium tablets for pediatric use: formulation and evaluation. *AAPS PharmSciTech*. 2025;26(7):212. doi:[10.1208/s12249-025-03208-2](https://doi.org/10.1208/s12249-025-03208-2).
13. Miltenberg B, Linton A, Abe E, Martinazzi BJ, Furey

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- G, Johns WL, et al. Losartan and manipulation under anesthesia after knee arthroplasty: a retrospective cohort study. *Cureus*. 2025;17(8):e89572. doi:[10.7759/cureus.89572](https://doi.org/10.7759/cureus.89572).
14. Patil N, Patil VS, Punase N, Mapare G, Bhatt S, Patil CR. β -Carotene versus losartan in cardiac fibrosis: comparative experimental study. *J Am Nutr Assoc*. 2025;44(6):529–44. doi:[10.1080/27697061.2025.2461217](https://doi.org/10.1080/27697061.2025.2461217).
15. Khater Y, Barakat N, Shokeir A, Hamed M, Samy A, Karrouf G. ZnO nanoparticles enhance losartan renoprotection in experimental nephropathy. *Int Urol Nephrol*. 2025;57(7):1989–2012. doi:[10.1007/s11255-024-04331-y](https://doi.org/10.1007/s11255-024-04331-y).
16. Nishimura H, Murata Y, Mullen MT, Yamaura K, Singer J, Huard C, et al. Losartan and fisetin enhance osteogenesis in mesenchymal stem cells. *J Tissue Eng Regen Med*. 2025;9187855. doi:[10.1155/term/9187855](https://doi.org/10.1155/term/9187855).
17. Wilson SE, Dutra BAL, Wahabi K. Topical losartan after refractive surgery: case series. *J Refract Surg*. 2025;41(6):e602–10. doi:[10.3928/1081597X-20250506-05](https://doi.org/10.3928/1081597X-20250506-05).
18. LoBue S, Dietlein W, Cooley A, Lunsford T, Martin CR, Shakarchi F, et al. Topical losartan in traumatic LASIK flap avulsion: case report. *Cureus*. 2025;17(5):e84337. doi:[10.7759/cureus.84337](https://doi.org/10.7759/cureus.84337).
19. Dutra BAL, Wilson SE. Topical losartan in corneal scarring fibrosis: pilot study. *J Ocul Pharmacol Ther*. 2025;41(5):232–6. doi:[10.1089/jop.2024.0200](https://doi.org/10.1089/jop.2024.0200).
20. Abdelghaffar M, Guell JL, Moura-Coelho N. Topical losartan in corneal wound healing: clinical outcomes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2025;263(4):925–34. doi:[10.1007/s00417-024-06710-8](https://doi.org/10.1007/s00417-024-06710-8).
21. Dutra BAL, Drew-Bear LE, Herretes SP, Arroyo D, de Oliveira RC, Santhiago MR, et al. Topical losartan for viral-induced corneal scarring: case series. *Case Rep Ophthalmol*. 2025;16(1):281–9. doi:[10.1159/000545215](https://doi.org/10.1159/000545215).
22. Fawad A, Muzaffar W, Anjum U, Amer MN. Effect of 0.8 mg/mL losartan on corneal opacities: clinical observation. *Pak J Med Sci*. 2025;41(3):926–8. doi:[10.12669/pjms.41.3.11237](https://doi.org/10.12669/pjms.41.3.11237).
23. Villabona-Martinez V, Dutra BAL, Wilson SE. Animal studies of topical losartan for corneal fibrosis: experimental evidence. *Biomed Pharmacother*. 2025;183:117857. doi:[10.1016/j.biopha.2025.117857](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.117857).
24. Sanie-Jahromi F, Khademi B, Owji N. Effect of enalapril and losartan on the expression of genes involved in inflammation, fibrogenesis, and apoptosis in orbital fibroblasts of Graves' ophthalmopathy. *BMC Res Notes*. 2025;18:454. doi:[10.1186/s13104-025-07419-5](https://doi.org/10.1186/s13104-025-07419-5).
25. Burgos-Blasco B, Moloney G. Topical losartan for corneal fibrosis: densitometry analysis. *Cornea*. 2024 Dec 13. doi:[10.1097/ICO.0000000000003783](https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000003783).
26. Ramaswamy A, Bhargava P, Gota V, Srinivas S, Sultana N, Mandavkar S, et al. Losartan plus FOLFIRINOX in pancreatic cancer: a phase II clinical trial. *Cancer*. 2025;131(13):e35945. doi:[10.1002/cnccr.35945](https://doi.org/10.1002/cnccr.35945).
27. Massimino L, Solitano V, Ungaro F. Repurposing losartan for fibrostenosing Crohn's disease: a translational perspective. *J Crohns Colitis*. 2025;19(8):jjaf147. doi:[10.1093/ecco-jcc/jjaf147](https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjaf147).
28. Avasthi D, Zerilli N, Shaikh F, Jamil T, Ishtiaq D, Avasthi S. Losartan in portal hypertension and cirrhosis: clinical evaluation. *Cureus*. 2025;17(5):e83309. doi:[10.7759/cureus.83309](https://doi.org/10.7759/cureus.83309).
29. Hussein AA, Aldosari BN, Zaki RM, Afzal O, Ali AA, Aboud HM, Ahmed YM, Naguib DM. Repurposing losartan potassium against rheumatoid arthritis via transdermally-delivered leciplexes: accentuated efficacy through modulation of angiotensin II/AT1R/AT2R axis. *Int J Pharm X*. 2025;10:100354. doi:[10.1016/j.ijpx.2025.100354](https://doi.org/10.1016/j.ijpx.2025.100354).
30. Joseph J, Murray A, Truong K, Tatian A. Angiotensin receptor antagonists in recessive dystrophic epidermolysis bullosa: therapeutic potential. *Australas J Dermatol*. 2025. doi:[10.1111/ajd.14594](https://doi.org/10.1111/ajd.14594).
31. Farokh Forghani S, Ahmadi F, Moghimi HR, Naderi Gharahgheshlagh S, Hedayatyanfard K, Montazer F, et al. Losartan in situ forming gel for hypertrophic scars: formulation and evaluation. *Aesthetic Plast Surg*. 2025;49(1):356–66. doi:[10.1007/s00266-024-04385-4](https://doi.org/10.1007/s00266-024-04385-4).
32. Pontes RB, Lopes PR, Colombari DSA, de Paula PM, Colombari E, Andrade CAF, et al. Antihypertensive effects of ATZ and losartan in L-NAME hypertensive rats. *Auton Neurosci*. 2025;262:103359. doi:[10.1016/j.autneu.2025.103359](https://doi.org/10.1016/j.autneu.2025.103359).
33. Albash R, Hassan M, Agiba AM, Mohamed HW, Hassan MS, Ali RM, Shalabi YE, Omran HMA, Eltabeeb MA, Alamoudi JA, Saleh A, Kassem AB, Elmahboub Y. Advanced vaginal nanodelivery of losartan potassium via PEGylated zein nanoparticles for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Pharmaceutics*. 2025;17(10):1344. doi:[10.3390/pharmaceutics17101344](https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17101344).
34. Kazempour M, Hashemnia M, Nikousefat Z, Alagha BB. Modulation of cutaneous wound healing by losartan: a focus on MCP-1 activity and collagen synthesis. *Tissue Cell*. 2025;97:103079. doi:[10.1016/j.tice.2025.103079](https://doi.org/10.1016/j.tice.2025.103079).
35. Ok M, Aydin M, Surucu S, Urer HN, Cerci MH, Yilmaz M, et al. The promising potential of intra-articular losartan combined with scaffold implantation for osteochondral repair. *J Exp Orthop*. 2025;12(4):e70451. doi:[10.1002/jeo2.70451](https://doi.org/10.1002/jeo2.70451).
36. Callaway KK, Donohue JM, Roberts ET, Good CB, Sabik LM, Suda KJ. Prescriber-level responses to valsartan, irbesartan, and losartan recalls. *Med Care*. 2025;63(11):875–83. doi:[10.1097/MLR.0000000000002209](https://doi.org/10.1097/MLR.0000000000002209).
37. Beaudoin L, Meni Battaglia L, Martin SM, Toledo I, Balestracci A. Effect of losartan on uric acid

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- metabolism in children with proteinuric kidney disease: crossover randomized controlled clinical trial. *Pediatr Nephrol.* 2025;40(11):3495–503. doi:[10.1007/s00467-025-06754-w](https://doi.org/10.1007/s00467-025-06754-w).
38. Teke S, Bayrak G, Ak E, Korkmaz AC, Yilmaz SN, Delibas A. Assessment of protective effect of losartan against cisplatin-induced nephrotoxicity in mice. *Naunyn Schmiedeberg Arch Pharmacol.* 2025;398(11):15351–62. doi:[10.1007/s00210-025-04150-7](https://doi.org/10.1007/s00210-025-04150-7).
39. Schwartz KS, Jalal DI, Stanhewicz AE. Losartan improves endothelial function post-preeclampsia: randomized controlled trial. *Am J Hypertens.* 2025;38(7):459–66. doi:[10.1093/ajh/hpaf033](https://doi.org/10.1093/ajh/hpaf033).
40. Cornelissen G, Watanabe Y, Beaty LA, Otsuka K. Toward a personalized chronotherapy of blood pressure: lessons from losartan. *Biomed J.* 2025;48(5):100849. doi:[10.1016/j.bj.2025.100849](https://doi.org/10.1016/j.bj.2025.100849).
41. Rucker-Joerg IE, Cardona-Munoz EG, Padilla-Padilla FG, Suarez-Otero R, Romero-Antonio Y, Canales-Vazquez E, et al. Losartan combinations in hypertension: clinical outcomes and perspectives. *Cardiol Ther.* 2025;14(2):231–47. doi:[10.1007/s40119-025-00407-7](https://doi.org/10.1007/s40119-025-00407-7).
42. Yuan L, Tang M, Liao S, Xiang D, Liu T, Wang Y. Losartan-associated toothache: a hypothesis-generating case report. *Front Pharmacol.* 2025;16:1679182. doi:[10.3389/fphar.2025.1679182](https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1679182)
43. Uprety N, Bhandari B, Dhungana V, Neupane S, Acharya S. Amlodipine and losartan overdose: case report. *Clin Case Rep.* 2025;13(4):e70457. doi:[10.1002/ccr3.70457](https://doi.org/10.1002/ccr3.70457).
44. Duodu P, Aiad M, Deeb M, Jan M, Khalil D, Wilson M. Angioedema after adding empagliflozin to losartan: case report. *Cureus.* 2025;17(1):e78033. doi:[10.7759/cureus.78033](https://doi.org/10.7759/cureus.78033).



Надійшла до редакції 02 травня 2025р.
Прийнята до друку 21 травня 2025р.
Опубліковано на сайті 17 грудня 2025р.

УДК 53-021.414:37:614.253.5

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.1](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.1)

Роль фізики в освіті і практичній діяльності медичних сестер

Орися Микитюк¹

 [0000-0001-9365-4836](https://orcid.org/0000-0001-9365-4836) @mykytyuk.orusia@bsmu.edu.ua

Ольга Слипанюк²

 [0000-0002-6414-2636](https://orcid.org/0000-0002-6414-2636) @olga.slipanyuk@pnu.edu.ua

¹Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

²Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Ключові слова:

медсестринство,
медична фізика,
медична апаратура,
медичні пристрої.

Анотація

Стаття присвячена ролі фізики в освіті і практичній діяльності медсестер. Метою даної статті є розгляд важливості фізичних знань у професійній діяльності медичної сестри та розвиток їх впливу в історичному аспекті для підвищення мотивації вивчення дисципліни природничого профілю - «Основи біологічної фізики та медичної апаратури». Звернено увагу на універсальність функціональних обов'язків медсестер, включно з організацією санітарно-просвітницької роз'яснювальної роботи та дотримання санітарно-гігієнічних норм, що передбачає знання і розуміння впливу преформованих/техногенних чинників на здоров'я людини. В історичному аспекті починаючи з початку ХХ століття відображено вплив розвитку фізики на освітній процес для медсестер і їх професійну діяльність по догляду за хворими та надання їм допомоги з метою збереження фізичного стану людини і відновлення втраченого здоров'я. Показано необхідність знань з «Основ біологічної фізики та медичної апаратури» для якісного виконання функціональних обов'язків медсестер. Продемонстровано на окремих прикладах, як знання законів фізики допомагають медичним сестрам у їх практичній діяльності для покращення догляду за хворими. Окреслено завдання для викладачів природничих дисциплін у підготовці здобувачів медсестринської освіти. Запропоновано рекомендації щодо розгляду (перегляду) та внесення в навчальну програму з дисципліни «Основи біологічної фізики та медичної апаратури» тематичних напрямків, які максимально наближені до професійної діяльності медичної сестри.

Цитування:

Микинюк О, Слипанюк О. Роль фізики в освіті і практичній діяльності медичних сестер. *Природничі, математичні науки та освіта в медицині* 2 (3) 2025 23-30

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.1](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.1)



The role of physics in the education and practice of nurses

Orysia Mykytiuk¹

 [0000-0001-9365-4836](https://orcid.org/0000-0001-9365-4836) @:mykytyuk.orusia@bsmu.edu.ua

Olga Slypaniuk²

 [0000-0002-6414-2636](https://orcid.org/0000-0002-6414-2636) @:olga.slypanyuk@pnu.edu.ua

¹Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

²Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsc, Ukraine

Keywords:

nursing,
medical physics,
medical equipment,
medical devices

Abstract

The article is dedicated to the role of physics in the education and practical work of nurses. The aim of this article is to examine the importance of physical knowledge in the professional activities of nurses and to trace its historical influence in order to enhance motivation for studying the natural science discipline "Fundamentals of Biological Physics and Medical Equipment". Attention is drawn to the versatility of nurses' functional responsibilities, including the organization of sanitary and educational outreach work and adherence to sanitary and hygienic standards, which require knowledge and understanding of the effects of preformed/technogenic factors on human health. From a historical perspective, beginning in the early 20th century, the article reflects the influence of physics on the educational process for nurses and their professional duties in patient care and assistance, aimed at maintaining physical well-being and restoring lost health. The necessity of knowledge in "Fundamentals of Biological Physics and Medical Equipment" for the effective performance of nurses' functional responsibilities is demonstrated. Specific examples illustrate how knowledge of physical laws assists nurses in their practical work to improve patient care. Tasks are outlined for instructors of natural science disciplines in preparing future nursing professionals. Recommendations are proposed for reviewing and updating the curriculum of the discipline "Fundamentals of Biological Physics and Medical Equipment" by including thematic areas that are closely aligned with the professional activities of nurses.

Зміст

Вступ	24
Основна частина	25
Висновки	28
Список використаних джерел	28

Перелік скорочень:

МРТ - магнітно-резонансна томографія

STEM, CTEM - Science, Technology, Engineering and Mathematic

ЗВО - заклад вищої освіти

Вступ

У різні періоди становлення медсестринської освіти відбувалося удосконалення змісту і наповнення окремих навчальних дисциплін, у тому числі змі-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

нювалося і розуміння ролі фізики для підготовки медсестри, здатної надавати кваліфікований догляд пацієнтам. Ефективна робота медсестри передбачає розуміння принципів роботи медичного обладнання, його безпечного використання при взаємодії з пацієнтом, принципи обміну інформацією тощо. У цьому медсестрам має допомагати вивчення дисципліни «Основи біологічної фізики та

медична апаратура». Для високого рівня засвоєння основ біофізики та медичної апаратури студенти повинні також володіти певним рівнем математичних знань [1]. Адже саме фізика та математика є засобами розвитку логічного мислення, навчають аналізувати отримані результати та встановлювати причинно-наслідкові зв'язки процесів та явищ у живій системі.

Мета

Відобразити значущу роль фізичних знань у професійній діяльності медичної сестри та розвиток їх впливу в історичному аспекті для підвищення мотивації вивчення «Основ біологічної фізики та медичної апаратури», які є невід'ємною складовою підготовки кваліфікованих професійних медичних сестер

Основна частина

Коли Фейнмана, відомого американського фізика, запитали про п'ять найважливіших цінностей, які пропонує здобувачам освіти вивчення фізики, він перерахував наступне [2]:

- заміна марновірства науковою правдою;
- безпосередня корисність фізики у фізичному та біологічному світі;
- дисципліна об'єктивного спостереження;
- звичка вирішувати проблеми;
- заміна суб'єктивного, упередженого мислення науковим мисленням.

Хоча це важливі активи для будь-якого здобувача освіти, вони мають особливу цінність для тих, хто здобуває фах медсестри.

Медсестри часто є першою точкою контакту для пацієнтів і невід'ємною частиною мультидисциплінарних команд. Сестринська справа є єдиною професією, яка взаємодіє з пацієнтами в усіх вимірах їх догляду. У своїй професійній діяльності медсестра використовує різноманітну медичну апаратуру діагностичного і лікувального призначення, в основі роботи якої закладені певні фізичні принципи та закономірності.

З давніх часів, коли релігія і наука перепліталися, людство намагалося ви-

лікувати ті захворювання, якими страждають люди і тварини. У міру розвитку наукового розуміння медична практика еволюціонувала від грубих методів до складних наукових методологій. Виникнення в XIX столітті бактеріології, патології та імунології перетворило медицину в точну науку. Відкриття рентгенівських променів у 1895 році поклало початок значної інтеграції фізики в медичну діагностику та лікування. Подальший прогрес у фізиці впродовж XX-го століття призвів до розвитку різноманітних технологій, пов'язаних зі здоров'ям, таких як термографія, ендоскопія, ультразвукове дослідження, томографія, лазерні технології, МРТ, технології, які використовують іонізуючі випромінювання та ін. Ці інновації здійснили революцію в процедурах обстеження та лікування, підвищивши їх точність і безпеку. У той час як вчені-медики зосереджуються на біологічних і хімічних аспектах здоров'я, зростає значення фізики в обстеженнях і лікуванні вимагає підготовки та вивчення медичними працівниками відповідних фізичних принципів [3], що дозволяє підвищити рівень професійного догляду, який здійснюють медичні сестри.

Розглянемо, як наукові відкриття і

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

технічні досягнення впливали на освіту медичних сестер впродовж ХХ століття. На початку створення системного навчання для медсестер в США вважалася достатньою така кількість фізичних і хімічних знань, яка необхідна для обґрунтування різних дій, котрі відбуваються під час процедур очищення, дезінфекції, приготування їжі, травлення та обміну речовин. Проте підручник з фізики і хімії, виданий у 1916 році, вже мав чотири розділи, присвячені знанням з фізики [4]. У той час медсестри в першому розділі вивчали загальні фізичні поняття, а саме: матерія, наука, фізика, об'єм, маса, атом, молекула, стани матерії, сила, енергія, робота, гравітація, вага, атмосфера, барометр, властивості твердих тіл, особливі властивості рідин, капілярність, когезія, адгезія, дифузія, фільтрація, а також настій і відвар. Другий розділ містив вчення про теплові явища і процеси: термометр, калориметрія, плавлення, запалювання, прожарювання, карбонізація та ін., а також знання про світло: дзеркала, зображення, заломлення, призми, лінзи, колір, призматичний спектр, камера, око. У третьому розділі представлені магнетизм і електрика, а саме: магніти, морський компас, гальванічний елемент, провідники, непровідники, батарея, напруга, струм, опір, катодне випромінювання, рентгенівське випромінювання, електрична дуга. Четвертий розділ – акустика, в якому йшлося про передачу коливань, ехо-резонансний музичний звук, вухо.

Базові знання тих часів давали можливість проведення подальших наукових досліджень у галузі фізики, які зробили можливим пояснювати біофізичні процеси в організмі людини, що мало практичне значення для медицини. Зокрема, у 20-х роках ХХ століття важливість фізики в «електрології та радіології» (термінологія того часу) [5] усвідомлюється настільки, що це усвідомлення супроводжується практичними діями. У деяких

лікарнях до відділів, які займаються питаннями електролікування, призначили фізиків. Фізика електрики та випромінювання, а також електротехніка стають обов'язковими частинами іспиту для отримання диплома з медичної радіології та електрології, заснованого Кембриджським університетом. До цього, зокрема, призвела ситуація з практики, коли пропускаючи діатермічний струм через кінцівки розраховували прогріти нервовий стовбур, але не отримували бажаного результату. Допомога фізиків змогла пояснити шляхи проходження струмів в організмі людини і залежність кількості виділеного тепла від опору провідника – нерви мають малий поперечний переріз і тому володіють значним опором для проходження струму. Медична електрика набуває все більшого поширення і зокрема починає використовуватися для лікування паралічу шляхом подразнення м'язів електрикою і цим спонукати їх до скорочення. Видатний французький фізіолог Лап'єк показав метод, за допомогою якого можна уникнути труднощів і помилок, які виникають через зміну опору шкіри, розміщення і використання електродів, невизначеності швидкості скорочення досліджуваного м'яза тощо. Параметр «хронаксія», який він описав, об'єктивізував обстеження м'язів та нервів та сприяв уникненню помилок щодо лікування. Дослідження Ледюка щодо міграції іонів виявилися надзвичайно цінними та стали віхою в історії медицини і започаткували лікування постійним струмом.

Слід відмітити, що результати отримані у фізіологічних дослідженнях та клінічній практиці того часу, в подальшому відображалися в навчальних програмах підготовки медсестер.

Незважаючи на вище сказане в середині ХХ століття в США було констатовано, що на жаль, багатьом дипломованим медсестрам не вистачає знань з фізики, оскільки її викладають у відносно неба-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

гатьох школах медсестер, хоча кілька лікарень дійсно читають лекції з фізики в рамках програми навчання персоналу, а кілька коледжів і університетів із встановленими програмами навчання медсестер пропонують курси з прикладної фізики у медицині [6]. Тоді прийшло усвідомлення, що знання прикладної фізики сприяє зростанню професійності медсестер.

Таким чином, вимоги до освіти медичної сестри та її професійних навиків з розвитком медицини постійно змінюються. Проте, в цілому, до 70-х років минулого століття в багатьох країнах, зокрема в Італії, підготовка студентів сильно відрізнялася від сучасної [7]. У процесі еволюції професії виявилось, що сестринська справа належить до наукової, технологічної, інженерної та математичної дисципліни (STEM) [8]. Тому медсестри повинні не лише вивчати догляд за пацієнтами, але й науковий підхід [9], математику [10], статистику, фізику, біологію та використання технологічних інструментів, які все частіше використовуються в охороні здоров'я [11-14]. Ці знання підвищують професійність спеціаліста у медсестринській практиці. Передбачається, що «мережі, структури та телемедицина для місцевої медичної допомоги» будуть реформовані в наступні роки, і надання допомоги буде посилено, а також вищого рівня сягне навчання та якість людського капіталу [15]. Медсестра розглядатиметься як «керівник випадку», який об'єднує всі шляхи діагностики та догляду в «будинках здоров'я» або «будинках громади». Однак хоча наразі існує багато досліджень щодо того, як навчити нових технологій [16] нових студентів, все ще бракує уваги до знань з медичної фізики. У навчальну програму для медсестри у сучасному медичному ЗВО доцільно включати вивчення механічних коливань і хвиль (звуки, інфразвук, ультразвук), динаміку рідин, термодинаміку, електричні властивості тканин організму, методи

високочастотної терапії, оптику, рентгівське і радіоактивне випромінювання, елементи квантової механіки тощо [17].

Повсякденна практика у діяльності медсестри передбачає використання знань отриманих при засвоєнні дисципліни «Основи біологічної фізики та медична апаратура», які не є достатньою умовою, але, безперечно, є необхідною умовою, зокрема:

1) В'язкість та поверхневий натяг – використання дезінфікуючих засобів, використання перев'язочних матеріалів, здійснення внутрішньом'язових та внутрішньовенних ін'єкцій, вимірювання артеріального тиску тощо.

2) Датчики – кваліфіковане використання різноманітних датчиків та накладання електродів при обстеженні пацієнтів;

3) Постійні, змінні та імпульсні струми – кваліфіковане застосування таких процедур та методів дослідження, як гальванізація, лікувальний та діагностичних електрофорез, електростимулюючі методики тощо.

4) Фізичні основи ультразвуку, ультрафіолету та ін. – кваліфіковане застосування цих явищ для дезінфекції та стерилізації з дотриманням правил техніки безпеки.

5) Одиниці вимірювання фізичних величин та їх коефіцієнти перетворення, дії з пропорціями (напр., для приготування розчинів, розрахунку доз), оцінка життєвих показників, основи складання та інтерпретації графіків (діаграм) при аналізі результатів досліджень (напр., температури, тиску, пульсу) чи звітів.

Медичні пристрої, що використовуються в охороні здоров'я, впливають на фізіологію людини, тому потребують попередньої оцінки ризику при використанні в конкретному випадку. Біомедичні принципи високого рівня забезпечують безпечне використання пристроїв, від простих термометрів до

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

складних МРТ. Тому безперервна освіта з фізики має важливе значення для медсестер і сприяє ефективній комунікації і плідній співпраці з медичними фізиками, біомедичними інженерами та виробниками медичних пристроїв і апаратів [18].

Турботі про пацієнта належить першорядне значення в охороні здоров'я, вона вимагає цілісного підходу, який поєднує фізичні, емоційні та психологічні елементи. Це зобов'язує до міждисциплінарної співпраці між усіма медичними працівниками і представниками інших професій, кожен із яких застосовує свій досвід у межах своєї сфери діяльності. Багато дисциплін об'єднуються, щоб забезпечити догляд за пацієнтами, серед яких сестринська справа є ядром. Однак успіх догляду залежить від того, наскільки ефективно ці професії співпрацюють. Це окреслює основні елементи співпраці, зокрема з точки зору вивчення медичної та біологічної фізики, основ медичної апаратури.

Коли викладачі природничих наук навчають медсестер, їх основною метою має бути допомогти розвинути у таких здобувачів освіти розуміння їхнього професійного світу. Вивчаючи уявлення дипломованих медсестер про фізич-

ну науку, яка лежить в основі їхньої клінічної практики, виявили, що розуміння медсестрами фізичних наук є не зовсім адекватним з точки зору компетенцій, які вимагаються від них як медсестер [19]. Тому вище зазначена відповідність тем з медичної і біологічної фізики та функціональними обов'язками медсестри пропонується до впровадження.

Однією з важливих функцій медсестри є організація санітарно-просвітницької роз'яснювальної роботи та дотримання санітарно-гігієнічних норм особистого життя та праці. А також медсестри повинні відігравати важливу роль у протиставленні переконань, фейкових новин та оманливій рекламі, які все більше поширюються серед населення, в тому числі у сфері охорони здоров'я [18]. Тобто медсестри повинні «замінювати марновірства науковою правдою» (Фейнман), а для цього необхідно в навчальному процесі використовувати наукову основу природничих наук в цілому, і фізики за професійним спрямуванням, зокрема.

Медсестри повинні пам'ятати, що технологія – це інструмент, і вона ніколи не повинна замінювати людський зв'язок і співчуття, які є основою сестринської справи.

Висновки

Медсестра – це універсальна професія у сфері охорони здоров'я, у якій знання з медичної та біологічної фізики, основ медичної апаратури використовуються щодня. Вміння працювати в команді з медичними фізиками, техніками також є значущим фактором для досягнення результату у догляді за пацієнта-

ми. Тому цілеспрямоване вивчення фізичних принципів, що лежать в основі діагностичних вимірювань, процедур і технік, в поєднанні з фізіологією та знаннями сестринської справи, є дуже важливим для успішного виконання медсестрами своїх професійних обов'язків.

Список використаних джерел

1. Федів В., Микитюк О., Олар О., Бірюкова Т. Вивчення фізики і математики в середній школі як передумова успішного опанування професії лікаря. Гірська школа Українських Карпат. [Інтернет]. 27 листоп. 2018 [цитовано 5 лют. 2025];(19):62-5. Доступно на: <https://doi.org/10.15330/msuc.2018.19.62-65>.
2. Feynman RP. The meaning of it all: Thoughts of a citizen scientist. Basic Books; 1998. 133 c.
3. Ibbott GS, Chougule A, Damilakis J, Tabakov S, Wu RK, Orton CG, Kron T. Medical physicist certification and training program accreditation. Health Technol [Інтернет]. 29 квіт. 2022 [цитовано 4 гру. 2024]. Доступно на: <https://doi.org/10.1007/s12553-022-00666-7>
4. Cameron, M. E. R.N.; Pope, Amy Elizabeth. Physics And Chemistry For Nurses. AJN, American Journal of Nursing. 17(1): p 93, October 1916.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

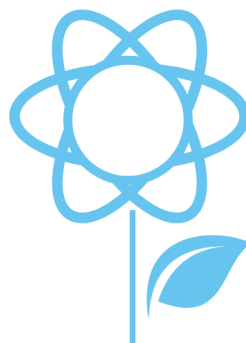
4. Cumberbatch EP. The Importance of Physics, Anatomy and Physiology, for the Practice and Progress of Electricity and Radiology. *Proc R Soc Med* [Інтернет]. Берез. 1922 [цитовано 4 гру. 2024];15(Electro_Ther):1-6. Доступно на: <https://doi.org/10.1177/003591572201500401>
5. Hessel H. Flitter. Physics: And Pressure: Its Meaning and Applications in Nursing. *The American Journal of Nursing* [Internet]. 1948 [цитовано 4 гру. 2024]; 48(1):3-7. Available from: <https://www.jstor.org/stable/3457983>. DOI: 10.2307/3457983
6. Stura, I., Guiot, C. Nurses and Medical Physics: an observational study on the knowledge of the physical basis of Medical Devices. *Journal of Biomedical Practitioners* [Internet]. 2023 [цитовано 4 гру. 2024]; 7(2). Available from: <https://ojs.unito.it/index.php/jbp/article/view/9114> DOI: 10.13135/2532-7925/9114
7. C. Green and L. John. Should nursing be considered a STEM profession?. *Nurs Forum*, [Internet]. 2020 [цитовано 4 гру. 2024]; 55 (2): 205–210. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31800109/>. DOI: 10.1111/nuf.12417
8. J. Profetto-McGrath, Critical Thinking and Evidence-Based Practice. *Journal of Professional Nursing* [Internet]. 2005 [цитовано 4 гру. 2024]; 21(6): 364–371. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16311232/>. DOI: 10.1016/j.profnurs.2005.10.002
9. S. M. Hunter Revell and M. K. McCurry. Effective pedagogies for teaching math to nursing students: a literature review. *Nurse Educ Today*. [Internet]. Nov. 2013 [цитовано 4 гру. 2024]; 33(11): 1352–1356. Available from: DOI: 10.1016/j.nedt.2012.07.014
10. C.-Y. Chang, H.-J. Jen, and W.-S. Su. Trends in artificial intelligence in nursing: Impacts on nursing management. *J Nurs Manag*. [Internet]. Nov. 2022 [цитовано 4 гру. 2024]; 30(8): 3644–3653. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35970485/>. DOI:10.1111/jonm.13770.
11. E. S. Mousavinasab, S. Rostam Niakan Kalhori, N. Zarifsanaiy, M. Rakhshan, and M. Ghazisaeedi. Nursing process education: A review of methods and characteristics. *Nurse Educ Pract*. [Internet]. Oct. 2020 [цитовано 4 гру. 2024]; 48: 102886. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32961511/>. DOI: 10.1016/j.nepr.2020.102886.
12. Davis EM, Feinsmith S, Amick AE, Sell J, McDonald V, Trinquero P, Moore A, Gappmaier V, Colton K, Cunningham A, Ford W, Feinglass J, Barsuk JH. Difficult intravenous access in the emergency department: Performance and impact of ultrasound-guided IV insertion performed by nurses. *Am J Emerg Med* [Інтернет]. Листопа. 2020 [цитовано 4 гру. 2024]. Доступно на: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.11.013>
13. Galen B, Baron S, Young S, Hall A, Berger-Spivack L, Southern W. Reducing peripherally inserted central catheters and midline catheters by training nurses in ultrasound-guided peripheral intravenous catheter placement. *BMJ Qual Amp Saf* [Інтернет]. 3 жовт. 2019 [цитовано 4 гру. 2024];29(3):245-9. Доступно на: <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2019-009923> DOI: 10.1136/bmjqs-2019-009923.
14. Forni L. Il modello italiano per la salute, tra crisi economica, scarsità delle risorse e crisi dei diritti. Un'analisi teorico-giuridica. *RIV TRIMEST SCI DELL'AMMINISTRAZIONE* [Інтернет]. Січ. 2016 [цитовано 4 гру. 2024];(4):43-62. Доступно на: <https://doi.org/10.3280/sa2015-004002>
15. Meum TT, Koch TB, Briseid HS, Vabo GL, Rabben J. Perceptions of digital technology in nursing education: A qualitative study. *Nurse Educ Pract* [Інтернет]. Лип. 2021 [цитовано 4 гру. 2024];54:103136. Доступно на: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103136>
16. Mastrofini E. Competenze e regole per valorizzare le nuove professioni. *PROJMANAG(IL)* [Інтернет]. Черв. 2012 [цитовано 4 гру. 2024];(10):12-4. Доступно на: <https://doi.org/10.3280/pm2012-010004>
17. Hastings J. Modern nursing and modern physics: does quantum theory contain useful insights for nursing practice and healthcare management? *Nurs Philos* [Інтернет]. Жовт. 2002 [цитовано 4 гру. 2024];3(3):205-12. Доступно на: <https://doi.org/10.1046/j.1466-769x.2002.00108.x>
18. Wilkes LM, Batts JE. Nurses' understanding of physical science in nursing practice. *Nurse Educ Today* [Інтернет]. Лют. 1998 [цитовано 4 гру. 2024];18(2):125-32. Доступно на: [https://doi.org/10.1016/s0260-6917\(98\)80016-6](https://doi.org/10.1016/s0260-6917(98)80016-6)
19. Bianchi M, Bagnasco A, Bressan V, Barisone M, Timmins F, Rossi S, Pellegrini R, Aleo G, Sasso L. A review of the role of nurse leadership in promoting and sustaining evidence-based practice. *J Nurs Manag* [Інтернет]. 10 верес. 2018 [цитовано 4 гру. 2024];26(8):918-32. Доступно на: <https://doi.org/10.1111/jonm.12638>

References

1. Fediv V, Mykytiuk O, Olar O, Biriukova T. Vyvchennya fizyky i matematyky v seredniy shkoli yak peredumova uspishnoho opanuvannya profesii likarya. *Mt Sch Ukr Carpaty* [Internet]. 27 lystop. 2018 [Cited Feb 4. 2025];(19):62-5.[Ukrainian] Available at: <https://science.bsmu.edu.ua/>
2. Feynman RP. The meaning of it all: Thoughts of a citizen scientist. Basic Books; 1998. 133 p.
3. Ibbott GS, Chougule A, Damilakis J, Tabakov S, Wu RK, Orton CG, Kron T. Medical physicist certification <https://doi.org/10.15330/msuc.2018.19.62-65>

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

- and training program accreditation. Health Technol [Internet]. April 29 2022 [cited Dec 5 2024]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12553-022-00666-7>
4. Cameron, M.E.R.N.; Pope, Amy Elizabeth. Physics And Chemistry For Nurses. AJN, American Journal of Nursing. 17(1): p 93, October 1916.
 5. Cumberbatch EP. The Importance of Physics, Anatomy and Physiology, for the Practice and Progress of Electricity and Radiology. Proc R Soc Med [Internet]. Birch 1922 [cited Dec 5. 2024]; 15(Electro_Ther):1-6. Available at: <https://doi.org/10.1177/003591572201500401>
 6. Hessel H. Flitter. Physics: And Pressure: Its Meaning and Applications in Nursing. The American Journal of Nursing [Internet]. 1948 [cited Dec 4. 2024]; 48(1):3-7. Available from: <https://www.jstor.org/stable/3457983> . DOI: 10.2307/3457983
 7. Stura, I., Guiot, C. Nurses and Medical Physics: an observational study on the knowledge of the physical basis of Medical Devices. Journal of Biomedical Practitioners [Internet]. 2023. [cited Dec 4. 2024]; 7(2). Available from: <https://ojs.unito.it/index.php/jbp/article/view/9114> DOI: 10.13135/2532-7925/9114
 8. Green and L. John. Should nursing be considered a STEM profession?. Nurse Forum, [Internet]. 2020 [cited Dec 4 2024]; 55 (2): 205–210. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31800109/>. DOI: 10.1111/nuf.12417
 9. J. Profetto-McGrath, Critical Thinking and Evidence-Based Practice. Journal of Professional Nursing [Internet]. 2005 [cited Dec 4 2024]; 21(6): 364–371. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16311232/> . DOI: 10.1016/j.profnurs.2005.10.002
 10. S. M. Hunter Revell and M. K. McCurry. Effective pedagogies for teaching math to nursing students: a literature review. Nurse Educ Today. [Internet]. November 2013 [cited Dec 4 2024]; 33(11): 1352–1356. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2012.07.014>
 11. C.-Y. Chang, H.-J. Jen, and W.-S. Su. Trends in artificial intelligence in nursing: Impacts on nursing management. J Nurs Manag. [Internet]. November 2022 [cited Dec 4 2024]; 30(8): 3644–3653. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35970485/>. DOI: 10.1111/jonm.13770
 12. E. S. Mousavinasab, S. Rostam Niakan Kalhori, N. Zarifsanaiey, M. Rakhshan, and M. Ghazisaeedi. Nursing process education: A review of methods and characteristics. Nurse Educ Pract. [Internet]. October 2020 [cited Dec 4 2024]; 48: 102886. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32961511/>. DOI: 10.1016/j.nepr.2020.102886
 13. Davis EM, Feinsmith S, Amick AE, Sell J, McDonald V, Trinquero P, Moore A, Gappmaier V, Colton K, Cunningham A, Ford W, Feinglass J, Barsuk JH. Difficult intravenous access in the emergency department: Performance and impact of ultrasound-guided IV insertion performed by nurses. Am J Emerg Med [Internet]. November 2020 [cited Dec 4 2024]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.11.013>
 14. Galen B, Baron S, Young S, Hall A, Berger-Spivack L, Southern W. Reducing peripherally inserted central catheters and midline catheters by training nurses in ultrasound-guided peripheral intravenous catheter placement. BMJ Qual Amp Saf [Internet]. October 3 2019 [cited Dec 4 2024]; 29(3):245-9. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2019-009923> .
 15. Forni L. Il modello italiano per la salute, tra crisi economica, scarsità delle risorse e crisi dei diritti. Un'analisi teorico-juridica. Riv trimest sci dell'amministrazione [Internet]. Jan. 2016 [cited Dec 4 2024];(4):43-62. Available at: <https://doi.org/10.3280/sa2015-004002>
 16. Meum TT, Koch TB, Briseid HS, Vabo GL, Rabben J. Perceptions of digital technology in nursing education: A qualitative study. Nurse Educ Pract [Internet]. Jul. 2021 [cited Dec 4 2024];54:103136. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103136>
 17. Mastrofini E. Competenze e regole per valorizzare le nuove professioni. PROJ MANAG (IL) [Internet]. Jun. 2012 [cited Dec 4 2024];(10):12-4. Available at: <https://doi.org/10.3280/pm2012-010004>
 18. Bianchi M, Bagnasco A, Bressan V, Barisone M, Timmins F, Rossi S, Pellegrini R, Aleo G, Sasso L. A review of the role of nurse leadership in promoting and sustaining evidence-based practice. J Nurs Manag [Internet]. September 10 2018 [cited Dec 4 2024]; 26(8):918-32. Available at: <https://doi.org/10.1111/jonm.12638>
 19. Wilkes LM, Batts JE. Nurses' understanding of physical science in nursing practice. Nurse Educ Today [Internet]. Feb. 1998 [cited Dec 4 2024];18(2):125-32. Available at: [https://doi.org/10.1016/s0260-6917\(98\)80016-6](https://doi.org/10.1016/s0260-6917(98)80016-6)



Надійшла до редакції 19 серпня 2025р.
Прийнята до друку 26 вересня 2025р.
Опубліковано на сайті 17 грудня 2025р.

УДК:611:378:147:004.9

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.2](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.2)

Використання інформаційно-комунікаційних технологій при викладанні анатомії людини

Тетяна Процак

 ID: [0000-0002-9620-3667](https://orcid.org/0000-0002-9620-3667) @: tanya-procak@ukr.net

Ігор Забродський

 ID: [0009-0005-3576-6828](https://orcid.org/0009-0005-3576-6828) @: zabrodskiy.ihor@gmail.com

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

Ключові слова:

інформаційно-комунікаційні технології,
анатомія людини,
медична освіта,
вища освіта,
навчання.

Анотація

У контексті стрімкого розвитку цифрових технологій та глобальної трансформації освітнього середовища зростає потреба у впровадженні сучасних методів навчання, зокрема в галузі медичної освіти. Анатомія людини як фундаментальна дисципліна потребує високого рівня наочності та інтерактивності, що можливо реалізувати завдяки інформаційно-комунікаційним технологіям (ІКТ).

У даному дослідженні розглянуто потенціал використання ІКТ при викладанні анатомії людини з акцентом на підвищення наочності та якості засвоєння знань. На основі аналізу сучасних джерел літератури висвітлено ефективність застосування 3D-моделей, технологій віртуальної та доповненої реальності, а також інтерактивних навчальних платформ.

Отримані результати свідчать, що використання ІКТ суттєво підвищує мотивацію студентів, сприяє індивідуалізації навчального процесу та покращенню загальної успішності. Водночас залишаються певні проблеми: обмеженість технічних ресурсів, низький рівень цифрової грамотності викладачів і відсутність системної нормативної підтримки. Тож ІКТ слід розглядати не як альтернативу традиційним підходам, а як необхідне доповнення, здатне модернізувати та збагатити сучасну медичну освіту.

Цитування:

Процак Т, Забродський І. Використання інформаційно-комунікаційних технологій при викладанні анатомії людини. *Природничі, математичні науки та освіта в медицині* 2(3) 2025 31-43

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.2](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.2)



The use of information and communication technologies in teaching human anatomy

Tetiana Protsak

 [0000-0002-9620-3667](https://orcid.org/0000-0002-9620-3667) @: tanya-procak@ukr.net

Ihor Zabrodskyi

 [0009-0005-3576-6828](https://orcid.org/0009-0005-3576-6828) @: zabrodskiy.ihor@gmail.com

Bukovinian State Medical University. Chernivsti, Ukraine

Keywords:

information and communication technologies,
human anatomy,
medical education,
higher education,
education

Abstract

In the context of rapid technological advancement and the global transformation of the educational environment, there is a growing need to implement modern teaching methods, particularly in medical education. Human anatomy, as a fundamental discipline, requires a high level of visualization and interactivity, which can be effectively achieved through information and communication technologies (ICT).

This study explores the potential of using ICT into the teaching of human anatomy, with an emphasis on improving visual clarity and student comprehension. Through an extensive literature review of recent academic sources, the research highlights the effectiveness of 3D models, virtual and augmented reality, and interactive simulation platforms in deepening students' anatomical understanding.

The findings indicate that ICT tools significantly increase learner motivation, facilitate individualized learning, and enhance overall academic outcomes. Despite these advantages, several challenges persist, including limited technical infrastructure, insufficient digital literacy among faculty, and the lack of clear institutional support. Therefore, ICT should not be viewed as a replacement for traditional methods, but rather as a necessary complement that can modernize and enrich the process of medical education.

Зміст

Вступ	32
Результати та обговорення	33
Висновки	39
Список використаних джерел	40

Перелік скорочень:

ІКТ, ICT - інформаційно-комунікаційні технології

STEM, CTEM - Science, Technology, Engineering and Mathematic

ЗВО - заклад вищої освіти

VR - Virtual Reality

AR - Augmented Reality

Вступ

У XXI столітті медична освіта дедалі активніше інтегрується з інноваційними технологіями, зокрема інформаційно-комунікаційними (ІКТ). Така трансформація зумовлена як стрімкими темпами науково-технічного прогресу, так і не-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

обхідністю вдосконалення традиційних підходів до викладання складних дисциплін, що вимагають високого рівня візуалізації та індивідуалізації навчального процесу. Особливо актуальним це стає в умовах підвищених вимог до якості підготовки майбутніх медичних фахівців і зростаючої потреби у наочному поданні складних теоретичних знань. Додатковим імпульсом до цифровізації освітнього процесу стали глобальні виклики останніх років – пандемія COVID-19, яка спричинила масовий перехід до дистанційного навчання, а також військові дії в Україні, що унеможливили проведення традиційних занять у багатьох регіонах. За цих умов ІКТ стали не лише інструментом підвищення ефективності викладання, а й критично важливим засобом забезпечення безперервності освітнього процесу в екстремальних умовах.

Анатомія людини – фундаментальна дисципліна медичної освіти – вимагає високого рівня просторового

мислення, чіткого розуміння взаєморозташування органів та систем, а також здатності співвідносити отримані теоретичні знання з практичними навичками. Традиційні методи викладання, засновані переважно на текстових матеріалах, статичних зображеннях і демонстрації анатомічних препаратів, часто виявляються недостатніми для ефективного засвоєння матеріалу [1-3].

У зв'язку з цим зростає інтерес до використання ІКТ як інструменту покращення наочності навчального процесу. Віртуальні 3D-моделі, доповнена реальність, інтерактивні платформи та симуляційні програми не лише підвищують інтерес студентів до вивчення анатомії, а й сприяють глибшому розумінню структурно-функціональних особливостей людського тіла. Інтеграція таких технологій у навчальний процес відкриває нові можливості для формування комплексних знань і розвитку клінічного мислення.

Мета

Дослідити можливості інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій у процес викладання анатомії людини та обґрунтувати їх ефективність для підвищення наочності навчального матеріалу, а також покращення засвоєння теоретичних знань студентами медичних спеціальностей.

Матеріали і методи

У процесі написання статті було проведено теоретичний аналіз та узагальнення наукової літератури, присвяченої використанню ІКТ у медичній освіті, зокрема при викладанні анатомії людини. Для дослідження було опрацьовано 29 наукових джерел, опубліковані за останні роки, включаючи статті з фахових медичних і педагогічних журналів, матеріали конференцій, огляди та результати експериментальних досліджень.

Пошук джерел здійснювався за допомогою наукових баз даних PubMed, Scopus, Google Scholar, ERIC, ResearchGate та OpenAIRE, з використанням ключових слів: “ICT in anatomy education”, “digital learning in medical education”, “3D visualization in anatomy”, “virtual dissection”, “augmented reality in teaching human anatomy” тощо.

Результати та обговорення

Проведений аналіз літератури свідчить про те, що інформаційно-комунікаційні технології дедалі активніше ін-

тегруються в систему медичної освіти як ефективний інструмент навчання, особливо в умовах сучасних глобальних

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

викликів. Пандемія COVID-19 змусила навчальні заклади у найкоротші строки перейти до дистанційної форми навчання, що стало своєрідним каталізатором цифрової трансформації освітнього процесу. Згодом, повномасштабна війна в Україні ще більше ускладнила доступ до аудиторних занять, поставивши перед системою вищої медичної освіти нові завдання – збереження якості навчання в умовах нестабільного середовища, порушеної логістики, загроз безпеці та часткової втрати матеріальної бази.

У таких умовах ІКТ стали не лише технічним рішенням, а й педагогічною необхідністю. Вони забезпечують безперервність освітнього процесу, дозволяють викладачам бути гнучкими в підходах до викладання, а студентам – зберігати доступ до навчальних матеріалів незалежно від місця перебування чи фізичної присутності в аудиторії.

У багатьох роботах [4-6] зазначено, що використання ІКТ – від простих електронних презентацій до складних симуляцій – дає змогу створити візуально орієнтоване середовище, яке дозволяє студентам краще уявити анатомічні структури у тривимірному просторі. Цифрові інструменти не просто ілюструють матеріал – вони формують новий стиль мислення, орієнтований на практику та просторову уяву [7-8].

Зокрема, використання 3D-моделей, відеоанімацій, віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) дозволяє значно поглибити уявлення студентів про взаємне розташування органів, їхню будову, кровопостачання та іннервацію [9-12].

Одним із найперспективніших напрямів є використання 3D-моделювання, яке дає змогу відтворювати просторову структуру органів і систем у високій точності та інтерактивному режимі з можливістю персоналізації навчального процесу [13-14].

Анатомія людини залишається однією з найскладніших дисциплін у ме-

дичній освіті, оскільки вона вимагає від студентів не лише запам'ятовування численних термінів, але й глибокого розуміння просторових взаємозв'язків між різними структурами тіла [15].

Початком опановування дисципліни анатомії традиційно виступає остеологія – наука про кістки. Саме вона створює фундамент для подальшого розуміння складних топографо-анатомічних взаємозв'язків у тілі людини. Однією з найбільш складних тем у цьому розділі є будова основи черепа, зокрема її зовнішньої частини. Ця ділянка характеризується високим рівнем структурної складності, оскільки включає численні кістки, отвори та канали, через які проходять життєво важливі судини та нерви. До кісткових структур, що формують зовнішню основу черепа, належать потилична, клиноподібна, скронева, піднебінні кістки й верхня щелепа. Серед важливих анатомічних утворень варто відзначити великий потиличний отвір (*foramen magnum*), яремний отвір (*foramen jugulare*), рваний отвір (*foramen lacerum*), овальний отвір (*foramen ovale*), остистий отвір (*foramen spinosum*), підочноямковий отвір (*foramen infraorbitale*) та інші. Через ці структури проходять великі судини й нерви, зокрема внутрішня сонна артерія, внутрішня яремна вена, хребтові артерії, а також черепні нерви: зоровий (*n. opticus*), око руховий (*n. oculomotorius*), трійчастий (*n. trigeminus*), відвідний (*n. abducens*), лицевий (*n. facialis*), присінково-завитковий (*n. vestibulocochlearis*), язикоглотковий (*n. glossopharyngeus*), блукаючий (*n. vagus*), додатковий (*n. accessorius*) та під'язиковий (*n. hypoglossus*). Така анатомічна складність вимагає від студентів ґрунтовного підходу до вивчення, оскільки помилки у розпізнаванні цих структур можуть мати критичні наслідки для клінічної практики. Водночас саме ця ділянка виконує критично важливу функцію – забезпечує механічний захист головного

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

мозку та створює умови для його зв'язку з іншими органами і системами організму.

З огляду на велику кількість анатомічних деталей, просторове розташування яких тісно взаємопов'язане, вивчення основи черепа є складним завданням для студентів-медиків. Особливі труднощі викликає необхідність відтворення цих структур у тривимірному просторі. Традиційні анатомічні атласи та двовимірні схеми, хоч і надають базову інформацію, не завжди дозволяють адекватно зрозуміти просторові взаємовідношення між різними елементами. Як зазначають Автори [16], через високу щільність життєво важливих елементів класичні методи навчання часто формують лише фрагментарне уявлення про будову цієї ділянки. Натомість сучасні інтерактивні технології, зокрема 3D-моделювання, відкривають нові можливості для детальної візуалізації та інтерактивного дослідження, забезпечуючи формування цілісного уявлення про тривимірну будову основи черепа та значно підвищуючи ефективність засвоєння матеріалу.

У цьому контексті використання 3D-моделювання є надзвичайно ефективним інструментом, оскільки інтерактивні моделі дозволяють детально візуалізувати складні структури, обертати їх, видаляти шари та фокусуватися на окремих елементах. Це сприяє глибшому зануренню у матеріал і розвитку просторового мислення, критично важливого для майбутніх медичних фахівців. Такий підхід забезпечує можливість самостійного дослідження анатомічних об'єктів, що значно підвищує якість засвоєння знань.

Прикладом високоякісного ресурсу є сайт Anatomy Standard [17], який пропонує інтерактивні моделі основи черепа, зокрема зовнішня основа черепа (Рис. 1). Платформа надає тривимірні зображення з можливістю обертання та взаємодії, супроводжує їх підписами й анотаціями, що пояснюють функції кожної структури

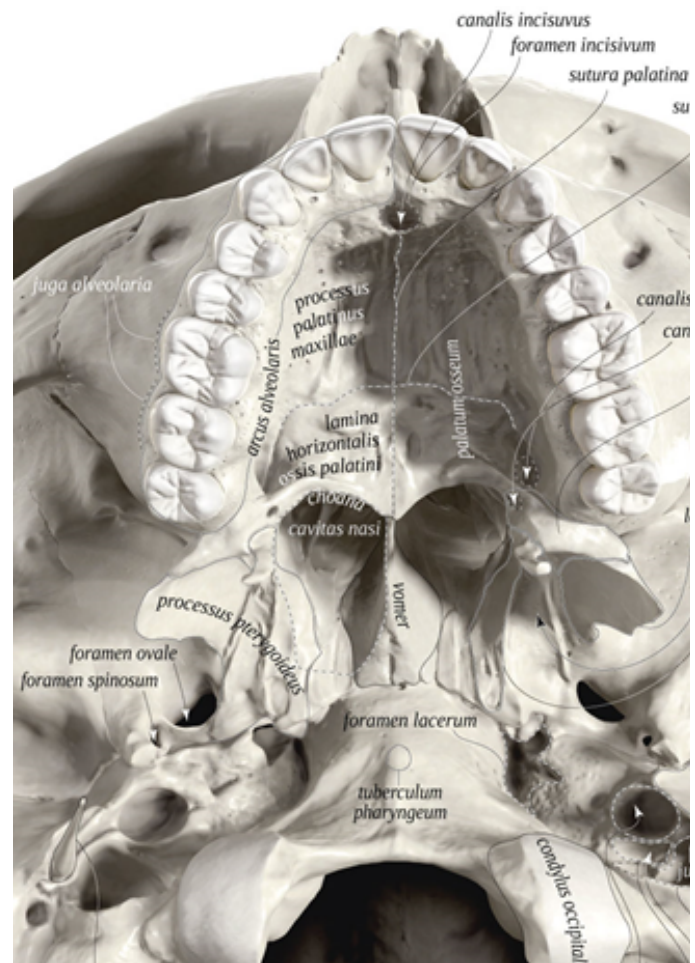


Рисунок 1. Функціонал веб-сайту Anatomy Standard на прикладі 3D-моделі зовнішньої основи черепа. Джерело: Anatomy Standard [17].

та їхні взаємозв'язки з іншими елементами, а також включає інструменти для порівняння різних анатомічних варіантів. Завдяки цьому студенти можуть не лише краще орієнтуватися у складних анатомічних структурах, але й ефективніше засвоювати матеріал, особливо коли йдеться про тривимірну організацію основи черепа. Завдяки цим функціям студенти отримують можливість краще розуміти складні анатомічні структури та ефективніше засвоювати матеріал, особливо коли йдеться про тривимірну організацію основи черепа. Використання 3D-моделювання у вивченні анатомії людини, на нашу думку, дозволяє подолати обмеження традиційних навчальних засобів, сприяє розвитку просторової уяви, покращує розуміння складних анатомічних структур.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

тур та підвищує ефективність навчання. Сайт Anatomy Standard є доволі яскравим прикладом ресурсу, який успішно інтегрує ці технології у навчальний процес та значно полегшує опанування однієї з найскладніших тем медичної анатомії.

Разом із тим, ресурс має і певні обмеження. Переважна більшість моделей на сайті стосується лише остеології, тобто кісткових структур, тоді як м'язи та інші елементи додаються поступово й представлені ще не в повному обсязі. Безкоштовний доступ можливий лише у веб-версії [18], тоді як у мобільному додатку повний функціонал відкривається лише після придбання платної підписки, що може стати перешкодою для частини студентів. Це свідчить про необхідність подальшого удосконалення платформи та розширення її змістового наповнення для більш повного використання у навчальному процесі.

Продовжуючи аналіз цифрових ресурсів для вивчення анатомії, варто відзначити платформу Visible Body [19, 20], яка пропонує комплексні інтерактивні рішення для закладів освіти. На відміну від вузькоспеціалізованих ресурсів, вона охоплює широкий спектр анатомічних структур - від опорно-рухової системи до внутрішніх органів і фізіологічних процесів. Visible Body забезпечує доступ до тривимірних моделей із можливістю масштабування, обертання та пошарового дослідження, що дозволяє детально вивчати взаєморозташування органів та систем. Додатковою перевагою є наявність навчальних модулів, інтерактивних завдань і тестів, які інтегруються у навчальний процес, полегшуючи контроль знань студентів та забезпечуючи можливість самостійного навчання.

Особливо важливим є те, що платформа пропонує інституційні ліцензії, які дають змогу викладачам організувати колективний доступ студентам до навчальних матеріалів як у аудито-

рії, так і дистанційно. Це сприяє рівному доступу здобувачів освіти до якісних цифрових ресурсів та відкриває нові можливості для гнучкої організації освітнього процесу. Водночас повний функціонал ресурсу доступний лише на платній основі, що може обмежувати його застосування у закладах із недостатнім фінансуванням. Проте висока якість контенту та багатофункціональність роблять Visible Body одним із провідних інструментів сучасної медичної освіти.

Серед сучасних 3D-анатомічних атласів, які широко використовують студенти для самостійного навчання, можна виділити низку спеціалізованих ресурсів. Наприклад, Anatomy Learning пропонує комплексні тривимірні моделі всього тіла, тоді як BoneBox – Skull Viewer зосереджений на детальному огляді будови черепа. Для вивчення м'язової системи існують додатки на кшталт Muscle Anatomy Pro – 3D-моделі м'язів, а мобільна програма Скелет. 3D Анатомія дозволяє легко вивчати кісткові структури на смартфонах і планшетах. Інтерактивний атлас Visual Anatomy Free надає доступ до базових анатомічних моделей тіла людини, тоді як 3D внутрішні органи (Анатомія) та Organs Anatomy Pro орієнтовані на вивчення спланхнології, забезпечуючи детальну візуалізацію внутрішніх органів у тривимірному форматі [21]. Такі програми дозволяють студентам працювати з анатомічними структурами інтерактивно, обертати моделі, видаляти шари та концентруватися на окремих елементах, що значно підвищує ефективність навчання та розвиток просторового мислення.

Таким чином, використання 3D-моделювання у викладанні анатомії людини дозволяє подолати обмеження традиційних навчальних засобів, сприяє розвитку просторової уяви, поглиблює розуміння топографо-анатомічних взаємозв'язків та підвищує загальну результативність навчання. Сайт Anatomy

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Standard є яскравим прикладом того, як інтерактивні ресурси можуть бути успішно інтегровані у навчальний процес, водночас потребуючи подальшого розвитку для забезпечення комплексного охоплення анатомічного матеріалу. Водночас сучасний освітній процес вимагає ширшого інструментарію, здатного не лише відображати окремі анатомічні області, а й забезпечувати системний підхід до вивчення організму людини. У цьому контексті доцільно розглянути інші цифрові платформи, що пропонують більш комплексні рішення для медичної освіти.

Інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес суттєво трансформувала рівень залученості студентів, зробивши навчання більш інтерактивним, гнучким і персоналізованим. Завдяки використанню інтерактивних інструментів, миттєвому зворотному зв'язку, платформ для спільної роботи та насиченого мультимедійного контенту створюється динамічне навчальне середовище, у якому здобувачі освіти беруть активну участь у процесі засвоєння знань. Сучасні цифрові технології дають змогу викладачам формувати ефективний освітній досвід, що підвищує мотивацію студентів і сприяє глибшому розумінню матеріалу. Це підтверджується результатами низки досліджень [8, 22-23], які свідчать про те, що використання мультимедійних ресурсів значно покращує навчальні результати, особливо в умовах самостійної роботи. За таких умов у студентів зростає інтерес до навчального матеріалу, активізується пізнавальна діяльність і формується позитивне ставлення до освітнього процесу.

Особливо позитивно ІКТ впливають на студентів з труднощами у навчанні або особливими освітніми потребами. Індивідуалізація навчального процесу за допомогою ІКТ дає можливість кожному працювати у власному темпі, зручному форматі й з доступом до навчальних

матеріалів у різноманітних форматах - текстових, графічних, інтерактивних чи мультимедійних - що дозволяє адаптувати освітній процес до особистих потреб і стилю навчання. Крім того, цифрові ресурси забезпечують гнучкість у часі й просторі, дозволяючи працювати з навчальними матеріалами будь-де і будь-коли, що особливо важливо для тих, хто потребує додаткового часу для засвоєння інформації або додаткових повторень [24-26]. Такий підхід не лише сприяє підвищенню академічних досягнень, але й підтримує формування автономності та самостійності у навчанні, стимулює мотивацію та зацікавленість студентів у навчальному процесі.

Неабиякої уваги заслуговують практичні кейси українських ЗВО. У низці джерел описано конкретний досвід викладачів українських медичних університетів у впровадженні ІКТ на кафедрах анатомії [4-5, 27]. Так, у ЗДМУ [5] впроваджено систему відеолекцій та цифрових анатомічних атласів, які використовуються поряд із традиційними лекційними курсами. У ЛНМУ [8] і ТНМУ [27-28] впроваджено гібридні форми занять із частковим переходом на електронне навчання. Такі рішення дозволяють заощадити час, оптимізувати подачу складного матеріалу й зробити навчання більш гнучким.

Одним із прикладів впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у викладання анатомії є досвід Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського. Для підвищення ефективності навчального процесу на кафедрі анатомії людини було встановлено три сенсорні інтерактивні столи, обладнані спеціалізованим програмним забезпеченням від ТОВ «Visual Fusion Technology». Це дало змогу інтегрувати до навчального середовища низку віртуальних анатомічних програм із можливістю тривимірної візуалізації та пошарової реконструкції бу-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

дови людського тіла. Зокрема, було придбано програму «Anatomy & Physiology Revealed 3.0: An Interactive Cadaver Dissection Experience», яка дає змогу проводити віртуальне препарування та глибше опрацьовувати морфофункціональні аспекти анатомії [27-28]. Потенціал подібних технологій є практично необмеженим у контексті медичної освіти, оскільки вони значно розширюють можливості інтерактивного навчання.

Особливо примітною є публікація [27], яка аналізує використання ІКТ як інструменту додаткової наочності на ка-

федрі анатомії. Автори підкреслюють, що цифрові технології не замінюють класичних методів, але суттєво їх доповнюють, підвищуючи якість візуалізації матеріалу та рівень розуміння у студентів.

Численні джерела [22, 29-32] описують зміну підходів до викладання анатомії в період карантинних обмежень. Викладачі змушені були оперативно перейти на дистанційні платформи (Zoom, Google Classroom, Moodle тощо), розробити цифрові тести, адаптувати анатомічні матеріали у відеоформаті, створити доступ до ресурсів у режимі онлайн. Це сприяло



Рисунок 2. Узагальнені переваги використання інформаційно-комунікаційних технологій в освіті (створено авторами за допомогою Napkin AI).

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

більш активному впровадженню ІКТ, які раніше застосовувалися фрагментарно.

У літературі також звертається увага на філософсько-методологічні засади цифрової трансформації освіти. Автори досліджень [6, 33-34] розглядають ІКТ не просто як інструменти, а як нову форму пізнання, комунікації та формування компетентностей. ІКТ формують новий освітній простір, де важливими є не лише знання, а й уміння критично мислити, адаптуватися до цифрових змін, працювати з інформацією [35-36].

Поряд із перевагами (Рис. 2), література фіксує й низку проблем: відсутність технічної бази в окремих ЗВО, нестабільний інтернет-зв'язок, обмеженість практичного контакту з анатомічними препаратами [22, 25, 27]. Також наго-

лошується, що ІКТ не повинні витіснити традиційне навчання, а мають бути логічно інтегрованими у навчальний процес [35-38]. Аналіз сучасних досліджень також вказує на проблеми фрагментарного впровадження ІКТ, що позбавляє їхнього повного потенціалу, а також на психоемоційне навантаження студентів при тривалому користуванні цифровими платформами. Важливим бар'єром залишається і недостатня технічна підготовленість та цифрова грамотність педагогів [36, 39]. Отже, для досягнення максимальної ефективності необхідна системна інтеграція ІКТ, розвиток інфраструктури та підвищення кваліфікації викладачів із урахуванням балансу між цифровими та традиційними підходами.

Висновки

Проведений аналіз літературних джерел та практичного досвіду засвідчує, що інформаційно-комунікаційні технології відіграють ключову роль у вдосконаленні процесу викладання анатомії людини. Їх застосування забезпечує підвищення рівня наочності, формування просторових уявлень про анатомічні структури, зростання мотивації здобувачів освіти, покращення засвоєння складного теоретичного матеріалу та індивідуалізацію навчального процесу.

На основі проведеного огляду можна рекомендувати такі інтерактивні платформи:

- Visible Body - як комплексне рішення для вищих медичних навчальних закладів завдяки широкому охопленню анатомічного матеріалу, можливості пошарового дослідження органів, інтегрованим тестам і завданням, а також інституційним ліцензіям, що забезпечують доступ усім студентам.

- Anatomy Standard - як ефективний інструмент для детального вивчення остеології та складних топографо-анатомічних структур, зокрема основи черепа.

- Anatomy Learning та BoneBox – Skull Viewer - як ресурси для самостійного опрацювання матеріалу студентами у зручному форматі (веб-версія чи мобільний додаток).

Водночас зазначені інструменти мають і певні обмеження (неповне охоплення анатомічних систем, платний доступ до повного функціоналу), що вимагає комплексного підходу: поєднання кількох платформ та інтеграції їх у традиційний навчальний процес.

Для ефективної реалізації ІКТ у медичній освіті рекомендуємо:

1. Розвивати технічну інфраструктуру закладів (інтернет, комп'ютерні класи, інтерактивні столи, VR/AR-обладнання).

2. Підвищувати цифрову грамотність викладачів і проводити системне навчання персоналу.

3. Забезпечувати студентам рівний доступ до ліцензійних платформ через університетські підписки.

4. Розглядати ІКТ не як заміну класичному навчанню, а як його логічне доповнення, що підвищує ефективність та гнучкість освітнього процесу.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таким чином, інтеграція сучасних цифрових технологій у викладання анатомії є необхідною умовою модернізації медичної освіти,

сприяє формуванню компетентних спеціалістів і відповідає глобальним тенденціям розвитку вищої школи.

Список використаних джерел

- Gonzales RA, Ferns G, Vorstenbosch MATM, Smith CF. Does spatial awareness training affect anatomy learning in medical students? *Anat Sci Educ*. 2020 Nov;13(6):707-720. <https://doi.org/10.1002/ase.1949>
- Boscolo-Berto R, Tortorella C, Porzionato A, Stecco C, Picardi EEE, Macchi V, De Caro R. The additional role of virtual to traditional dissection in teaching anatomy: a randomised controlled trial. *Surg Radiol Anat*. 2021 Apr;43(4):469-479. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02551-2>
- Roach VA, Mi M, Mussell J, Van Nuland SE, Lufner RS, DeVeau KM, Dunham SM, Husmann P, Herriott HL, Edwards DN, Doubleday AF, Wilson BM, Wilson AB. Correlating Spatial Ability With Anatomy Assessment Performance: A Meta-Analysis. *Anat Sci Educ*. 2021 May;14(3):317-329. <https://doi.org/10.1002/ase.2029>
- Снісар О., Білик Л., Самогулова О., Кухнюк О., Бочко Ф. Інноваційні підходи до викладання природничих дисциплін у закладах медичної та фармацевтичної освіти. Молодь і ринок. 2025:70–4. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2025.320330>
- Іванькова Н., Рижов О.. Структура інформаційно-освітнього середовища медичного університету. Інформ техн засоби навчання. 2024;99(1):118–37. <https://doi.org/10.33407/itlt.v99i1.4625>
- Мар'єнко В. Онтологія інформаційно-комунікаційних технологій як чинник впливу на людину і суспільство: модули цифрової глобалізації. *Humanities Studies*. 2025;(22):68–80. <https://doi.org/10.32782/hst-2025-22-99-08>
- Тиравська ЮВ, Борисюк ІЮ, Камінський ВВ. Інформаційний супровід, медіаформи та PR-технології в освітній політиці медичних закладів вищої освіти України. Педагогічна Академія: наукові записки. 2024;(8). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12662756>
- Сухий О. М. Сучасна вища школа в Україні: професійні компетенції викладачів та студентів. У Спрямованість освітнього процесу на досягнення інтегральних результатів в умовах змішаного навчання під час підготовки майбутніх фахівців медичної галузі: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Тернопіль, 05 квітня 2024 р. с. 22. Тернопіль: Укрмедкнига.
- Kavvadia EM, Katsoula I, Angelis S, Filippou D. The Anatomage Table: A Promising Alternative in Anatomy Education. *Cureus*. 2023 Aug 6;15(8):e43047. <https://doi.org/10.7759/cureus.43047>
- Sadek O, Baldwin F, Gray R, Khayyat N, Fotis T. Impact of Virtual and Augmented Reality on Quality of Medical Education During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *J Grad Med Educ*. 2023 Jun;15(3):328-338. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00594.1>
- Guo J, Guo Q, Feng M, Liu S, Li W, Chen Y, Zou J. The use of 3D video in medical education: A scoping review. *Int J Nurs Sci*. 2023 Jun 24;10(3):414-421. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2023.06.006>
- García-Robles P, Cortés-Pérez I, Nieto-Escámez FA, García-López H, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. *Anat Sci Educ*. 2024; 17: 514–528. <https://doi.org/10.1002/ase.2397>
- Chauhan P, Mehra S, Pandya A. Randomised controlled trial: role of virtual interactive 3-dimensional models in anatomical and medical education. *J Vis Commun Med*. 2024 Jan;47(1):39-45. <https://doi.org/10.1080/17453054.2024.2352404>
- Niu S, Zhang J, Lin J, Wang B, Yan J. Enhancing anatomy education with virtual reality: integrating three-dimensional models for improved learning efficiency and student satisfaction. *Front Med (Lausanne)*. 2025 Jun 4;12:1555053. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1555053>
- Nokovitch L, El Hajj H, Deneuve S, De Andrade V, Gagnayre R, Margat A. Visual-spatial abilities enhancement and spatial anatomy learning: A systematic review. *Med Educ*. 2025 Aug 19. <https://doi.org/10.1111/medu.70022>
- Процак Т.В., Забродський І.С. Значення 3D-моделювання у вивченні анатомії стовбура мозку. *Modern Science, Economy and Digital Innovation: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity*. May 7-9, 2025. Bucharest, Romania. 279-283 p.
- Anatomy Standard. Basis cranii externa [Internet]. Anatomy Standard; [cited 2025 Aug 15]. Available from: <https://www.anatomystandard.com/ossa-et-juncture/cranium/basis-cranii-externa.html>
- Стравський ТЯ, Герасимюк ІЄ, Галицька-Хархаліс ОЯ. Використання інтерактивних засобів навчання при викладанні АНАТОМІЇ людини. *МО [інтернет]*. 10, Квітень 2023 [cited 16, Серпень 2025];(1):82-6. Available at: https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/med_osvita/article/view/13828
- Visible Body. Institutional Licenses for Teaching Anatomy [Internet]. Visible Body; 2025 [cited 2025 Aug 17]. Available from: <https://www.visiblebody.com>

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

- [com/teaching-anatomy/institutional-licenses](https://science.bsmu.edu.ua/com/teaching-anatomy/institutional-licenses)
20. Процак ТВ, Забродський ІС, Гуцал ВО. Мобільні додатки як допоміжний інструмент у вивченні анатомії людини. У: Science, technology and global challenges. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. Tokyo: CPN Publishing Group; 2025. с. 55-65.
21. Омельчук О, Білик В, Василенко К. Досвід застосування інноваційних методів навчання у процесі викладання освітнього компоненту «Анатомія людини та спортивна морфологія». PCS [інтернет]. 21, Березень 2025 [цит. за 16, Серпень 2025];(3K(188):234-7. доступний у: <https://spppc.com.ua/index.php/journal/article/view/2449>
22. Usmani RS, Saeed A, Tayyab M. Role of ICT for community in education during COVID-19. In: Jhanjhi N, Rafique K, Ponnusamy V, editors. ICT Solutions for Improving Smart Communities in Asia. IGI Global Scientific Publishing; 2021. p. 125-50. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7114-9.ch006>
23. Anastasopoulou E, Tsagri A, Avramidi E, Lourida K, Mitroyanni E, Tsogka D, et al. The impact of ICT on education. Technium Soc Sci J. 2024;58(1):48-55. <https://doi.org/10.47577/tssj.v58i1.11144>
24. Nayak D., Modi P., Tripathi R. Use of ICTs for inclusive education: possibilities and challenges. EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR). 2021;:238-44. <http://doi.org/10.36713/epra8759>
25. Rajan D, Balaji D. ICT supported learning and its benefits for the inclusion of people with special needs. Technoarete Trans Appl ICT Educ. 2022;1(2): 1-9. <http://doi.org/10.36647/TTAICTE/01.02.A001>
26. Потюк С. Науково-методологічні підходи опанування здобувачами вищої освіти технологіями альтернативної та додаткової комунікації. У: Івановська АМ, ред. Модернізація вищої освіти України в контексті глобалізації. Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»; 2025. с. 344. Рига, Латвія: Baltija Publishing. ISBN 978-9934-26-560-0. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-560-0-20>
27. Генік, Т. Р., Герасимюк, Н. І. Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій як додаткове унаочнення на кафедрі анатомії людини. Шпитальна хірургія. 2019;(4):117-8. <https://doi.org/10.11603/2414-4533.2018.4.9726>
28. Генік, Т. Р., Пилипко, І. В. Впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій на кафедрі анатомії людини. У Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доповідей І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. с. 127.
29. Medina-García M, Higuera-Rodríguez L, García-Vita MdM, Doña-Toledo L. ICT, disability, and motivation: validation of a measurement scale and consequence model for inclusive digital knowledge. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(13):6770. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136770>
30. Chen C., Nibbio G., Kotozaki Y. Editorial: Cognitive and mental health improvement under- and post-COVID-19. Front Psychol. 2025 Mar 6;16:1565941 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1565941>
31. Lopes LFD, Silva DJC da, Moreira MG, Bruno V, Baggio DK. Work engagement and effectiveness of university professors: a comparison between before and during the Covid-19 confinement period. Rev. Ibero-Am. de Est. - RIAE [Internet]. 2025 Jun. 30;24(3):e27762. <https://doi.org/10.5585/2025.27762>
32. Кумейко В., Чорна А. Зарубіжний досвід використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій під час змішаного навчання у професійній підготовці фахівців у галузі інформаційних технологій. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. 2025;2:61-8. <http://doi.org/10.33842/22195203-2024-2-33-61-68>
33. Ломачинська І., Чайковська М., Алексєєвська Г. Особливості розвитку ІКТ сфери у Східній Європі. Економіка та суспільство. 2023;(58). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-101>
34. Joshi BM, Acharya U, Khatriwada SP. Policy versus reality: challenges of implementing ICT in higher education in Nepal. Pragyaratna. 2024;6(2):226-34. <https://doi.org/10.3126/pragyaratna.v6i2.71003>
35. Abuvatfa SI, Bolilyi VO, Lunhol OM, Sukhovirskia LP. USE OF SECTRA VIRTUAL DISSECTION TABLE IN THE EDUCATIONAL PROCESS. ITLT [Internet]. 2021 Jun. 25;83(3):49-5. <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.3798>
36. Дудіна О., Габорець О., Лунгол О.. Digitalization and professional training in Ukrainian universities: a case study in the health sector. Наукові інновації та передові технології. 2024;1(29):560-72. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-560-572](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-560-572)
37. Пальчинська М., Шиліна Н.. Репрезентативна система: Вплив на навчальну успішність здобувачів вищої освіти при застосуванні ІКТ. Дніпровський наук часоп публ упр психол права. 2023;113-9. <http://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2023.6.18>
38. Vidaček-Hainš V, Vuković M, Devčić A. Case study of teaching methods for students with learning difficulties supported by information and communication technology. Zbornik Veleučilišta u Rijeci [Internet]. 2025;13(1). <https://doi.org/10.31784/zvr.13.1.10>
39. Kasyanenko O. Directions of ICT use in Ukrainian educational institutions in the educational process with children with special educational needs: A literature review. Sci Bull Mukachevo State Univ Ser Pedagog Psychol. 2023;9(3):17-26. <https://doi.org/10.52534/msu-pp3.2023.17>

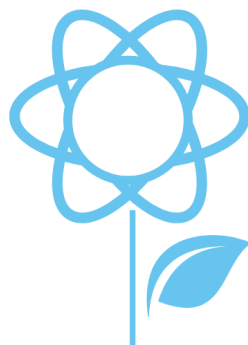
Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

References

1. Gonzales RA, Ferns G, Vorstenbosch MATM, Smith CF. Does spatial awareness training affect anatomy learning in medical students? *Anat Sci Educ*. 2020;13(6):707–720. <https://doi.org/10.1002/ase.1949>.
2. Boscolo-Berto R, Tortorella C, Porzionato A, Stecco C, Picardi EEE, Macchi V, De Caro R. The additional role of virtual to traditional dissection in teaching anatomy: a randomised controlled trial. *Surg Radiol Anat*. 17 Sept. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02551-2>.
3. Roach VA, Mi M, Mussell J, Van Nuland SE, Lufler RS, DeVeau KM, Dunham SM, Husmann P, Herriott HL, Edwards DN та ін. Correlating Spatial Ability With Anatomy Assessment Performance: A MetaAnalysis. *Anat Sci Educ*. 5 Dec. 2020. <https://doi.org/10.1002/ase.2029>.
4. Snisar O, Bilyk L, Samohulova O, Kukhniuk O, Boiechko F. Innovatsiini pidkhody do vykladannia pryrodnychkh dystsyplin u zakladakh medychnoi ta farmatsevtichnoi osvity. *Molod i rynek*. 2025;(1/233):70–74. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2025.320330>
5. Ivankova N, Ryzhov O. The structure of information and education environment of a medical university. *Inf Technol Learn Tools*. 2024;99(1):118–137. <https://doi.org/10.33407/itlt.v99i1.4625>.
6. Marienko V. Ontology of information and communication technologies as a factor of influence on man and society: modes of digital globalization. *Humanit stud*. 2025;(22 (99)):68–80. <https://doi.org/10.32782/hst-2025-22-99-08>.
7. Tyravskaya YuV, Borysiuk Iu, Kaminskyi VV. Informatsiyni suprovid, mediaformaty ta PR-tekhnolohii v osvittii politytsi medychnykh zakladiv vyshchoi osvity Ukrainy. [Ukrainian] 5 lyp. 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12662756>.
8. Sukhyi OM. Suchasna vyshcha shkola v Ukraini: profesiini kompetentsii vykladachiv ta studentiv [Ukrainian]. In: *Spriamovanist osvithnoho protsesu na dosiahnennia inhralnykh rezultatov v umovakh zmishanoho navchannia*. Ternopil: Ukrmedknyha; 2024. p. 22.
9. Kavvadia EM, Katsoula I, Angelis S, Filippou D. The Anatomage Table: A Promising Alternative in Anatomy Education. *Cureus*. 6 Aug. 2023. <https://doi.org/10.7759/cureus.43047>.
10. Sadek O, Baldwin F, Gray R, Khayyat N, Fotis T. Impact of Virtual and Augmented Reality on Quality of Medical Education During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *J Grad Med Educ*. 2023;15(3):328–338. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-22-00594.1>.
11. Guo J, Guo Q, Feng M, Liu S, Li W, Chen Y, Zou J. The use of 3D video in medical education: A scoping review. *Int J Nurs Sci*. June. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2023.06.006>.
12. García Robles P, Cortés Pérez I, Nieto Escámez FA, García López H, Obrero Gaitán E, Osuna Pérez MC. Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta analysis. *Anat Sci Educ*. 12 Feb. 2024. <https://doi.org/10.1002/ase.2397>.
13. Chauhan P, Mehra S, Pandya A. Randomised controlled trial: role of virtual interactive 3-dimensional models in anatomical and medical education. *J Vis Commun Med*. 20 May. 2024:1–7. <https://doi.org/10.1080/17453054.2024.2352404>.
14. Niu S, Zhang J, Lin J, Wang B, Yan J. Enhancing anatomy education with virtual reality: integrating three-dimensional models for improved learning efficiency and student satisfaction. *Front Med*. 2025;12. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1555053>.
15. Nokovitch L, El Hajj H, Deneuve S, De Andrade V, Gagnayre R, Margat A. Visual-spatial abilities enhancement and spatial anatomy learning: A systematic review. *Med Educ*. 19 Aug. 2025. <https://doi.org/10.1111/medu.70022>.
16. Protsak TV, Zabrodskiy I. Znachennia 3D-modeliuvannia u vyvchenni anatomii stovbura mozku. [Ukrainian] *Int Sci Pract Conf Int Sci Unity Buchar Rom*. 2025:279–283.
17. Anatomy Standard. Basis cranii externa [Internet]. Anatomy Standard; [cited 2025 Aug 15]. Available from: <https://www.anatomystandard.com/ossa-et-juncturae/cranium/basis-cranii-externa.html>
18. Stravskiy TYa, Herasymiuk IYe, Halytska-Kharkhalis OYa. Vykorystannia interaktyvnykh zasobiv navchannia pry vykladanni anatomii liudyny. *Medychna osvita*. 2023;(1):82–86. [Ukrainian]; <http://dx.doi.org/10.11603/m.2414-5998.2023.1.13828>.
19. Visible Body. Institutional Licenses for Teaching Anatomy [Internet]. Visible Body; 2025 [cited 2025 Aug 17]. Available from: <https://www.visiblebody.com/teaching-anatomy/institutional-licenses>
20. Protsak TV, Zabrodskiy IS, Hutsal VO. Mobilni dodatky yak dopomizhnyi instrument u vyvchenni anatomii liudyny. [Ukrainian] *Sci Technol Glob Chall Proc 1st Int Sci Pract Conf Tokyo*. Sept. 2025:55–65. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-technology-and-global-challenges-11-13-09-2025-tokio-yaponiya-arhiv/>.
21. Omelchuk O, Bilyk V, Vasylenko K. Experience of applying innovative teaching methods in the process of teaching the educational component “Human Anatomy and Sports Morphology”. *Sci J Natl Pedagog Dragomanov Univ Ser 15 Sci Pedagog Probl Phys Cult (Phys Cult Sports)*. 2025;(3K(188)):234–237. [https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2025.03k\(188\).53](https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2025.03k(188).53)
22. Usmani RSA, Saeed A, Tayyab M. Role of ICT

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

- for Community in Education During COVID-19. *Advances in Human and Social Aspects of Technology*. 2021:125–150. [cited 23 Oct. 2025]; <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-7998-7114-9.ch006>.
23. Anastasopoulou E, Angeliki Tsagri, Eleni Avramidi, Konstantina Lourida, Evangelia Mitroyanni, Danai Tsogka, Ioannis Katsikis. The Impact of ICT on Education. *Tech Soc Sci J*. 2024 [cited 23 Oct. 2025];58:48–55. <https://doi.org/10.47577/tssj.v58i1.11144>.
24. Dr Brahmananda Nayak, Pawan Kumar Modi, Ramakant Tripathi. USE OF ICTs FOR INCLUSIVE EDUCATION: POSSIBILITIES AND CHALLENGES. *EPRA Int J Multidiscip Res (IJMR)*. 20 жовт. 2021 [cited 23 Oct. 2025];238–244. <https://doi.org/10.36713/epra8759>.
25. Rajan DV, Balaji DK. ICT Supported Learning and Its Benefits for the Inclusion of People with Special Needs. *Technoarete Trans Appl Inf Commun Technol (ICT) Educ*. 2022 [cited 23 Oct. 2025];1(2). <https://doi.org/10.36647/ttaicte/01.02.a001>.
26. Potiuk S. Scientific and methodological approaches to mastering alternative and augmentative communication technologies in higher education. *Modernizatsiia vyshchoi osvity ukrainy v konteksti hlobalizatsii*. 2025:220–226. <http://dx.doi.org/10.30525/978-9934-26-560-0-20>
27. Genyk TR, Herasymuk NI. Vykorystannia suchasnykh informatsiino-komunikatsiynykh tekhnolohii yak dodatkovye unaochnennia na kafedri anatomii liudyny. *Shpyt. khirurgiia Zhurn. im. L Ya Kovalchuka*. 2019 [cited 23 Oct. 2025];(4):117–118. <https://doi.org/10.11603/2414-4533.2018.4.9726>.
28. Henyk, T. R., & Pylypko, I. V. Vprovadzhennia suchasnykh informatsiino-komunikatsiynykh tekhnolohii na kafedri anatomii liudyny. [Ukrainian] *Intehratsiia osvity, nauky ta biznesu v suchasnomu seredovyshchi: litni dysputy: tezy dop. I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, 1-2 serpnia 2019 r.–Dnipro, 2019.–874 s., 127*
29. Medina-García M, Higuera-Rodríguez L, García-Vita MDM, Doña-Toledo L. ICT, Disability, and Motivation: Validation of a Measurement Scale and Consequence Model for Inclusive Digital Knowledge. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13):6770. [cited 23 Oct. 2025]; <https://doi.org/10.3390/ijerph18136770>.
30. Chen C, Nibbio G, Kotozaki Y. Editorial: Cognitive and mental health improvement under- and post-COVID-19. *Front Psychol*. 2025 [cited 23 Oct. 2025];16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1565941>.
31. Lopes LFD, Silva DJCD, Moreira MG, Bruno V, Baggio DK. Work engagement and effectiveness of university professors: a comparison between before and during the Covid-19 confinement period. *Rev Ibero Am Estrateg*. 2025 [дата звернення 23 жовт. 2025];24(3):e27762. <https://doi.org/10.5585/2025.27762>.
32. Kumeiko V, Chorna A. Foreign experience of using information and communication technology tools during blended education in the professional training of information technology specialists. *Sci Bull Melitopol State Pedagog*. 2025 [cited 23 Oct. 2025];2(33):61–68. <https://doi.org/10.33842/22195203-2024-2-33-61-68>.
33. Lomachynska I, Chaikovska M, Alekseevska H. Osoblyvosti rozvytku ikt sfery u skhidni Yevropi. *Ekonomika ta susp-vo*. 2023 [cited 23 Oct. 2025];(58). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-101>.
34. Joshi BM, Acharya U, Khatriwada SP. Policy versus Reality: Challenges of Implementing ICT in Higher Education in Nepal. *Pragyaratna*. 2024 [cited 23 Oct. 2025];6(2):226–234. <https://doi.org/10.3126/pragyaratna.v6i2.71003>.
35. Abuvatfa SI, Bolilyi VO, Lunhol OM, Sukhovirska LP. Use of sectra virtual dissection table in the educational process. *ITLT [Internet]*. 2021 Jun. 25 [cited 2025 Oct. 23];83(3):49–5. Available from: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3798> <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.3798>.
36. Dudina O, Haborets O, Lunhol O. Digitalization and professional trainign in ukrainian universities: a case study in the health sector. *Nauk. innovatsii ta pered. tekhnolohii*. 2024 [cited 2025, Oct. 23];(1(29)). [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-560-572](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-560-572).
37. Palchynska MYaV, Shylyna NYe. Reprezentatyvna systema: vplyv na navchalnu uspishnist zdobuvachiv vyshchoi osvity pry zastosuvanni IKT.[in Ukrainian] *Dnopr. nauk. chasopys publ. upr. psykholohii prava*. 2023 c;(6):113–119. [cited 2025, Oct. 23]; <https://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2023.6.18>.
38. Vidaček-Hainš V, Devčić A. Case study of teaching methods for students with learning difficulties supported by information and communication technology. *Zb Veleucilista U Rijeci*. 2025 [cited 2025, Oct. 23];13(1):1–18. <https://doi.org/10.31784/zvr.13.1.10>
39. Kasyanenko O. Directions of ICT use in Ukrainian educational institutions in the educational process with children with special educational needs: A literature review. *Sci Bull Mukachevo State Univ Ser Pedagog Psychol*. 2023 [cited 2025, Oct. 23];9(3):17–26. <https://doi.org/10.52534/msu-pp3.2023.17>.



Надійшла до редакції 22 вересня 2025р.
Прийнята до друку 9 жовтня 2025р.
Опубліковано на сайті 17 грудня 2025р.

УДК: 378.091.26-048.34

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.3](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.3)

Оптимізація системи оцінювання знань та вмінь здобувачів медичної освіти

Олена Кравченко

 [0000-0001-8085-8637](https://orcid.org/0000-0001-8085-8637) @: kravchenko.olena@bsmu.edu.ua

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

Ключові слова:

оптимізація,
оцінювання,
знання,
вміння.

Анотація

Освітній процес і його складові зазнають сьогодні суттєвих змін. Це відбувається у зв'язку з: удосконаленням методик викладання; зростанням об'єму матеріалів, які повинен засвоїти здобувач освіти; зміною форм та практичною орієнтацією навчання, тощо. Тому особливого значення набуває і потреба зміни системи оцінювання знань та вмінь студентів.

Метою роботи було проаналізувати існуючу систему оцінювання знань та вмінь здобувачів медичної освіти на всіх етапах навчання, розробити та запропонувати диференційоване оцінювання різних складових освітнього процесу. Проведений аналіз показав, що зміст структури об'єктного структурованого клінічного іспиту (ОСКІ) за компетентностями та їх складовими повинен бути різним для станцій зі стандартизованим пацієнтом та станцій, де використовуються манекени.

Тому, при вивченні дисциплін, що входять до структури ОСКІ, на кожному практичному занятті повинні оцінюватись різні види роботи здобувачів вищої освіти шляхом усного опитування, тестового контролю, контролю практичних навичок (технік виконання та інтерпретації отриманих даних), оцінювання роботи з віртуальним пацієнтом на платформі Casus тощо.

Оцінювання модульного контролю також повинно бути структурованим, зокрема при вирішенні ситуаційних задач окремо оцінюються: вміння поставити діагноз, інтерпретація даних лабораторних та інструментальних методів дослідження, розробка тактики ведення пацієнта та лікування, визначення методів профілактики захворювання.

Розробка об'єктивного диференційованого оцінювання складових освітнього процесу дає можливість викладачу: проаналізувати рівень підготовки здобувачів освіти, виявити складний для засвоєння навчальний матеріал, внести корективи в структуру заняття та методiku його проведення тощо.

Отже, систему оцінювання практичного заняття, модульного контролю та ОСКІ потрібно удосконалити, диференціювати та уніфікувати не тільки на рівні медичного ЗВО, а й на державному рівні.

Цитування:

Кравченко О. Оптимізація системи оцінювання знань та вмінь студентів. *Природничі, математичні науки та освіта в медицині* 2(3) 2025 44-51

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.3](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2025.3.III.3)



Optimizing the System for Assessing Knowledge and Skills of Medical Students

Olena Kravchenko

 [0000-0001-8085-8637](https://orcid.org/0000-0001-8085-8637) @: kravchenko.olena@bsmu.edu.ua

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Keywords:

optimization,
assessment,
knowledge,
skills.

Abstract

The educational process and its components are undergoing significant changes today. This is due to the improvement of teaching methods, the increase in the volume of materials that students must master, the change in forms and the practical orientation of training, and so forth. In turn, the change in the system for assessing the knowledge and skills of students, particularly those in medical specialties, is also gaining particular importance.

The objective of the work was to analyze the existing system for assessing the knowledge and skills of medical students at all stages of their education, to develop and propose a differentiated assessment of various components of the educational process. The conducted analysis showed that the content of the Objective Structured Clinical Examination (OSCE) structure based on competencies and their components should be different for stations with a standardized patient and stations using manikins.

Therefore, when studying the disciplines included in the OSCE structure, various types of student work should be assessed at each practical class through oral questioning, test control, practical skills control (technique of execution and interpretation of obtained data), evaluation of work with a virtual patient on the Casus platform, etc.

The assessment of modular control should also be structured, particularly when solving situational tasks, where the following are assessed separately: the ability to make a diagnosis, the interpretation of data from laboratory and instrumental methods of investigation, the development of patient management tactics and treatment, and the determination of disease prevention methods.

The development of an objective differentiated assessment of the components of the educational process allows the teacher to: analyze the level of student preparation, identify learning material that is difficult to master, make adjustments to the structure of the class and the methodology of its conduct, etc.

Hence, the system for assessing practical classes, modular control, and the OSCE needs to be improved, differentiated, and unified not only at the level of a medical higher education institution but also at the state level.

Зміст

Вступ	46
Основна частина	46
Висновки	49
Список використаних джерел	49

Перелік скорочень:

ОСКІ, OSCE - об'єктивний структурований клінічний іспит, Objective Structured Clinical Examination

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

МОН - Міністерство освіти і науки
ЗВО - заклад вищої освіти
ТК - тестовий контроль
ПН - практичні навички
Т - техніка виконання
І - інтерпретація отриманих даних
ВП - віртуальний пацієнт
УО - усне опитування
ДГ - ділова гра
СЗ - ситуаційна задача
ЗО - загальна оцінка

Вступ

Освітній процес і його складові постійно зазнають суттєвих змін. Це відбувається у зв'язку: з удосконаленням методик викладання, зростанням об'єму матеріалів, які повинен засвоїти здобувач освіти, зміною форм та практичною орієнтацією навчання тощо [1, 2]. Своєю чергою, особливого значення набуває зміна системи оцінювання знань та вмінь здобувачів освіти [3-5].

Що таке «оцінка»? Поняття «оцінка знань і навичок» використовується для аналізу того, наскільки ефективно виконується та чи інша дія. У медичній освіті «контроль знань» - це наскільки добре засвоюється матеріал, що викладається [6].

Якщо оцінка проведена правильно,

Мета і завдання дослідження

Проаналізувати існуючу систему оцінювання знань та вмінь здобувачів медичної освіти в Україні, зокрема проведення ОСКІ.

Основна частина

На даний час у світі система оцінювання при проведенні ОСКІ є усталеною. Система оцінювання ОСКІ, у порівнянні з іншими, забезпечує: достовірність, справедливність, відсутність дискримінації в оцінюванні, гнучкість [8].

Достовірність – це ступінь, у якому зміст тесту дозволяє оцінити вміння, якими оволоділи студенти та/або які підлягають оцінці. У порівнянні з традиційним підходом до клінічних іспитів, ОСКІ забезпечує більш достовірну оцінку клініч-

то вона може слугувати для:

- визначення чи були досягнуті завдання навчання;
- допомоги у навчанні здобувача медичної освіти;
- сертифікації або судження про компетентність;
- розробки та оцінки навчальних програм;
- кращого розуміння освітнього процесу;
- складання уявлення про майбутню роботу випускників тощо [7].

Система оцінювання відіграє важливу роль при проведенні іспиту, модульного контролю, практичного заняття.

ної компетентності.

Справедливість оцінювання – це характеристика методу оцінювання, що демонструє відсутність стороннього впливу на результат та дискримінації студентів, що підлягають оцінці. Для забезпечення справедливості іспиту необхідно жорстко дотримуватися встановлених правил і стандартів.

Справедливість ОСКІ забезпечується наступними факторами:

- всі студенти, що проходять іспит,

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

виконують однаковий набір завдань;

- кожний студент оцінюється значною кількістю екзаменаторів з використанням заздалегідь узгоджених чек-листів і шкал оцінки;
- використовуються симулятори і тренажери з об'єктивною комп'ютерною або електронною оцінкою правильності виконання процедур;
- стандартизовані пацієнти відібрані за статтю, віком у відповідності до завдання, спілкуються з усіма студентами за чітким алгоритмом;
- зміст іспиту відповідає навчальним планам і очікуваним результатам навчання та професійним стандартам [9].

Гнучкість ОСКІ як методу оцінки дозволяє широко використовувати його за різними дисциплінами і на різних етапах медичної освіти [10]. Дотримуючись загальних принципів методу, можна широко варіювати: кількістю і часом проходження станцій; тривалістю іспиту; використанням тренажерів, симуляторів, стандартизованих пацієнтів для оцінки різних компетентностей; форматом завдань і очікуваних від студентів відповідей; залученням екзаменаторів; форматом зворотного зв'язку тощо.

Оцінювання на станціях ОСКІ різнопланове [11]. Це може бути: візуальне оцінювання (потребує відеоконтролю), аудіооцінювання (потребує аудіоконтролю), комп'ютерне оцінювання, письмове оцінювання.

Оцінка комунікативних навичок на даний час набуває особливого значення [12]. На даному етапі розвитку суспільства та технологій комунікаційні проблеми у молоді зростають, виникають серйозні труднощі як у побутовому спілкуванні, так і у професійній сфері: комунікативні навички, тактильні, вербальні, емоційні, зорові в повній мірі відсутні майже у половини молоді, що навчається. При роботі з пацієнтом не висловлюється зацікавленість у спілкуванні, студенти зазвичай емоційно інертні. Візуальний контакт з хворим практично відсутній, паралельно зі спілкуванням молодим фахівцем заповнюється медична документація (у паперовому та електронному форматах) тощо [13].

Етичні аспекти поведінки майбутнього лікаря в сучасній системі освіти теж заслуговують особливої уваги. У структурі матриці компетентностей вони складають 5%, і оцінюються лише на станціях,

Таблиця 1

Колізії «матриці компетентностей»

Назва станції	Складові компетентностей, що виносяться на ОСП(К)І з розподілом часток (у балах)								Всього балів
	Комунікативні навички	Збір скарг та анамнезу	Об'єктивне обстеження	Технічні навички (маніпуляції)	Діагностика	Визначення тактики ведення та лікування	Профілактика та пропаганда здорового способу життя	Інше (в т.ч. загальні та етичні аспекти)	
Станція 9 «Діагностика та ведення фізіологічної вагітності»		1	1	0,5	1		1,5	1	6
Станція 10 «Невідкладні стани в акушерстві та гінекології (стандартизований пацієнт)»	1,5	2	0,5		0,75	0,75		0,5	6

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таблиця 2

Ключові складові формування підсумкової оцінки здобувачів вищої медичної освіти 5 курсу
Модуль 3. Патологічний перебіг вагітності, пологів та післяпологового періоду.

Дати занять																			
Теми занять		Ранні гестози. Гіпертензивні розлади при вагітності. Преєклампсія. Еклампсія					Невинош. вагітн. Вузький таз. Аном. полож. та передп.плода. Пологи при неправ. полож. та таз. передпл. плода					Аномалії скоротливої діяльності матки. Оперативне акушерство.							
№	ПІБ студента	ТК	ПН ММ		УО	В П casus	ЗО	ТК	ПН ММ		УО	В П casus	ЗО	ТК	ПН ММ		УО	В П casus	ЗО
			Т.	І.					Т.	І.					Т.	І.			
1																			
2																			
Тривалість заняття (години)																			
Підпис викладача																			

де є стандартизований пацієнт. На нашу думку це є не вірно. При роботі з манекеном моделюються ситуації роботи лікаря з важкохворими та реанімаційними пацієнтами, проте манекени не можуть вступити в контакт. А при роботі з цією категорією пацієнтів, особливого значення набуває медична етика і деонтологія лікаря [14].

При розгляді матриці компетентностей ми також бачимо певні колізії. (Таблиця 1). Комунікативні навички в матриці, яка використовується в БДМУ на станціях зі стандартизованим пацієнтом, складають 1,5 бали - 25%, комунікативні навички + збір анамнезу становить 3,5 бали (60%), діагностика + тактика ведення лікування 2 бали – 30%. Слід зазначити, що МОН рекомендовано 10% для комунікативних навичок та 45 % для діагностики і тактики ведення лікування. Ця колізія відбулася у зв'язку з різною кількістю навичок, які виконують на станціях зі стандартизованим пацієнтом та станціях, де студенти працюють з манекенами і тренажерами

За цим слідує суб'єктивний висновок, що, зміст структури ОСКІ за компетентностями та їх складовими повинен бути

різним для станцій зі стандартизованим пацієнтом та станцій, де використовуються манекени.

Зміна системи оцінювання на ОСКІ потребує і оптимізації оцінювання на модульному контролі та практичних заняттях. Структура заняття, методика його проведення, зміст вимагають сьогодні диференційованого оцінювання різних складових освітнього процесу. Це і оцінювання: історії хвороби і досліджень, навичок спілкування з пацієнтом, глибини знань, диференціації діагнозу, плану лікування і клінічної оцінки, здатності документувати отримані результати. Також кожна тема практичного заняття вимагає уніфікованого підходу до оцінювання як роботи на тренажерах і симуляторах, так і роботи зі стандартизованим пацієнтом, вирішення ситуаційних задач, тощо.

Тому на кафедрі акушерства, гінекології та перинатології БДМУ оптимізована система оцінювання набутих здобувачами вищої медичної освіти компетентностей. (Таблиця 2).

З даних Таблиці 2 видно, що на кожній темі практичного заняття оцінюються різні види роботи здобувачів вищої освіти. Це і тестовий контроль (ТК), і прак-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таблиця 3

Відомість
до ПМК №4 «Акушерство і гінекологія»
6 курс 8 група зі спеціальності «Медицина»
24.01.2025 р.

№ п/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Комп'ютерне тестування (90 завдань)	Практичні навички	2 усних запитання по веденню фіз. вагітності	Акушерська ситуаційна задача	Гінекологічна ситуаційна задача	Кількість балів за модуль
		Бали (max=30)	Бали (max=16)	Бали (max=10)	Бали (max=12)	Бали (max=12)	Бали (max=80)
			T- I-	1- 2-	1- 2- 3- 4-	1- 2- 3- 4-	

тичні навички (ПН), і техніка виконання (Т), та інтерпретація отриманих даних (І), а також усне опитування (УО), робота з віртуальним пацієнтом (ВП) на платформі Casus, ділова гра (ДГ), вирішення ситуаційних задач (СЗ), тощо. У подальшому оцінки підсумовують і виставляється загальна оцінка (ЗО).

Відомість для оцінювання модульного контролю (Таблиця 3) також демонструє нам об'єктивність, достовірність, справедливність оцінювання.

Таблиця 3 відображає те, що при вирішення ситуаційних задач на підсумковому модульному контролі, окремо ставить-

ся оцінка за кожне питання до задачі: 1 - вміння поставити діагноз; 2 - оцінити дані лабораторних та інструментальних методів дослідження; 3 - розробити тактику ведення пацієнта та лікування; 4 - визначити методи профілактики захворювання.

Розробка об'єктивного диференційованого оцінювання складових освітнього процесу дає можливість викладачу: проаналізувати рівень підготовки здобувачів освіти, визначити складний для засвоєння навчальний матеріал, внести корективи в структуру заняття та методику його проведення тощо.

Висновки

Отже, систему оцінювання практичного заняття, модульного контролю та ОСКІ потрібно удосконалити, диференціювати та уніфікувати не тільки на рівні медичного ЗВО, а й на державному рівні.

Конфлікт інтересів відсутній.

Список використаних джерел

1. Ishizuka K, Shikino K, Takada N, et al. Enhancing clinical reasoning skills in medical students through team-based learning: a mixed-methods study. BMC Med Educ. 2025;25:221. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-06784-w>
2. Burgess A, van Diggele C, Roberts C, et al. Team-based learning: design, facilitation and participation. BMC Med Educ. 2020;20(2):461.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

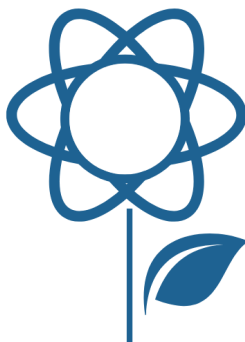
- <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02287-y>
3. Salama Muhammad IM, Chica Tomalá MP, Marcial Coello C. R, et al. Assessment methods and their impact on learning outcomes in Education. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 2024;5(5):3336-50. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2865>
 4. Kordestani Moghaddam A, Khankeh HR, Shariati M, et al. Educational impact of assessment on medical students' learning at Tehran University of Medical Sciences: a qualitative study. *BMJ Open*. 2019;9:e031014. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031014>
 5. van der Vleuten CPM, Schuwirth LWT. Assessment in the context of problem-based learning. *Adv in Health Sci Educ*. 2019;24:903-14. <https://doi.org/10.1007/s10459-019-09909-1>
 6. Khan R, Payne MWC, Chahine S. Peer assessment in the objective structured clinical examination: A scoping review. *Med Teach*. 2017;39(7):745-56. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2017.1309375>
 7. Ngim CF, Fullerton PD, Ratnasingam V, et al. Feedback after OSCE: a comparison of face to face versus an enhanced written feedback. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):180. <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02585-z>
 8. Dewan P, Khalil S, Gupta P. Objective structured clinical examination for teaching and assessment: Evidence-based critique. *Clinical Epidemiology and Global Health*. 2024;25:101477. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101477>
 9. Calisi O, King S, Berger DJ, et al. Comparing the Perceptions of Reciprocal- and Near-Peer Objective Structured Clinical Examinations (OSCEs) in Medical Students. *Cureus*. 2023;15(2):e35535. <https://doi.org/10.7759/cureus.35535>
 10. Levy-Feldman I. The Role of Assessment in Improving Education and Promoting Educational Equity. *Education Sciences*. 2025;15(2):224. <https://doi.org/10.3390/educsci15020224>
 11. Otaki F, Gholami M, Fawad I, Akbar A, Banerjee Y. Students' Perception of Formative Assessment as an Instructional Tool in Competency-Based Medical Education: Proposal for a Proof-of-Concept Study. *JMIR Res Protoc*. 2023;12:e41626. <https://doi.org/10.2196/41626>
 12. Lee Gerald B, Chiu Asriani M. Assessment and feedback methods in competency-based medical education. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2022;128(3):256-62. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2021.12.010>
 13. Smeets HWH, Sluijsmans DMA, Moser A, van Merriënboer JJG. Design guidelines for assessing students' interprofessional competencies in healthcare education: a consensus study. *Perspectives on Medical Education*. 2022;11(6):316-24. <https://doi.org/10.1007/s40037-022-00728-6>
 14. Watson JJ, Kemp Bohan Ph, Ramsey K, Yonge JD., Connelly CR, et al. Optimizing physician skill development for medical students: The four-part assessment. *The American Journal of Surgery*. 2017;213(5):906-9. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.03.026>

References

1. Ishizuka K, Shikino K, Takada N, et al. Enhancing clinical reasoning skills in medical students through team-based learning: a mixed-methods study. *BMC Med Educ*. 2025;25:221. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-06784-w>
2. Burgess A, van Diggele C, Roberts C, et al. Team-based learning: design, facilitation and participation. *BMC Med Educ*. 2020;20(2):461. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02287-y>
3. Salama Muhammad IM, Chica Tomalá MP, Marcial Coello C. R, et al. Assessment methods and their impact on learning outcomes in Education. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 2024;5(5):3336-50. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2865>
4. Kordestani Moghaddam A, Khankeh HR, Shariati M, et al. Educational impact of assessment on medical students' learning at Tehran University of Medical Sciences: a qualitative study. *BMJ Open*. 2019;9:e031014. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031014>
5. van der Vleuten CPM, Schuwirth LWT. Assessment in the context of problem-based learning. *Adv in Health Sci Educ*. 2019;24:903-14. <https://doi.org/10.1007/s10459-019-09909-1>
6. Khan R, Payne MWC, Chahine S. Peer assessment in the objective structured clinical examination: A scoping review. *Med Teach*. 2017;39(7):745-56. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2017.1309375>
7. Ngim CF, Fullerton PD, Ratnasingam V, et al. Feedback after OSCE: a comparison of face to face versus an enhanced written feedback. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):180. <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02585-z>
8. Dewan P, Khalil S, Gupta P. Objective structured clinical examination for teaching and assessment: Evidence-based critique. *Clinical Epidemiology and Global Health*. 2024;25:101477. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101477>
9. Calisi O, King S, Berger DJ, et al. Comparing the Perceptions of Reciprocal- and Near-Peer Objective

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

- Structured Clinical Examinations (OSCEs) in Medical Students. *Cureus*. 2023;15(2):e35535. <https://doi.org/10.7759/cureus.35535>
10. Levy-Feldman I. The Role of Assessment in Improving Education and Promoting Educational Equity. *Education Sciences*. 2025;15(2):224. <https://doi.org/10.3390/educsci15020224>
11. Otaki F, Gholami M, Fawad I, Akbar A, Banerjee Y. Students' Perception of Formative Assessment as an Instructional Tool in Competency-Based Medical Education: Proposal for a Proof-of-Concept Study. *JMIR Res Protoc*. 2023;12:e41626. <https://doi.org/10.2196/41626>
12. Lee Gerald B, Chiu Asriani M. Assessment and feedback methods in competency-based medical education. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2022;128(3):256-62. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2021.12.010>
13. Smeets HWH, Sluijsmans DMA, Moser A, van Merriënboer JJG. Design guidelines for assessing students' interprofessional competencies in healthcare education: a consensus study. *Perspectives on Medical Education*. 2022;11(6):316-24. <https://doi.org/10.1007/s40037-022-00728-6>
14. Watson JJ, Kemp Bohan Ph, Ramsey K, Yonge JD., Connelly CR, et al. Optimizing physician skill development for medical students: The four-part assessment. *The American Journal of Surgery*. 2017;213(5):906-9. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.03.026>



Керівництво для авторів журналу *Природничі, математичні науки та освіта в медицині*

Зміст

Вимоги до подання	52
Вимоги до оформлення статей	53
Мова статей	53
Тематичні напрямки	53
Види публікацій	53
Обсяг статті	53
Технічні параметри	54
Порядок розміщення матеріалу	54
Список використаних джерел	55
Перевірка на плагіат	55
Декларація про використання генеративного штучного інтелекту	55
Положення про авторські права	55
Положення про конфіденційність	56
Процес рецензування	56

Вимоги до подання

- Під час подання рукопису до журналу автори повинні підтвердити його відповідність всім встановленим вимогам, вказаним нижче. В разі виявлення невідповідності поданої роботи пунктам цих вимог редакція повертатиме авторам матеріали на доопрацювання.
- Це подання раніше не було опубліковане і не було надіслано на розгляд до редакцій інших журналів (або вкажіть пояснення у коментарях для редактора).
- Файл подання є документом у форматі Microsoft Word, OpenOffice, RTF або WordPerfect.
- Веб-посилання у тексті супроводжуються повними коректними адресами URL.
- Текст набраний 12-м розміром кегля з міжрядковим інтервалом 1,5; авторські акценти виділені курсивом, а не підкресленням (всюди, крім адрес URL); всі ілюстрації, графіки та таблиці розміщені безпосередньо у тексті, там, де вони повинні бути за змістом (а не у кінці документу).
- Текст відповідає вимогам щодо стилістики та бібліографії, викладеним у цьому Керівництві для авторів

Вимоги до оформлення статей

Мова статей

До розгляду приймаються статті **українською** та **англійською** мовами.

У статтях українською мовою слід **дублювати англійською** мовою такі елементи:

- назва статті,
- інформація про авторів,
- ключові слова,
- анотація
- список використаних джерел.

У статтях англійською мовою слід **дублювати українською** мовою такі елементи:

- назва статті,
- інформація про авторів,
- ключові слова,
- анотація.

Тематичні напрямки

Природничі науки в медицині.

Новітні досягнення у медицині як наслідок розвитку природничих наук

Математичні науки в медицині.

Математичне моделювання у медицині, медичні системи підтримки прийняття рішень, біостатистика

Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті.

Психолого-педагогічні аспекти викладання природничих та математичних дисциплін у медичній освіті

Природничі та математичні науки в історії медицини.

Історія медицини у контексті розвитку і досягнень природничих наук та математики

Види публікацій

- Статті, що описують оригінальні роботи
- Аналітичні (наукові) огляди
- Матеріали конференцій
- Рецензії на книги
- Хроніки
- Лекції
- Редакційні статті

Обсяг статті

Статті, що описують оригінальні роботи	- 8-10 сторінок
Аналітичні (наукові) огляди	- 12-15 сторінок
Рецензії на книги	- 4-5 сторінок
Хроніки	- 4-5 сторінок
Лекції	- 15-20 сторінок

Керівництво для авторів
Author Guidelines

Технічні параметри

Текст статті має бути збережений у форматі doc, docx. Шрифт Times New Roman, 12 кегль, міжрядковий інтервал – 1,5, абзацний відступ – 1,25 см, всі поля – по 2,0 см.

Назва файлу має відповідати прізвищу першого автора.

Математичні та хімічні символи слід вводити до тексту статті за допомогою вбудованого редактора формул.

Рисунки слід розміщувати у тексті статті та додатково подавати у вигляді окремих файлів у форматах *.emf, *.wmf, *.jpg, *.jpeg, *.png

Формули, рисунки, таблиці слід розміщувати в основному тексті статті та нумерувати послідовно арабськими цифрами.

Порядок розміщення матеріалу

УДК

Назва статті

українською та англійською мовами

Ім'я та Прізвище, ORCID, email, Місце роботи

українською та англійською мовами

Якщо авторів декілька, відомості про кожного подати окремими рядками

Анотація

українською та англійською мовами

Зміст анотації має стисло й інформативно описати основні ідеї та отримані результати. Обсяг анотації статті - 1800-2000 знаків.

Ключові слова

українською та англійською мовами

5-8 ключових слів, розділених «;»

Основний текст статті

Текст статті повинен містити наступні розділи:

Оригінальні наукові дослідження:

- вступ
- мета і завдання дослідження
- матеріали та методи (в т.ч.статистичний аналіз)
- результати
- обговорення результатів
- висновки
- перспективи подальших досліджень

лекційні статті

- актуальність теми
- план
- вступ
- основна частина
- заключна частина;

оглядові статті

- авторське рішення викладення матеріалу
- узагальнення (або висновки)

Керівництво для авторів
Author Guidelines

- рекомендації для розвитку наукового напрямку та/або практичної медицини

Список використаних джерел

для статей **українською** мовою - **українською та англійською** мовами
для статей **англійською** мовою - **тільки англійською** мовою

- Список використаних джерел повинен бути оформлений у стилі CSE та налічувати 10-30 найменувань у залежності від виду публікації (оригінальне дослідження, науковий огляд, лекція тощо). До посилань обов'язково додавати DOI, якщо він присвоєний.
- Самоцитовання не має перевищувати 10-20% від загальної кількості вказаних джерел.
- Не менше 40% від усіх джерел мають бути посиланнями на закордонні видання, зокрема, що індексуються в наукометричних базах Scopus та/або Web Of Science.

Подяка

Зазначати назву фонду, який фінансував роботу, і номер гранту.

Конфлікт інтересів

Автори декларують наявність або відсутність фінансових або інших конфліктів інтересів, які могли вплинути на результати, інтерпретацію та висновки дослідження

Перевірка на плагіат

Всі подання проходять перевірку тексту на унікальність за допомогою програми StrikePlagiarism.

Відповідно до Положення про запобігання та виявлення академічного плагіату в освітній і науково-дослідній роботі учасників освітнього процесу та науковців Буковинського державного медичного університету, до подальшого розгляду редакція приймає подання, що мають **рівень унікальності не менше 80%**.

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту

При поданні статті автори повинні заповнити Декларацію делегування завдань інструментам генеративного штучного інтелекту та завантажити її на платформу разом із текстом статті

Положення про авторські права

Автори, які надсилають для опублікування своїх наукових праць у цьому журналі, погоджуються з наступними умовами:

Автори залишають за собою право на авторство своєї роботи та передають журналу право першої публікації цієї роботи на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License, котра дозволяє іншим особам вільно розповсюджувати опубліковану роботу з

Керівництво для авторів
Author Guidelines

обов'язковим посиланням на авторів оригінальної роботи та першу публікацію роботи у цьому журналі.

Автори мають право укласти самостійні додаткові угоди щодо неексклюзивного розповсюдження роботи у тому вигляді, в якому вона була опублікована цим журналом (наприклад, розміщувати роботу в електронному сховищі установи або публікувати у складі монографії), за умови збереження посилання на першу публікацію роботи у цьому журналі.

Політика журналу дозволяє і заохочує розміщення авторами в мережі Інтернет (наприклад, у сховищах установ або на особистих веб-сайтах) рукопису роботи (препринту) як до подання цього рукопису до редакції, так і під час його редакційного опрацювання, оскільки це сприяє виникненню продуктивної наукової дискусії та позитивно позначається на оперативності та динаміці цитування опублікованої роботи.

Положення про конфіденційність

Імена та електронні адреси, вказані користувачами на сайті цього журналу, будуть використані виключно для виконання внутрішніх технічних завдань цього журналу; вони не будуть поширюватись та передаватись стороннім особам.

Процес рецензування

Кожна стаття проходить процес **подвійного сліпого рецензування** рукописів: автору та рецензенту не повідомляють імена один одного.

Статті, подані до журналу, надсилають двом незалежним експертам у галузі досліджуваної проблеми.

Метою рецензування є змістовна експертна **оцінка якості наукової статті** за такими **критеріями**:

- Наукова новизна роботи
- Актуальність роботи
- Відповідність назви статті змісту роботи
- Відповідність резюме змісту роботи
- Якість дизайну дослідження
- Якість висновків дослідження
- Викладення та оформлення тексту
- Якість таблиць, графіків, рисунків, списку літератури

Рецензенти опрацьовують матеріал та оцінюють його науковий рівень, заповнюючи «Форму рецензування», де вказують свої зауваження.

Після заповнення основної «Форми рецензування» рецензенти обирають **одну** із запропонованих **рекомендацій**:

Опублікувати, без суттєвих змін

- подання готове до публікації тому редакція приймає його до публікації без змін

Опублікувати після виправлення відповідно до незначних зауважень

- редакція приймає подання, якщо автор врахує вказані зауваження

Опублікувати після виправлення відповідно до ґрунтовних зауважень

Керівництво для авторів
Author Guidelines

- подання необхідно доопрацювати і повторно рецензувати

Відхилити

- подання не відповідає вимогам або тематиці видання

Після завершення процесу рецензування всю відповідну інформацію надсилають автору. Автор, за необхідності, доопрацьовує рукопис та завантажує його нову версію.

Рецензенти повторно розглядають доопрацьований рукопис та надають рекомендацію щодо можливості подальшої публікації.

У разі отримання негативної рецензії редакція залишає за собою право не публікувати статтю.