

СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ РЕЦЕНЗОВАНИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Том 22, № 5, 2026

ISSN 2224-0586 (print), ISSN 2307-1230 (online)



МЕДИЦИНА[®] НЕВІДКЛАДНИХ СТАНІВ

Том 22, № 5, 2026

ДОСВІД ПРЕВЕНТИВНОЇ ЕВАКУАЦІЇ ОСІБ ГРУПИ РИЗИКУ
З ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ
РОЗШИРЕНИХ РЕАНІМАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ
БРИГАДАМИ ЕКСТРЕНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

ПРОГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ РИЗИКУ
В ПЕРЕБІГУ УРОСЕПСИСУ

PPV-КЕРОВАНА ПЕРСОНАЛІЗОВАНА СТРАТЕГІЯ
ІНФУЗІЙНОЇ ТЕРАПІЇ
ПРИ РАНЬОМУ СЕПТИЧНОМУ ШОЦІ

ТЕПЛОВІЗІЙНА ОЦІНКА ТЯЖКОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ
НА ЕТАПАХ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ЛІКУВАННЯ



www.mif-ua.com

МЕДИЦИНА НЕВІДКЛАДНИХ СТАНІВ

**ТЕМА НОМЕРА:
ВИБРАНІ ПИТАННЯ
НЕВІДКЛАДНОЇ
МЕДИЦИНИ
ТА АНЕСТЕЗІОЛОГІЇ**

5

О. СІДЕЛКОВСЬКИЙ, О. ОВСЯННИКОВ,
В. МАРУСІЧЕНКО, М. САВЧУК



ДІАГНОСТИЧНІ ШКАЛИ І ТЕСТИ

В НЕВРОЛОГІЇ, НЕЙРОХІРУРГІЇ
І НЕЙРОРЕАБІЛІТАЦІЇ

КЛІНІКА СУЧАСНОЇ
НЕВРОЛОГІЇ "АКСІМЕД"

ДРУГЕ
ВИДАННЯ

ДРУГЕ ВИДАННЯ, ДОПОВНЕНО
ТА ПЕРЕРОБЛЕНО. **ВЖЕ У ПРОДАЖУ!**

AKSIMED.UA



(044) 390-0055

EMERGENCY MEDICINE (UKRAINE)

МЕДИЦИНА НЕВІДКЛАДНИХ СТАНІВ

Спеціалізований рецензований науково-практичний журнал
Заснований у серпні 2005 року
Періодичність виходу: 8 разів на рік

Том 22, № 5, 2026

Включений в наукометричні і спеціалізовані бази даних
Scopus,

**НБУ ім. В.І. Вернадського, «Україніка наукова», «Наукова періодика України»,
Ulrichsweb Global Serials Directory, CrossRef, WorldCat, Google Scholar, ICMJE,
SHERPA/RoMEO, BASE, NLM-catalog, NLM-Locator Plus, EBSCO, OUCI, DOAJ**





Засновник:

Заславський О.Ю.

Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. Наказ МОН України від 24.04.2024 р. № 582. Категорія А

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет вченою радою ДУ «ІЗНХ НАМН України», протокол № 6 від 20.07.2026

Реєстрація: ідентифікатор медіа R30-04854. Рішення Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення № 1718 від 23.05.2024.

Українською та англійською мовами

Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 16,15

Тираж 12 000 прим. Зам. 2026-mns-156

Адреса редакції:

E-mail: editor@emergency-journal.com

(Тема: До редакції журналу «МНС»)

www.mif-ua.com, <https://emergency-journal.com>

Видавець Заславський О.Ю.

oleksandrzaslavsky@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 2128 від 13.05.2005

Друк: ТОВ «Ландпресс»

Головний редактор

Професор **Ніконов
Вадим Володимирович**
(Харків, Україна)

Науковий редактор

Професор **Бойко В.В.**
(Харків, Україна)

Редакційна колегія

Авдосьєв Ю.В. (Харків, Україна)
Більченко О.В. (Харків, Україна)
Воротинцев С.І. (Запоріжжя, Україна)
Георгіянц М.А. (Харків, Україна)
Іванов Д.Д. (Київ, Україна)
Іванова Ю.В. (Харків, Україна)
Климовицький В.Г. (Лиман, Україна)
Кобеляцький Ю.Ю. (Дніпро, Україна)
Курсов С.В. (Харків, Україна)
Лахно І.В. (Харків, Україна)
Лоскутов О.А. (Київ, Україна)
Михайлуков Р.М. (Харків, Україна)
Негодуйко В.В. (Харків, Україна)
Новицька-Усенко Л.В. (Дніпро, Україна)
Пархоменко К.Ю. (Харків, Україна)
Підгірний Я.М. (Львів, Україна)
Тарабан І.А. (Харків, Україна)
Феськов О.Е. (Харків, Україна)
Целуйко В.Й. (Харків, Україна)
Черній В.І. (Лиман, Україна)
Вашадзе Шорена (Батумі, Грузія)
Macas Andrius (Каунас, Литва)
Stefan De Hert (Гент, Бельгія)

Редакція не завжди поділяє думку автора публікації. Відповідальність за вірогідність фактів, власних імен та іншої інформації, використаної в публікації, несе автор. Передрук та інше відтворення в якій-небудь формі в цілому або частково статей, ілюстрацій або інших матеріалів дозволені тільки при попередній письмовій згоді редакції та з обов'язковим посиланням на джерело. Усі права захищені.



Founder:

Zaslavsky O.Yu.

The journal is included in the list of scientific periodicals of Ukraine, which can publish the results of dissertations on competition of the scientific degrees of doctor and candidate of sciences. Order of the MES of Ukraine dated 24.04.2024 No. 582. Category A

Recommended for publication and distribution over the Internet by the scientific council of the State Institution "IGUS of the NAMS of Ukraine", protocol No. 6 dated 20.07.2026

Registration: Media identifier R30-04854. Decision of the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting No. 1718 dated 23.05.2024

In Ukrainian and English

Folio: 60×84/8. Printer's sheet 16,15
Circulation 12 000. Order 2026-mns-156

Editorial office address:

E-mail: editor@emergency-journal.com

(Subject: Editorial board of the «Emergency Medicine»)

www.mif-ua.com, <https://emergency-journal.com>

Publisher Zaslavsky O.Yu.

oleksandrzaslavsky@gmail.com

Publishing entity certificate

ДК № 2128 dated 13.05.2005

Print: Landpress Ltd.

Editor-in-Chief

Prof. **Vadim Nikonov**
(Kharkiv, Ukraine)

Scientific Editor

Prof. **Valeriy Boiko**
(Kharkiv, Ukraine)

Editorial Board

Yuriy Avdosyev (Kharkiv, Ukraine)

Aleksandr Bilchenko (Kharkiv, Ukraine)

Sergiy Vorotyntsev (Zaporizhzhia, Ukraine)

Marine Georgiyants (Kharkiv, Ukraine)

Dmytro D. Ivanov (Kyiv, Ukraine)

Yuliya Ivanova (Kharkiv, Ukraine)

Volodymyr Klymovytsky (Lyman, Ukraine)

Yurii Kobeliatsky (Dnipro, Ukraine)

Serhii Kursov (Kharkiv, Ukraine)

Igor Lakhno (Kharkiv, Ukraine)

Oleh Loskutov (Kyiv, Ukraine)

Rostyslav Mikhaylusov (Kharkiv, Ukraine)

Volodymyr Nehoduiko (Kharkiv, Ukraine)

Liudmyla Novytska-Usenko (Dnipro, Ukraine)

Kyrylo Parkhomenko (Kharkiv, Ukraine)

Yaroslav Pidhirnyi (Lviv, Ukraine)

Igor Taraban (Kharkiv, Ukraine)

Oleksandr Feskov (Kharkiv, Ukraine)

Vira Tseluyko (Kharkiv, Ukraine)

Volodymyr Chernii (Lyman, Ukraine)

Shorena Vashadze (Batumi, Georgia)

Macas Andrius (Kaunas, Lithuania)

Stefan De Hert (Ghent, Belgium)

The editorial board not always shares the author's opinion. The author is responsible for the significance of the facts, proper names and other information used in the paper. No part of this publication, pictures or other materials may be reproduced or transmitted in any form or by any means without permission in writing form with reference to the original. All rights reserved.

Зміст

Сторінка редактора

Звернення головного редактора 6

Оригінальні дослідження

Лісний І.І.
Парентеральний ібупрофен у складі
мультимодальної післяопераційної
аналгезії: клінічне місце, доказова база
та безпека 9

*Кіх А.Ю., Смик О.О.,
Саленко М.С., Бур'янов О.А.*
Технологія етапного закриття кукси
у постраждалих при мінно-вибухових
пораненнях нижніх кінцівок 21

Антонян І.М., Геглюк О.М.
Прогностичне значення факторів ризику
в перебігу уросепсису 29

*Цимбалюк Г.Ю., Черватюк А.М.,
Крилюк В.О., Денисюк Ю.А.*
Оцінка якості виконання розширених
реанімаційних заходів бригадами екстреної
медичної допомоги: обсерваційне
дослідження в умовах клінічних
симуляційних сценаріїв 35

*Семкович Я.В., Дмитрієв Д.В.,
Семкович М.Я., Салижін Т.І.*
Домінування ESKAPE-патогенів
у відділеннях інтенсивної терапії:
аналіз мікробного пейзажу
та резистентності 42

Чуклін С.С.
Мікробний пейзаж жовчі при холециститі:
що визначає раціональний вибір
антибактеріальної терапії 49

Матолінець Н.В., Якименко І.І.
PPV-керована персоналізована стратегія
інфузійної терапії при ранньому
септичному шоці: рандомізоване
контрольоване дослідження 58

Литвиненко А.О., Лісний І.І.
Рання післяопераційна когнітивна
дисфункція після операцій
на верхній кінцівці 71

Contents

Editor's Page

Appeal of editor-in-chief 6

Original Researches

I.I. Lisnyy
Parenteral ibuprofen as part
of multimodal postoperative analgesia:
clinical place, evidence base,
and safety 9

*A.Yu. Kikh, O.O. Smyk,
M.S. Salenko, O.A. Burianov*
Technology of staged closure of the stump
in victims with mine-explosive injuries
of the lower extremities 21

I.M. Antonian, O.M. Hehliuk
The prognostic significance of risk factors
for the progression of urosepsis 29

*H.Yu. Tsymbaliuk, A.M. Chervatiuk,
V.O. Kryliuk, Yu.A. Denysiuk*
Assessment of the quality
of Advanced Life Support performed
by emergency medical services teams:
an observational study in clinical
simulation scenarios 35

*Ya.V. Semkovych, D.V. Dmytriiev,
M.Ya. Semkovych, T.I. Salyzhyn*
The dominance of ESKAPE-pathogens
in intensive care units: an analysis
of the microbial landscape
and antibiotic resistance 42

S.S. Chuklin
Microbial landscape of bile in cholecystitis:
what determines the rational choice
of antibacterial therapy 49

N.V. Matolinets, I.I. Yakymenko
PPV-guided personalized
fluid strategy for early
septic shock: a randomized
controlled trial 58

A.O. Lytvynenko, I.I. Lisnyy
Early postoperative cognitive
dysfunction after upper
limb surgery 71

Лизогуб К.І., Лизогуб М.В.,
Одинець І.Ю., Морозенко Д.В.

Передопераційна оцінка мозкового притоку
як предиктор церебральної десатурації
при артроскопіях плечового суглоба 86

Мазуренко О.В., Боднар Є.В.

Досвід превентивної евакуації осіб групи
ризиків з потенційно небезпечних територій
України: ретроспективний аналіз 91

Мишук В.Р.

Контрольована гіпотензія
при функціональній ендоскопічній
хірургії приносових пазух у дітей 96

Мазур О.М., Ткаченко Р.О.

Мікрореологічні аспекти тяжкого перебігу
COVID-19: взаємозв'язок із антикоагулянтною
терапією та можливими порушеннями ефекту
Фареуса — Ліндквіста 106

Олійник Г.А., Шустакова Г.В., Фоменко Ю.В.,
Гордієнко Е.Ю., Кравцов О.В., Грязін О.Є.

Тепловізійна оцінка тяжкості термічної
травми на етапах спеціалізованого
лікування 113

Невмерзицький І.М., Марков Ю.І.

Аналіз кореляцій діаметра нижньої
порожнистої вени у пацієнтів з гострим
порушенням мозкового кровообігу 123

Khashimov R.U., Rizayev J.A., Rakhmanov K.E.,
Kurbaniyazov Z.B., Davlatov S.S.

Модифікована техніка відкритої
пахвинної герніоалопластики та її вплив
на хірургічні наслідки, а також збереження
репродуктивної функції 133

K.I. Lyzohub, M.V. Lyzohub,
I.Yu. Odynets, D.V. Morozenko

Preoperative assessment of cerebral blood flow
as a predictor of cerebral desaturation during
shoulder arthroscopy 86

O.V. Mazurenko, Ye.V. Bodnar

Experience of preventive evacuation of people
at risk from dangerous territories
of Ukraine — a retrospective analysis 91

V.R. Mishchuk

Controlled hypotension
during functional endoscopic
sinus surgery in children 96

O.M. Mazur, R.O. Tkachenko

Microrheological aspects of severe
COVID-19: relationship
with anticoagulant therapy and possible
disorders of the Fåhræus-Lindqvist effect ... 106

H.A. Oliinyk, H.V. Shustakova, Yu.V. Fomenko,
E.Yu. Hordiienko, O.V. Kravtsov, O.Ye. Hriazin

Thermal imaging assessment
of thermal injury severity at the stages
of specialized treatment 113

I.M. Nevmerzhytskyi, Yu.I. Markov

Analysis of correlations of inferior
vena cava diameter in patients
with acute cerebrovascular accident 123

R.U. Khashimov, J.A. Rizayev, K.E. Rakhmanov,
Z.B. Kurbaniyazov, S.S. Davlatov

Modified technique of open
inguinal hernioalloplasty and its effect
on surgical outcomes, as well
as preservation of reproductive
function 133

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2035>

Шановні колеги!

П'ятий номер журналу «Медицина невідкладних станів» завдяки плідній роботі авторів публікацій вийшов досить цікавим.

Заслужують на вашу увагу практично всі опубліковані роботи. Водночас слід зазначити низку таких робіт:

— стаття О.М. Мазур та Р.О. Ткаченко присвячена застосуванню антикоагулянтів при тяжкому перебігу COVID-19 та їх впливу на ефект Фареуса — Лінквіста. З цієї проблеми досить мало публікацій;

— проблемам евакуації постраждалих та якості підготовки бригад екстреної допомоги в умовах симуляційних сценаріїв присвячені дві роботи — авторів О.В. Мазуренко, Є.В. Бондар та Г.Ю. Цимбалюк

зі співавт. Описано цікаві підходи до цих важливих проблем;

— стаття Г.А. Олійника зі співавт. привертає вашу увагу до важливих питань оцінки тяжкості термічної травми;

— дві роботи присвячені сепсису — І.М. Антонян, О.М. Геглюк та стаття Н.В. Матолинець, І.І. Якименко, представників львівської школи інтенсивної терапії. Незважаючи на те, що в доступній літературі багато статей, присвячених цій важливій проблемі, подані матеріали цікаві та оригінальні;

— близькі до цієї теми статті наших постійних авторів С.С. Чукліна та Я.В. Семковича.

Напевно, було б неправильним давати докладну характеристику всім статтям, опублікованим у цьому номері. І якщо ми не згадали деяких авторів, то це не означає, що вони не заслуговують на вашу увагу. Вони також цікаві та значущі. Це стосується статей А.Ю. Кіх зі співавт., І.М. Невмержицького і, звичайно ж, статей В.Р. Міщук та К.І. Лизогуб зі співавт.

Цей номер журналу ви побачите в останній місяць літа, на яке ми всі так чекали, а воно так швидко пролетіло...

Хай вам завжди щастить!

Річард Бах:

*Усі люди, усі події у твоєму житті
виникають тому, що закликав їх туди ТИ.
Що робитимеш з ними – вирішувати тобі.*

Головний редактор **Вадим Ніконов** ■



AKSİMED
КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ

РЕАБІЛІТАЦІЯ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТІВ І ТРАВМ

НЕВРОЛОГІЧНА КЛІНІКА "АКСІМЕД"

ВУЛ. ТУМАНЯНА, 3 • AKSIMED.UA

(044) 390-00-55

20 РОКІВ
ДОСВІДУ



САМОЛІКУВАННЯ МОЖЕ БУТИ ШКІДЛИВИМ ДЛЯ ВАШОГО ЗДОРОВ'Я

ІБУФЛЕКС

парентеральний ібупрофен 4 мг/мл; 100 мг/мл (концентрат)

свобода клінічного
рішення для контролю
післяопераційного болю



знеболюючий,
протизапальний
та опіоїд-спаринг
ефекти



дозволений до
використання
дітям з 3 місяців
та дорослим



ІБУФЛЕКС (IBUFLEX)

Склад: 1 мл розчину містить ібупрофену 4 мг; допоміжні речовини: натрію хлорид, динатрію фосфат, натрію гідроксид, вода для ін'єкцій. Фармакотерапевтична група. Нестероїдні протизапальні та протиревматичні засоби. Похідні пропіонової кислоти. Код АТХ M01A E01. Показання. Лікарський засіб Ібуфлекс показаний для застосування дорослим та дітям віком від 6 місяців: для лікування болю легкого та помірного ступеня тяжкості; як допоміжний засіб у лікуванні болю помірного та сильного ступеня тяжкості у поєднанні з опіоїдними анальгетиками; для зниження гарячки. Протипоказання. Підвищена чутливість (включно з анафілактичними реакціями та тяжкими шкірними реакціями в анамнезі) до ібупрофену або до будь-якого з компонентів лікарського засобу. Бронхіальна астма, кропив'янка або інші реакції підвищеної чутливості в анамнезі, пов'язані із застосуванням ацетилсаліцилової кислоти або інших НПЗЗ. Лікування болю на тлі аортокоронарного шунтування (АКШ). Номер реєстраційного посвідчення: UA/21427/01/01. Термін дії посвідчення: з 02.09.2026 по 02.09.2031. Наказ МОЗ: № 1279 від 02.09.2026. Інформація для професійної діяльності медичних і фармацевтичних працівників. Дата останнього перегляду: серпень 2026 р.

ІБУФЛЕКС ВЕО (IBUFLEX VEO)

Склад: 1 мл містить ібупрофену 100 мг; допоміжні речовини: аргінін, хлоридна кислота концентрована, вода для ін'єкцій. Фармакотерапевтична група. Нестероїдні протизапальні та протиревматичні засоби. Похідні пропіонової кислоти. Код АТХ M01A E01. Показання. Лікарський засіб Ібуфлекс Вео показаний для застосування дорослим та дітям віком від 3 місяців: для лікування болю легкого та помірного ступеня тяжкості; як допоміжний засіб у лікуванні болю помірного та сильного ступеня тяжкості у поєднанні з опіоїдними анальгетиками; для зниження гарячки. Протипоказання. Підвищена чутливість (включно з анафілактичними реакціями та тяжкими шкірними реакціями в анамнезі) до ібупрофену або до будь-якого з компонентів лікарського засобу. Бронхіальна астма, кропив'янка або інші реакції підвищеної чутливості в анамнезі, пов'язані із застосуванням ацетилсаліцилової кислоти або інших НПЗЗ. Лікування болю на тлі аортокоронарного шунтування (АКШ). Номер реєстраційного посвідчення: UA/21393/01/01. Термін дії посвідчення: з 13.08.2026 по 13.08.2031. Наказ МОЗ: № 1122 від 13.08.2026. Інформація для професійної діяльності медичних і фармацевтичних працівників. Дата останнього перегляду: серпень 2026 р.



УДК 615.276.3:615.212:616-089.168.1-08

Лісний І.І.

ДНП «Національний інститут раку», м. Київ, Україна

Парентеральний ібупрофен у складі мультиmodalьної післяопераційної аналгезії: клінічне місце, доказова база та безпека

Резюме. Післяопераційний біль залишається одним із чинників, що визначають перебіг раннього післяопераційного періоду, оскільки впливає на мобілізацію, дихальну функцію, якість відновлення та потребу в опіоїдних анагетиках. Мультиmodalьна аналгезія ґрунтується на поєднанні препаратів і методів з різними механізмами дії, що дає змогу впливати на периферичні та центральні ланки формування болю і зменшувати опіоїдне навантаження. Парентеральний ібупрофен належить до нестероїдних протизапальних препаратів; його дія пов'язана з пригніченням циклооксигенази та зниженням синтезу простагландинів. Цим обґрунтовується його застосування при ноцицептивно-запальному компоненті післяопераційного болю. Внутрішньовенний шлях введення має практичне значення у ранньому післяопераційному періоді, коли пероральний прийом тимчасово неможливий або недостатньо передбачуваний. Клінічна цінність препарату визначається не заміною інших анагетиків, а можливістю включення до мультиmodalьної схеми за умови оцінки гастроінтестинального, ниркового, серцево-судинного та геморагічного ризику. У статті розглянуто патофізіологічні підстави використання парентерального ібупрофену, клінічні дані щодо його opіoid-sparing ефекту, питання безпеки, порівняння з іншими парентеральними НПЗП та місце в українській практиці післяопераційного знеболювання.

Ключові слова: післяопераційний біль; мультиmodalьна аналгезія; парентеральний ібупрофен; НПЗП; ноцицепція; простагландини; opіoid-sparing ефект; безпека аналгезії

Вступ

Післяопераційний біль є закономірною відповіддю на хірургічну травму, однак його клінічне значення не обмежується короткочасним симптомом після операції. У ранньому післяопераційному періоді біль впливає на дихання, кашльовий рефлекс, здатність до мобілізації, виконання реабілітаційних завдань, переносимість ентерального харчування та загальну якість відновлення [1, 2]. Для анестезіолога контроль болю не зводиться до суб'єктивного комфорту пацієнта. Недостатня аналгезія може збільшувати потребу в опіоїдах, підвищувати частоту опіоїдасоційованих небажаних явищ, затримувати мобілізацію та ускладнювати реалізацію програм прискореного післяопераційного відновлення [1–3].

У клінічній практиці післяопераційний біль часто має змішаний характер. У його формуванні беруть участь безпосереднє ушкодження тканин, запальна

реакція в ділянці операційної рани, активація периферичних ноцицепторів, зміна збудливості нейронів задніх рогів спинного мозку та, у частини пацієнтів, нейропатичний компонент, пов'язаний з ушкодженням нервових структур [4–7]. Тому спроба контролювати післяопераційний біль лише одним препаратом або одним механізмом дії часто є недостатньою. Це особливо помітно після великих абдомінальних, ортопедичних, торакальних, гінекологічних і онкохірургічних втручань, за яких інтенсивність больової імпульсації змінюється протягом перших годин і днів після операції.

Традиційна опіоїдна аналгезія залишається необхідною для лікування помірного та сильного післяопераційного болю, однак ізольована опіоїдна стратегія має суттєві обмеження. Опіоїди ефективно впливають на центральні механізми сприйняття болю, але не усувають периферичне запалення в операційній рані, не

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanij»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Лісний Іван Іванович, доктор медичних наук, професор, завідувач науково-дослідного відділу, відділення анестезіології та інтенсивної терапії, Центр хірургії, Національний інститут раку, вул. Юлії Здановської, 33/43, м. Київ, 03022, Україна; e-mail: woodmanivan@yahoo.com

For correspondence: Ivan I. Lisnyy, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Scientific Research Department, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Surgery Center, National Cancer Institute, Yulia Zdanovska st., 33/43, Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: woodmanivan@yahoo.com

Full list of author information is available at the end of the article.

пригнічують синтез простагландинів і не впливають безпосередньо на тканинний запальний компонент болю. Крім того, збільшення дози опіоїдів не завжди супроводжується пропорційним поліпшенням аналгезії, але може підвищувати ризик нудоти, блювання, седатії, пригнічення дихання, затримки сечі, парезу кишечника, свербіжу та післяопераційного делірію у вразливих пацієнтів [1–3]. Тому сучасні підходи до післяопераційного знеболювання поступово змістилися від опіоїд-центричної моделі до мультимодальної аналгезії (ММА). Суть цього підходу не зводиться до формального призначення кількох аналгетиків одночасно, а полягає у раціональному поєднанні препаратів і методів, які діють на різні ланки формування болю. За такої побудови аналгезії опіоїди залишаються засобом для rescue-аналгезії або лікування інтенсивного болю, але не є єдиною основою післяопераційного знеболювання [1–3, 8].

Нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП) мають окреме місце в мультимодальній аналгезії, оскільки впливають на простагландин-залежний механізм периферичної сенситизації. Ця ланка безпосередньо пов'язана з хірургічним ушкодженням тканин. Ібупрофен зменшує синтез простагландинів через оборотне пригнічення циклооксигенази, що створює патофізіологічне підґрунтя для його використання при ноцицептивно-запальному компоненті післяопераційного болю [4, 5]. Парентеральна форма препарату практично корисна в ранньому післяопераційному періоді, коли пероральний шлях тимчасово обмежений через нудоту, блювання, післяопераційне голодування, кишкову дисфункцію або лікування у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ).

Клінічне місце парентерального ібупрофену в післяопераційному знеболюванні визначається його внеском у мультимодальну схему, а не протиставленням іншим аналгетикам. Препарат зменшує ноцицептивно-запальний компонент болю та опіоїдне навантаження у тих клінічних ситуаціях, коли очікувана користь переважає класові ризики НПЗП. Практична цінність залежить не від самого факту внутрішньовенної форми, а від співвідношення аналгетичної ефективності, опіоїд-зберігального потенціалу та безпеки.

Методологічні засади огляду

Стаття має формат наративного клініко-аналітичного огляду. До аналізу включено настанови з післяопераційного болю, систематичні огляди, метааналізи, рандомізовані клінічні дослідження внутрішньовенного ібупрофену, порівняльні роботи щодо парентеральних НПЗП, офіційні інструкції регуляторних органів та українські реєстрово-формулярні джерела. Акцент зроблено на клінічній інтерпретації доказів у межах мультимодальної аналгезії: впливі на ноцицептивно-запальний компонент болю, опіоїд-зберігального ефекти, безпеці короткочасного застосування та місці препарату в локальних післяопераційних протоколах.

Джерела добиралися з пріоритетом для документів, які реально впливають на клінічне рішення: міжнародних настанов, PROSPECT-рекомендацій, Cochrane-оглядів, метааналізів рандомізованих досліджень, окре-

мих РКД внутрішньовенного ібупрофену та офіційних регуляторних документів FDA, EMA і українських установ.

Роль мультимодальної аналгезії у сучасній хірургії

Концепція мультимодальної, або збалансованої, аналгезії виникла як відповідь на обмеження монотерапії післяопераційного болю. Її вихідна логіка полягає в тому, що хірургічний біль формується на кількох рівнях нервової системи, тому клінічно доцільніше впливати на різні механізми одночасно, ніж нарощувати дозу одного препарату [8]. У післяопераційному періоді це означає поєднання системних неопіоїдних аналгетиків, протизапальних засобів, регіонарних методик, місцевих анестетиків, а за потреби — опіоїдів короткої дії або контрольованої пацієнтом аналгезії.

У настановах з післяопераційного болю мультимодальна аналгезія розглядається як базовий принцип, а не як додаткова опція для окремих клінічних ситуацій [1, 2]. Її завдання полягає у досягненні функціонально прийнятного знеболювання при мінімально необхідному опіоїдному навантаженні. Це важливо не лише через меншу частоту побічних ефектів. Пацієнт із контрольованим болем краще дихає, активніше рухається, легше переносить фізіотерапію, швидше повертається до ентерального харчування і потребує меншої кількості rescue-препаратів [1–3].

До основних компонентів мультимодальної аналгезії належать парацетамол, НПЗП, селективні або переважно селективні інгібітори COX-2, місцеві анестетики, нейроаксальні й периферичні регіонарні методики, а також опіоїди, які застосовують за показаннями. Для кожного компонента оцінюють не лише аналгетичну активність, але й безпеку в конкретній клінічній ситуації.

Мультимодальна аналгезія тісно пов'язана з програмами прискореного післяопераційного відновлення. ERAS-підхід передбачає ранню мобілізацію, мінімізацію післяопераційної нудоти й блювання, раннє ентеральне харчування, зменшення стрес-відповіді та скорочення нефізіологічних обмежень після операції. Виражений біль і надмірна опіоїдна седатія однаково заважають цим завданням. Тому неопіоїдні аналгетики в ММА виконують не другорядну, а функціонально значущу роль: вони підтримують достатній рівень знеболювання без постійного нарощування дози опіоїду [2, 3].

НПЗП у цій системі відрізняються від парацетамолу наявністю протизапального компонента дії. Це особливо важливо для операцій, за яких біль значною мірою пов'язаний із запаленням у зоні розрізу, тракцією тканин, ушкодженням м'язів, фасцій, окістя або серозних оболонок. Проте саме цей механізм частково пояснює і ризики НПЗП: вплив на слизову оболонку шлунково-кишкового тракту, ниркову гемодинаміку, тромбоцитарну функцію та серцево-судинну безпеку. Тому включення НПЗП у схему ММА має спиратися на відбір пацієнтів, а не на шаблонне призначення всім хірургічним хворим.

Патофізіологія післяопераційного болю

Після хірургічного ушкодження тканин у рані накопичуються простагландини, брадикінін, серотонін, гістамін, цитокіни, іони водню, АТФ та інші молекули, які знижують поріг активації ноцицепторів [4, 5]. Через це стимул, який у звичайних умовах був би слабким, після операції може сприйматися як болючий. Звідси впливає клінічний сенс інгібування циклооксигенази та зменшення синтезу простагландинів при післяопераційному болю [4, 5]. Це одна з основних підстав для застосування НПЗП у складі мультимодальної аналгезії.

Зв'язок між запаленням, болем і опіоїдами практично відчутний у післяопераційній палаті. Якщо запальний компонент болю не контролюється, пацієнт частіше потребує повторних доз опіоїду. Опіоїд може зменшити сприйняття болю, але не усуває периферичну простагландин-залежну сенситизацію. Навпаки, додавання препарату, який діє на периферичний запальний механізм, може зменшити потребу у високих дозах опіоїду. На цій патофізіологічній логіці ґрунтується opioid-sparing роль НПЗП у мультимодальній аналгезії [1, 3, 4, 8]. У рандомізованому подвійному сліпому плацебо-контрольованому дослідженні запобігальна аналгезія НПЗП асоціювалася зі зменшенням післяопераційного болю та потреби в додатковому знеболюванні порівняно з плацебо [9].

Для анестезіолога патофізіологія післяопераційного болю дає кілька практичних висновків. По-перше, аналгезія повинна починатися до того, як біль стане неконтрольованим. По-друге, схема має охоплювати різні механізми: периферичне запалення, центральну передачу болю, м'язовий спазм, нейропатичний компонент за його наявності. По-третє, знеболювання має оцінюватися не тільки за балом болю у спокої, але й за болем при русі, кашлі, диханні та мобілізації. По-четверте, зниження потреби в опіоїдах має досягатися не за рахунок недостатнього знеболювання, а через додавання ефективних неопіоїдних компонентів.

Фармакологічне обґрунтування застосування внутрішньовенного ібупрофену

Ібупрофен, похідне пропіонової кислоти, належить до неселективних нестероїдних протизапальних препаратів. Його основна фармакологічна дія пов'язана з оборотним пригніченням циклооксигенази-1 і циклооксигенази-2, що супроводжується зниженням синтезу простагландинів [10].

Ібупрофен має аналгетичний, протизапальний і жарознижувальний ефекти. У післяопераційній аналгезії перші два ефекти є основними. Аналгетична дія пов'язана зі зменшенням простагландин-залежної сенситизації ноцицепторів, а протизапальна дія — з обмеженням окремих компонентів місцевої запальної відповіді [10, 11]. Препарат не впливає на всі механізми післяопераційного болю, тому його не можна розглядати як самостійну заміну опіоїдам, регіонарним методикам або парацетамолу. Раціонально він працює як один із компонентів мультимодальної аналгезії.

У практиці окремо важливий внутрішньовенний шлях введення. Внутрішньовенне введення усуває

етап шлунково-кишкового всмоктування, забезпечує контрольований шлях надходження препарату і стає практично виправданим тоді, коли пероральний прийом тимчасово неможливий або небажаний [10, 12]. Це стосується раннього післяопераційного періоду, післяопераційної нудоти й блювання, тимчасового обмеження ентерального харчування, порушення моторики шлунково-кишкового тракту або перебування пацієнта у відділенні інтенсивної терапії.

Парентеральний ібупрофен схвалений FDA, широко використовується у США для лікування легкого та помірного болю, а також помірного та сильного болю як додаток до опіоїдних аналгетиків. Для дорослих у цій інструкції наведено режим 400–800 мг внутрішньовенно кожні 6 год за потреби, з інфузією не менше 30 хв і максимальною добовою дозою 3200 мг [12].

Внутрішньовенний ібупрофен у ранньому післяопераційному періоді

Найбільша потреба в аналгезії зазвичай припадає на перші 24–48 год після операції. У цей період інтенсивність ноцицептивної імпульсації часто є максимальною, а пероральний прийом препаратів обмежений або недостатньо передбачуваний. Саме в цей проміжок часу зростає практичний інтерес до парентеральних неопіоїдних аналгетиків, зокрема до внутрішньовенного ібупрофену [13–19].

У ранньому післяопераційному періоді завдання внутрішньовенного ібупрофену не полягає у повному усуненні потреби в опіоїдах. Більш коректною метою є зменшення інтенсивності болю і сумарної дози опіоїдів, потрібних для геску-аналгезії або пацієнт-контрольованої аналгезії. Це відповідає логіці мультимодальної аналгезії: периферичний простагландин-залежний компонент болю пригнічується НПЗП, центральне сприйняття болю за потреби контролюється опіоїдом, а парацетамол або регіонарні методики додають інші механізми знеболювання.

У багатоцентровому рандомізованому подвійному сліпому плацебо-контрольованому дослідженні Southworth та співавт. оцінювали внутрішньовенний ібупрофен у дозах 400 і 800 мг кожні 6 год у пацієнтів з післяопераційним болем. Препарат застосовували на тлі використання морфіну. Доза 800 мг асоціювалася зі статистично значущим зниженням використання морфіну та нижчою інтенсивністю болю у спокої і при русі порівняно з плацебо [13]. Це дослідження є одним з базових для розуміння opioid-sparing потенціалу внутрішньовенного ібупрофену, але його не слід інтерпретувати як доказ самодостатності препарату. Усі пацієнти мали доступ до опіоїдної аналгезії.

У дослідженні Kroll та співавт. внутрішньовенний ібупрофен 800 мг кожні 6 год вивчали у пацієнток після абдомінальної гістеректомії. На тлі пацієнт-контрольованої аналгезії морфіном додавання внутрішньовенного ібупрофену зменшувало післяопераційне споживання морфіну та інтенсивність болю [15]. Для цієї хірургічної моделі результат клінічно зрозумілий: абдомінальне втручання супроводжується вираженим тканинним

ушкодженням, локальною запальною відповіддю та потребою в ранньому відновленні рухової активності. Дані однієї операційної моделі не можна автоматично переносити на всі види хірургії.

Gago Martínez та співавт. провели багатоцентрове рандомізоване плацебо-контрольоване дослідження, у якому пацієнти після абдомінальних та ортопедичних операцій отримували внутрішньовенний ібупрофен 800 мг кожні 6 год або плацебо; усі пацієнти отримували морфін через PCA-помпу [16]. Первинною кінцевою точкою було споживання морфіну протягом перших 24 год після операції. Дослідження показало зменшення потреби в морфіні у групі внутрішньовенного ібупрофену [16]. Ці дані підтримують включення препарату до схем ММА, але також підтверджують, що його ефект оцінюється саме як додатковий до ММА.

У дослідженні Liu та співавт. внутрішньовенний ібупрофен вивчали після радикальних операцій з приводу раку шийки матки. Додавання препарату до опіоїдної аналгезії було пов'язане зі зниженням післяопераційного болю та зменшенням використання опіоїдів [17]. Для онкохірургічної практики такі дані мають окрему вагу, оскільки у цих пацієнтів нерідко поєднуються значна травматичність втручання, потреба в ранній активізації, ризик післяопераційних нудоти й блювання та небажаність надмірної опіоїдної седатії.

Opioid-sparing ефект

Opioid-sparing ефект внутрішньовенного ібупрофену не означає усунення потреби в опіоїдах після великих операцій. Точніше говорити про зменшення сумарного споживання опіоїдів, зниження інтенсивності болю в окремі часові точки та ймовірне зменшення частоти опіоїдасоційованих небажаних явищ.

Метааналіз Kim та співавт. 2021 року, присвячений одноразовому передопераційному введенню внутрішньовенного ібупрофену, показав зменшення післяопераційного болю та споживання опіоїдів протягом перших 24 год після операції [18]. Автори окремо зазначили обмеження: невелику кількість включених досліджень, різні типи операцій, різні схеми анестезії та високу гетерогенність окремих результатів [18]. Ці дані підтримують opioid-sparing концепцію, але не переносять висновок автоматично на всі клінічні ситуації.

Систематичний огляд і метааналіз Zhou та співавт. 2023 року оцінював внутрішньовенний ібупрофен у лікуванні післяопераційного болю та гарячки у дорослих. За результатами аналізу, препарат був пов'язаний зі зменшенням післяопераційного болю і споживання опіоїдів у частині включених досліджень [20]. Тому наявні дані підтримують застосування внутрішньовенного ібупрофену як компонента ММА.

Клінічний висновок залишається стриманим: внутрішньовенний ібупрофен є доказово обґрунтованим неопіоїдним компонентом ММА у низці післяопераційних моделей, однак сила рекомендації для конкретного пацієнта залежить від типу операції, режиму введення, супутньої аналгезії, функціональних цілей відновлення та індивідуального профілю ризику.

Внутрішньовенний ібупрофен і парацетамол у схемах ММА

Парацетамол і ібупрофен часто ставлять поруч у схемах ММА, але вони не є взаємозамінними препаратами. Парацетамол має аналгетичну та жарознижувальну дію, але практично не має периферичного протизапального ефекту, характерного для НПЗП. Ібупрофен, навпаки, впливає на простагландин-залежний компонент запальної ноцицепції [10, 11]. У межах ММА ці препарати доповнюють один одного, оскільки діють через різні механізми і мають різний профіль ризику.

Поєднання внутрішньовенного ібупрофену з парацетамолом доречне у перші 24–48 год після операції, особливо коли потрібне базове неопіоїдне знеболювання, а пероральний прийом ще обмежений. Така схема зменшує потребу в rescue-опіоїдах у частини пацієнтів і поліпшує контроль болю при русі. Водночас її не треба подавати як безумовно безпечну або однаково ефективну для всіх. При додаванні НПЗП до парацетамолу змінюється не лише аналгетична потужність схеми, але й профіль безпеки. Саме НПЗП-компонент потребує окремої оцінки ниркового, гастроінтестинального, серцево-судинного та геморагічного ризику.

У практичному алгоритмі ММА парацетамол часто залишається базовим неопіоїдним компонентом, тоді як внутрішньовенний ібупрофен додається за наявності очікуваного ноцицептивно-запального компонента болю та прийнятного профілю безпеки. Такий підхід допомагає уникнути двох помилок. Перша — використання опіоїду як єдиного засобу при болю, значною мірою зумовленому запаленням у тканинах. Друга — рутинне призначення НПЗП без оцінки ризиків лише тому, що препарат є частиною стандартної схеми.

Керованість терапії при внутрішньовенному введенні

Перевага внутрішньовенного шляху введення полягає не в тому, що він завжди забезпечує кращий аналгетичний результат, а в більшій керованості терапії в умовах раннього післяопераційного періоду. Після операції пацієнт може мати нудоту, блювання, сонливість, обмеження пиття, назогастральний зонд, кишкову дисфункцію або ризик аспірації. У таких ситуаціях пероральне введення або неможливе, або не завжди достатньо передбачуване. Внутрішньовенна форма дозволяє не відкладати неопіоїдну аналгезію до моменту відновлення ентєрального прийому [10, 12].

Для пацієнтів відділення інтенсивної терапії керованість має додаткове значення. У ВІТ часто потрібні препарати з передбачуваним шляхом введення, можливістю чітко фіксувати час і дозу, контролювати відповідь та швидко припинити терапію при появі ознак небажаних явищ. Разом із тим внутрішньовенний шлях сам по собі не робить ібупрофен безпечнішим. Він полегшує контроль введення, але рішення щодо застосування препарату все одно має залишатися клінічно обґрунтованим.

У пацієнтів високого клінічного ризику цінність внутрішньовенного ібупрофену визначається не самим фактом зменшення опіоїдів, а співвідношенням між очікуваною аналгетичною користю і ймовірністю

НПЗП-асоційованих ускладнень. Тому в умовах ВІТ і після великих операцій препарат слід розглядати як частину протоколу з чітко визначеним моніторингом, а не як стандартний компонент для всіх післяопераційних хворих.

Отже, парентеральний ібупрофен є засобом контрольованого впливу на простагландин-залежний компонент післяопераційного болю. Найбільш обґрунтоване його місце — ранній післяопераційний період, коли потрібне зменшення ноцицептивно-запального болю та опіоїдного навантаження, а пероральний прийом ще обмежений. Препарат не замінює оцінку болю, не скасовує потребу в rescue-опіоїдах і не застосовується без урахування протипоказань до НПЗП. Такий підхід дозволяє уникнути як рутинного призначення НПЗП, так і недооцінки їх місця у ранній мультимодальній анальгезії.

Порівняльна характеристика найпоширеніших НПЗП: обмеження застосування

Найпоширеніші молекули НПЗП, які застосовуються для ММА, мають подібну логіку протипоказань, оскільки ключові ризики є класовими для всієї групи: реакції гіперчутливості до НПЗП, шлунково-кишкові кровотечі або виразкові ураження, порушення гемостазу, тяжка ниркова, печінкова чи серцева недостатність, вагітність.

Парентеральні НПЗП мають переважно класовий профіль протипоказань; клінічна різниця між молекулами полягає не у відсутності ризиків, а в ступені деталізації обмежень, специфічних застереженнях інструкції та можливості прогнозовано керувати ризиком у конкретного пацієнта.

Порівняння парентерального ібупрофену з іншими НПЗП не повинно зводитися до питання, який препа-

рат є «сильнішим». Для післяопераційної анальгезії такий підхід надто спрощує клінічне завдання. Коректніше зіставляти механізм дії, шлях введення, тривалість ефекту, доказову базу в конкретних хірургічних моделях, вплив на опіоїдне споживання та профіль безпеки, застосування у педіатрії, наявність у Національному переліку основних лікарських засобів.

Для парентерального ібупрофену основна перевага полягає у можливості контрольованого внутрішньовенного введення препарату з добре відомим механізмом дії та наявними клінічними даними щодо opioid-sparing ефекту [13–21]. Його не слід подавати як універсально кращий НПЗП. Коректніше говорити, що внутрішньовенний ібупрофен є одним із доступних парентеральних НПЗП, який буває доречним у ранньому післяопераційному періоді, якщо потрібен вплив на простагландин-залежний компонент болю та немає значущих протипоказань.

Кеторолак належить до найбільш відомих парентеральних НПЗП, які застосовують для короткочасного лікування помірного та сильного гострого болю, зокрема післяопераційного. Його анальгетична активність добре відома в анестезіологічній практиці, а opioid-sparing ефект неодноразово оцінювався у післяопераційних дослідженнях [22, 23]. Кеторолак часто сприймається як «потужний» НПЗП, але саме тому він потребує обережного застосування у пацієнтів із ризиком кровотечі, нирковою дисфункцією або гастроінтестинальними факторами ризику.

Порівняно з ібупрофеном кеторолак має більш виражений вплив на COX-1, що теоретично суттєве для тромбоцитарної функції та гастроінтестинальної безпеки [23, 24]. Це не означає, що кеторолак завжди небажаний у післяопераційному періоді. Його доцільність оцінюють з урахуванням хірургічного гемостазу, тривалості курсу та супутньої антитромботичної терапії.

Таблиця 1. Порівняння НПЗП ібупрофену, декскетопрофену, кеторолаку, кетопрофену, мелоксикаму

Діюча речовина (МНН)	Протипоказання
1	2
Ібупрофен	Підвищена чутливість (включно з анафілактичними реакціями та тяжкими шкірними реакціями в анамнезі) до ібупрофену або до будь-якого з компонентів лікарського засобу. Бронхіальна астма, кропив'янка або інші реакції підвищеної чутливості в анамнезі, пов'язані із застосуванням ацетилсаліцилової кислоти або інших НПЗП. У таких пацієнтів можливий розвиток тяжких, іноді летальних анафілактичних реакцій. Застосування в періопераційний період аортокоронарного шунтування. Третій триместр вагітності
Декскетопрофен	Підвищена чутливість до декскетопрофену, будь-якого іншого нестероїдного протизапального засобу або до допоміжних речовин препарату. Пацієнтам, у яких застосування речовин аналогічної дії, наприклад ацетилсаліцилової кислоти або інших НПЗП, провокує розвиток нападів бронхіальної астми, бронхоспазму, гострого риніту, носових поліпів, появу кропив'янки або ангіоневротичного набряку. Шлунково-кишкові кровотечі або перфорації в анамнезі, пов'язані із терапією НПЗП. Пептична виразка в активній фазі/шлунково-кишкова кровотеча або наявність в анамнезі шлунково-кишкової кровотечі, виразок або перфорацій; хронічна диспепсія. Кровотеча в активній фазі або підвищена кровоточивість. Хвороба Крона або неспецифічний виразковий коліт. Тяжка серцева недостатність. Порушення функції нирок середнього або тяжкого ступеня (кліренс креатиніну ≤ 59 мл/хв). Тяжке порушення функції печінки (10–15 балів за шкалою Чайлда — П'ю). Геморагічний діатез та інші порушення згортання крові. При вираженій дегідратації (внаслідок блювання, діареї або недостатнього прийому рідини). III триместр вагітності та період годування груддю

Закінчення табл. 1

1	2
Кеторолак	Підвищена чутливість до активної речовини, або до будь-якого компонента лікарського засобу, або до інших НПЗП. Активна пептична виразка, нещодавня шлунково-кишкова кровотеча або перфорація, виразкова хвороба або шлунково-кишкова кровотеча в анамнезі. Наявна або підозрювана шлунково-кишкова кровотеча. Алергічні реакції, як-от бронхіальна астма, риніт, ангіоневротичний набряк або кропив'янка, спричинені застосуванням ацетилсаліцилової кислоти або іншими НПЗП в анамнезі (через можливість виникнення тяжких анафілактичних реакцій). Бронхіальна астма в анамнезі. Не застосовувати як анальгезуючий засіб перед і під час оперативного втручання та маніпуляцій на коронарних судинах, оскільки він затримує агрегацію тромбоцитів і проти-показаний також під час операції через підвищений ризик кровотечі. Тяжка серцева недостатність. Повний або частковий синдром носових поліпів, набряку Квінке або бронхоспазму. Не застосовувати пацієнтам, у яких було оперативне втручання з висо-ким ризиком крововиливу або неповної зупинки кровотечі, та пацієнтам, які отримують антикоагулянти, зокрема низькі дози гепарину (2500–5000 одиниць кожні 12 годин). Печінкова або помірна чи тяжка ниркова недостатність (рівень креатиніну у сироватці крові більше ніж 160 мкмоль/л). Підозрювана або підтверджена цереброваскулярна кровотеча, геморагічний діатез, включно з порушеннями згортання крові та високим ри-зиком кровотечі. Одночасне лікування іншими НПЗП (включно з селективними інгібіто-рами циклооксигенази), ацетилсаліциловою кислотою, варфарином, пентоксифіліном, пробенецидом або солями літїю. Гіповолемія, дегідратація з ризиком ниркової недо-статності внаслідок зменшення об'єму рідини. Вагітність, пологи, перейми та годування груддю. Застосування дітям віком до 16 років. Протипоказане епідуральне або інтрате-кальне введення препарату
Кетопрофен	Реакції гіперчутливості до кетопрофену або до допоміжних речовин. Протипоказаний пацієнтам, у яких застосування кетопрофену, ацетилсаліцилової кислоти або інших несте-роїдних протизапальних засобів провокує бронхоспазм, астматичні напади, кропив'янку, ангіоневротичний набряк, гострий риніт або інші алергічні реакції. Тяжка серцева недо-статність. Лікування періопераційного болю при проведенні операції щодо аортокорона-рного шунтування. Хронічна диспепсія в анамнезі; виразка шлунка або дванадцятипалої кишки у стадії загострення або шлунково-кишкові кровотечі, виразкові хвороби або перфорації в анамнезі. Цереброваскулярні або інші кровотечі. Схильність пацієнта до геморагії; геморагічний діатез. Тяжкі порушення функцій печінки або нирок. Бронхіальна астма та риніт в анамнезі. Кетопрофен протипоказаний пацієнтам із гемостатичними по-рушеннями або тим, які отримують терапію антикоагулянтами
Мелоксикам	Гіперчутливість до мелоксикаму, або до інших складових лікарського засобу, або до активних речовин з подібною дією, як-от НПЗП, аспірин. Мелоксикам не слід призначати пацієнтам, у яких виникали симптоми астми, носові поліпи, ангіоневротичний набряк або кропив'янка після прийому аспірину чи інших НПЗП. Шлунково-кишкова кровотеча або перфорація, пов'язані з попередньою терапією НПЗП, в анамнезі. Активна або рециди-вуюча пептична виразка/кровотеча в анамнезі (два або більше окремих підтверджених випадки виразки або кровотечі). Тяжка печінкова недостатність. Тяжка ниркова недо-статність без застосування діалізу. Шлунково-кишкова кровотеча, цереброваскулярна крово-теча в анамнезі або інші порушення згортання крові. Розлади гемостазу або одночасне застосування антикоагулянтів (протипоказання пов'язані зі шляхом застосування). Тяжка серцева недостатність. Лікування періопераційного болю при коронарному шунтуванні. III триместр вагітності (див. розділ «Застосування у період вагітності або годування груд-дю»). Вік пацієнта до 18 років

Практичне розмежування між внутрішньовенним ібупрофеном і кеторолаком має спиратися не на ієрар-хію «сильніший — слабший», а на хірургічну модель, ризик кровотечі, очікувану тривалість терапії, ниркову безпеку і доступність препарату (наявність у Націо-нальному переліку *основних лікарських засобів*). Внут-рішньовенний ібупрофен може бути зручним там, де потрібне регулярне парентеральне введення НПЗП у перші 24–48 год після операції з подальшим переходом на пероральну анальгезію.

Декскетопрофен є S(+)-енантімером кетопрофену, тобто тією частиною рацемічної молекули, яка забез-печує основну анальгетичну активність [25, 26]. Його практична особливість полягає у відносно швидкому

початку дії, що є важливим у ранньому післяоперацій-ному періоді.

Систематичний огляд Moore і Barden показав, що декскетопрофен був ефективнішим за плацебо при го-строму болі і мав порівнянну ефективність з іншими анальгетиками у включених дослідженнях [25].

Огляд Hanna і Moon, присвячений декскетопрофену трометамолу при гострому болі, вказує на його ефектив-ність при післяопераційному болі, нирковій коліції, го-stromу м'язово-скелетному болі та дисменореї, а також на оріoid-sparing ефект у післяопераційному контексті [26]. Водночас значна частина доказів стосується різних моделей гострого болю, а не обов'язково великих після-операційних втручань із високим ризиком ускладнень.

Порівняно з внутрішньовенним ібупрофеном декскетопрофен має перевагу в ситуаціях, коли потрібен швидкий анагетичний ефект. Внутрішньовенний ібупрофен зручніший там, де потрібне регулярне введення НПЗП у ранньому післяопераційному періоді з акцентом на контроль простагландин-залежного компонента болю. Варто звернути увагу на можливість локальної доступності препарату у ЛПУ та входження у Національний перелік *основних лікарських засобів*.

Кетопрофен, як і ібупрофен, належить до похідних пропіонової кислоти. Він має анагетичну та протизапальну дію і застосовується при гострому болю, зокрема післяопераційному.

Практичне місце кетопрофену у ММА подібне до інших неселективних НПЗП: він є ефективним компонентом лікування ноцицептивно-запального болю, але потребує оцінки гастроінтестинального, ниркового, серцево-судинного і геморагічного ризику. Порівняно з внутрішньовенним ібупрофеном вибір кетопрофену залежить від локальної доступності, звичного режиму застосування, досвіду відділення та профілю пацієнта. Даних для категоричного твердження про універсальну клінічну перевагу одного з цих препаратів недостатньо.

COX-2-селективні або переважно селективні препарати мають окрему логіку в післяопераційній анагезії. Їх розробляли з метою зменшення COX-1-асоційованих небажаних явищ, насамперед гастроінтестинальних ускладнень і впливу на тромбоцитарну функцію. У періопераційній практиці це може бути привабливим, особливо тоді, коли потрібно зберегти протизапальний компонент анагезії, але небажано посилювати тромбоцитарну дисфункцію [27, 28].

Головне обмеження COX-2-селективної стратегії пов'язане з серцево-судинною безпекою. Ризик особливо важливий у пацієнтів із високим кардіоваскулярним ризиком і в окремих хірургічних контекстах.

Порівняно з внутрішньовенним ібупрофеном COX-2-селективні препарати мають потенційну перевагу у пацієнтів, у яких небажаний вплив на тромбоцити, але немає високого серцево-судинного ризику. Ібупрофен, як неселективний НПЗП, має більш традиційний профіль дії з впливом на COX-1 і COX-2, що потребує уваги до гастроінтестинального та гемостатичного ризику. Обидві стратегії мають місце, але вибір не може бути автоматичним.

Важливою диференційною характеристикою парентерального ібупрофену серед інших парентеральних НПЗП є можливість застосування у педіатричній практиці відповідно до затвердженої інструкції. Це має значення для мультимодальної анагезії, оскільки більшість альтернативних парентеральних НПЗП мають суттєві вікові обмеження або не рекомендовані для застосування у дітей.

Найбільш практичним є не рейтингове порівняння НПЗП, а алгоритм вибору. Перший критерій: тип операції та очікуваний механізм болю. Якщо біль значною мірою пов'язаний із тканинним запаленням, тракцією м'язів, фасцій, окістя або серозних оболонок, НПЗП мають патофізіологічне обґрунтування. Якщо домінує

нейропатичний компонент або біль зумовлений іншими механізмами, роль НПЗП буде обмеженою.

Другий критерій: ризик кровотечі. При стабільному гемостазі та низькому хірургічному ризику кровотечі неселективні НПЗП можуть бути прийнятними. Якщо операція виконана у зоні, де навіть мала кровотеча має тяжкі наслідки, або якщо пацієнт отримує інтенсивну антитромботичну терапію, вибір НПЗП потребує додаткового обґрунтування. У частини таких пацієнтів доцільніше обрати парацетамол, регіонарну анагезію або обережну rescue-опіоїдну тактику.

Третій критерій: ниркова перфузія. У пацієнта з гіповолемією, гострим ушкодженням нирок, тяжкою хронічною хворобою нирок, серцевою недостатністю або потребою у вазопресорах НПЗП можуть погіршити ниркову функцію [12, 29, 30]. У таких умовах вибір конкретного НПЗП часто менш важливий, ніж саме рішення відмовитися від класу або відкласти його застосування до стабілізації.

Четвертий критерій: серцево-судинний ризик. При високому серцево-судинному ризику потрібно уникати високих доз НПЗП і тривалого застосування. Для диклофенаку й COX-2-селективних препаратів це питання особливо чутливе [27, 31]. Для ібупрофену також існують застереження щодо високих доз і взаємодії з ацетилсаліциловою кислотою [32, 33]. Тому у пацієнта, який приймає аспірин для вторинної профілактики, ібупрофен не є нейтральним вибором без урахування цієї взаємодії.

П'ятий критерій: доступність парентеральної форми та клінічна керованість. У перші години після операції внутрішньовенний шлях інколи практично необхідний через обмеження перорального прийому. У такій ситуації вибір звужується до препаратів, які реально доступні у парентеральній формі, зареєстровані та включені до локального протоколу, Національного переліку *основних лікарських засобів*.

З цієї позиції парентеральний ібупрофен має окреме місце серед НПЗП. Він поєднує протизапальний механізм дії, можливість внутрішньовенного введення та клінічні дані щодо зменшення післяопераційного болю й опіоїдного навантаження [13–22, 34].

Внутрішньовенний ібупрофен: доцільний для короткочасного застосування у ранньому післяопераційному періоді як елемент ММА, особливо коли пероральний шлях обмежений і потрібне зменшення простагландин-залежного запального компонента болю. Основні обмеження: класові ризики НПЗП, включно з нирковими, гастроінтестинальними, серцево-судинними та гемостатичними ризиками [12, 27, 30].

Отже, парентеральний ібупрофен не слід позиціонувати як препарат, що витісняє інші НПЗП. Його місце більш точне: це один із парентеральних НПЗП для ММА, який має патофізіологічне обґрунтування, клінічні дані щодо opioioid-sparing ефекту та практичну цінність у перші 24–48 год після операції. Порівняно з кеторолаком, диклофенаком, декскетопрофеном, кетопрофеном і COX-2-селективними препаратами його вибір має визначатися не абстрактною «силою», а співвідношенням очікуваної користі й ризику для конкретного пацієнта.

Український контекст застосування парентерального ібупрофену

Український контекст післяопераційного знеболювання потребує окремого опису, оскільки реальне місце будь-якого препарату визначається не лише міжнародними публікаціями. Важливими є державна реєстрація лікарського засобу, наявність затвердженої інструкції для медичного застосування, включення до формулярної системи, входження в Національний перелік *основних лікарських засобів*, локальні протоколи закладу, доступність препарату у стаціонарі та досвід безпечного застосування.

За даними Державного реєстру лікарських засобів України, в Україні наявні зареєстровані лікарські засоби з ібупрофеном, включно з інфузійними формами. Зокрема, у реєстрі є записи щодо ібупрофену у вигляді розчину для інфузій 400 мг/100 мл, а також щодо розчину для інфузій 100 мг/мл у флаконах по 4 або 8 мл [35].

Для України практична потреба в парентеральних неопіоїдних аналгетиках пов'язана з кількома факторами. Після великих операцій частина пацієнтів тимчасово не може отримувати препарати перорально. У перші години після втручання часто наявні нудота, блювання, затримка відновлення моторики кишечника, ризик аспірації або організаційні обмеження ентéraleного прийому. У таких умовах внутрішньовенна форма НПЗП може підтримувати безперервність ММА до переходу на пероральну аналгезію.

Окреме значення має опіоїд-sparing підхід. В українській хірургічній практиці, як і в міжнародній, завдання не полягає у повній відмові від опіоїдів. Після великих онкохірургічних, ортопедичних, абдомінальних або торакальних втручань опіоїди можуть бути необхідними. Проблема полягає у надмірному або непропорційному опіоїдному навантаженні, коли біль контролюється лише нарощуванням дози опіоїду без впливу на периферичний запальний компонент. Додавання НПЗП у правильно відібраного пацієнта може зменшити цю потребу [1, 3, 13–21].

Особливе місце в українському контексті мають пацієнти відділень інтенсивної терапії. У таких пацієнтів внутрішньовенний шлях введення часто є організаційно зручним і клінічно передбачуваним. Проте саме пацієнти ВІТ мають підвищений ризик ускладнень НПЗП: гіповолемія, вазопресорна підтримка, гостре ушкодження нирок, коагулопатія, антикоагулянтна терапія, анемія або високий ризик кровотечі. Тому в локальному протоколі має бути чітко зазначено, що внутрішньовенна форма препарату не скасовує потреби в оцінці ниркової, гемодинамічної, гастроінтестинальної та гемостатичної безпеки [12, 27, 29, 30, 36–38].

Українська практика також вимагає чіткого розмежування між лікарською інструкцією, формуляром і клінічним протоколом. Інструкція визначає зареєстровані показання, спосіб застосування, дози, протипоказання та попередження. Формуляр підтримує раціональне використання лікарських засобів у системі охорони здоров'я. Локальний протокол переводить ці положення в конкретну клінічну дію для певного відділення або хірургічного напрямку. Для безпечного застосування внутрішньовенного ібупрофену потрібні всі три рівні.

З позиції українського стаціонару парентеральний ібупрофен може бути розміщений у протоколі між двома клінічними блоками. Перший блок, базова неопіоїдна аналгезія, включає парацетамол, НПЗП за відсутності протипоказань, локальні та регіонарні методики. Другий блок, rescue-аналгезія, включає опіоїди для лікування болю, який залишається помірним або сильним попри базову схему. Така структура дозволяє уникнути як недостатнього знеболювання, так і необґрунтованого опіоїдного навантаження.

У підсумку парентеральний ібупрофен може бути одним із засобів реалізації цього НПЗП-компонента, особливо в ранньому післяопераційному періоді, коли пероральний шлях введення обмежений.

Обговорення

У цій статті парентеральний ібупрофен розглянуто як фармакологічний компонент мультимодальної аналгезії, а не як ізольований аналгетик. Такий підхід відповідає сучасній логіці лікування післяопераційного болю, згідно з якою перевагу має не ескаляція одного препарату, а поєднання методів з різними механізмами дії [1, 2]. Для клінічної практики це принципове положення. Якщо післяопераційний біль формується одночасно через тканинне ушкодження, запалення, периферичну сенситизацію, центральну передачу болювого сигналу та обмеження рухової активності, терапія, спрямована лише на один механізм, рідко буває достатньою.

Фармакологічне місце ібупрофену визначається його здатністю пригнічувати циклооксигеназний шлях і зменшувати синтез простагландинів [11]. Саме простагландин-залежна периферична сенситизація є однією з важливих ланок гострого післяопераційного болю. Після хірургічного ушкодження тканин у ділянці операційної рани активуються запальні медіатори, знижується поріг активації ноцицепторів, а механічні подразники під час руху, кашлю або глибокого дихання сприймаються як болючі [4–6]. У цій логіці застосування НПЗП не є лише симптоматичним призначенням. Воно має патофізіологічне підґрунтя, оскільки впливає на одну з причин посиленої ноцицептивної імпульсації.

Внутрішньовенна форма ібупрофену особливо важлива у перші 24–48 год після операції. У цей період біль часто найбільш інтенсивний, а пероральний шлях введення тимчасово обмежений через післяопераційну нудоту, блювання, голодування, порушення моторики шлунково-кишкового тракту або перебування пацієнта у відділенні інтенсивної терапії [10, 12]. Клінічна цінність парентеральної форми полягає не в апіорній «силі», а в керованому шляху введення тоді, коли ентéraleна аналгезія ще недоступна або неадекватна.

Дані рандомізованих досліджень і метааналізів підтверджують зменшення післяопераційного болю та споживання опіоїдів при застосуванні внутрішньовенного ібупрофену в окремих хірургічних моделях [13–21, 39]. У дослідженнях після абдомінальної гістеректомії, ортопедичних втручань, абдомінальних та онкогінекологічних операцій препарат оцінювали переважно як додаток до опіоїдної аналгезії, а не як її повну заміну.

Тому доказова база підтримує мультимодальний, а не монотерапевтичний підхід.

Opioid-sparing ефект потребує коректної інтерпретації. Він не означає відмову від опіоїдів після великих операцій. У пацієнтів із помірним або сильним болем опіоїди залишаються необхідними як rescue-терапія або компонент контрольованої аналгезії. Клінічно коректніше говорити про зменшення сумарного опіоїдного навантаження, зниження частоти повторного введення опіоїдів і ймовірно зменшення опіоїдасоційованих небажаних явищ [1, 3, 13–21]. Такий підхід краще відповідає реальній післяопераційній практиці, ніж декларативна концепція «безопіоїдної» аналгезії для всіх пацієнтів.

Окремої уваги потребує поєднання парентерального ібупрофену з парацетамолом. Ці препарати не дублюють один одного. Парацетамол є базовим неопіоїдним аналгетиком з аналгетичною та жарознижувальною дією, тоді як ібупрофен має виражений периферичний протизапальний компонент через вплив на простагландиновий шлях [10, 11]. У схемах ММА таке поєднання виглядає логічним, особливо в ранньому післяопераційному періоді. Водночас додавання ібупрофену до парацетамолу змінює профіль безпеки схеми. Саме НПЗП-компонент потребує окремої оцінки ниркового, гастроінтестинального, серцево-судинного та геморагічного ризику [12, 27, 29, 30, 32, 33, 36–38].

Порівняння парентерального ібупрофену з іншими НПЗП не формує простої ієрархії препаратів. Кеторолак має сильну позицію в короткочасному лікуванні гострого болю, але потребує уваги до ризику кровотечі, гастроінтестинальних ускладнень і ниркової безпеки [22, 23, 34]. Декскетопрофен і кетопрофен мають власну доказову базу при гострому болю, але частина даних походить з моделей одноразового перорального застосування, тому пряме перенесення на всі парентеральні режими некоректне [25, 26, 40]. COX-2-селективні препарати зберігають переваги щодо тромбоцитарної функції, але мають вагомий серцево-судинний обмеження [28, 31].

Практичний вибір НПЗП у післяопераційній аналгезії визначається не абстрактною аналгетичною «потужністю», а ризиками конкретної клінічної ситуації. В одного пацієнта ключовим обмеженням буде кровотеча, в другого — гостре ушкодження нирок, у третього — серцева недостатність або взаємодія з ацетилсаліциловою кислотою [27, 29, 30, 32, 33]. З цієї причини парентеральний ібупрофен слід позиціонувати як керований інструмент ММА, а не як препарат, який автоматично витісняє інші НПЗП або опіоїди.

Безпековий профіль ібупрофену є визначальним для його клінічного місця. Внутрішньовенне введення не скасовує системних ризиків НПЗП. При короткому курсі у ретельно відібраних пацієнтів препарат має прийнятний профіль безпеки, але потребує обережності при гіповолемії, гострому або хронічному порушенні функції нирок, серцевій недостатності, високому серцево-судинному ризику, активній кровотечі, анамнезі виразкової хвороби або одночасному застосуванні антикоагулянтів і антиагрегантів [12, 27, 29, 30, 32, 33,

36–38]. У пацієнтів похилого віку ці фактори часто поєднуються [38].

Для української практики значення мають не лише міжнародні докази, а й регуляторна доступність препарату, офіційна інструкція, Державний реєстр лікарських засобів, Державний формуляр і локальні протоколи закладу [35, 41, 42]. Наявність інфузійних форм ібупрофену у Національному переліку лікарських засобів відкриває шлях до включення препарату в лікарняні схеми ММА, але не замінює клінічного протоколу. Локальний документ повинен визначати показання, протипоказання, дози згідно з інструкцією, тривалість застосування, параметри моніторингу та критерії припинення терапії.

З клінічної позиції парентеральний ібупрофен не повинен застосовуватися за принципом «один стандарт для всіх». Його включають у ММА після оцінки болю, типу операції, функціональних цілей відновлення і профілю ризику. Такий підхід зберігає основну перевагу препарату — вплив на простагландин-залежний компонент болю та можливе зменшення опіоїдного навантаження — і знижує ймовірність небажаних реакцій.

З організаційної точки зору включення внутрішньовенного ібупрофену до протоколу ММА потребує аудиту. Оцінюють не лише факт призначення препарату, а й інтенсивність болю у спокої та при русі, потребу в rescue-опіоїдах, частоту нудоти й блювання, седації, порушення функції нирок, кровотечі, тривалість парентеральної аналгезії та своєчасність переходу на пероральний прийом.

Отже, парентеральний ібупрофен має обґрунтоване місце у лікуванні післяопераційного болю як компонент мультимодальної аналгезії. Його клінічна роль окреслюється трьома взаємопов'язаними напрямками: впливом на ноцицептивно-запальний компонент болю, застосуванням у ранньому післяопераційному періоді при обмеженому ентеральному прийомі та зменшенням опіоїдного навантаження у ретельно відібраних пацієнтів. Користь препарату реалізується за умови правильної селекції пацієнтів, короткої тривалості терапії, контролю ризиків і включення до чіткої ММА-схеми, а не при рутинному використанні без клінічного обґрунтування.

Узагальнення наведених даних дозволяє розглядати парентеральний ібупрофен як клінічно обґрунтований неопіоїдний компонент мультимодальної аналгезії післяопераційного болю. Його місце визначається не фактом внутрішньовенного введення, а поєднанням трьох чинників: впливом на простагландин-залежний компонент ноцицепції, застосуванням у ранньому післяопераційному періоді та потенціалом зменшувати потребу в опіоїдах [10–21, 39].

Висновки

1. Післяопераційний біль формується на кількох рівнях: тканинне ушкодження запускає локальну запальну відповідь, периферичну та центральну сенситизацію, а біль при русі прямо обмежує раннє відновлення. Така структура больового синдрому пояснює, чому ізольована опіоїдна або неопіоїдна монотерапія рідко є достатньою після великих втручань.

2. Мультимодальна аналгезія залишається найбільш переконливою моделлю післяопераційного знеболювання, оскільки поєднує препарати і методи з різними точками дії та дозволяє зменшити опіоїдне навантаження без відмови від rescue-опіоїдів там, де вони клінічно потрібні.

3. Патофізіологічне місце парентерального ібупрофену пов'язане з пригніченням циклооксигеназного шляху, зниженням синтезу простагландинів і впливом на простагландин-залежну периферичну сенситизацію. Саме ця ланка робить препарат логічним НПЗП-компонентом ММА.

4. Внутрішньовенна форма ібупрофену особливо важлива у перші 24–48 год після операції. У цей період більш часто найбільш інтенсивний, ентральний прийом неможливий або ненадійний, а клінічна команда потребує керованого неопіоїдного компонента аналгезії.

5. Рандомізовані дослідження та метааналізи підтримують опіоїд-sparing ефект внутрішньовенного ібупрофену у низці післяопераційних моделей.

6. Комбінація парентерального ібупрофену з парацетамолом має фармакологічну логіку, оскільки препарати не дублюють один одного. Парацетамол забезпечує базовий неопіоїдний аналгетичний компонент, тоді як ібупрофен впливає на периферичний запально-ноцицептивний механізм.

7. Парентеральний ібупрофен створює можливість ефективно контролювати біль у дітей у складі мультимодальної аналгезії за умови дотримання інструкції, коректного дозування та клінічного моніторингу.

8. Безпека парентерального ібупрофену визначається класовими ефектами НПЗП, а не самим внутрішньовенним шляхом. Основні обмеження — шлунково-кишкова кровотеча, ниркова гіперперфузія та гостре ушкодження нирок, серцево-судинні ускладнення, порушення гемостазу, гіперчутливість і взаємодія з антитромботичною терапією.

9. Порівняння з кеторолаком, декскетопрофеном, кетопрофеном і СОХ-2-орієнтованими препаратами не підтримує просту ієрархію «сильніший — слабший». Клінічне місце кожного НПЗП визначають докази у конкретній операційній моделі, профіль безпеки, доступна лікарська форма і локальний протокол.

10. Міжнародні рекомендації підтримують ММА і застосування НПЗП як класу за відсутності протипоказань. Для внутрішньовенного ібупрофену коректна позиція полягає в такому: це один із повноцінних способів реалізувати НПЗП-компонент ММА.

11. В українській клінічній практиці парентеральний ібупрофен слід позиціонувати як повноцінний, але не універсальний компонент ММА. Його застосування має спиратися на офіційну інструкцію, реєстрово-формулярну доступність, наявність у Національному переліку *основних лікарських засобів*, коротку тривалість терапії, моніторинг ефективності й безпеки та своєчасний перехід на пероральну аналгезію після відновлення ентального прийому.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Chou R, Gordon DB, de Leon-Casasola OA, Rosenberg JM, Bickler S, Brennan T, et al. Management of postoperative pain: a clinical practice guideline from the American Pain Society, the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists' Committee on Regional Anesthesia, Executive Committee, and Administrative Council. *J Pain*. 2016;17(2):131-157. doi: 10.1016/j.jpain.2015.12.008. PMID: 26827847.
2. El-Boghdadly K, Levy N, Fawcett WJ, Knaggs RD, Laycock H, Baird E, et al. Peri-operative pain management in adults: a multidisciplinary consensus statement from the Association of Anaesthetists and the British Pain Society. *Anaesthesia*. 2024;79(11):1220-1236. doi: 10.1111/anae.16391. PMID: 39319373.
3. Wick EC, Grant MC, Wu CL. Postoperative multimodal analgesia pain management with nonopioid analgesics and techniques: a review. *JAMA Surg*. 2017;152(7):691-697. doi: 10.1001/jamasurg.2017.0898. PMID: 28564673.
4. Pogatzki-Zahn EM, Segelcke D, Schug SA. Postoperative pain-from mechanisms to treatment. *Pain Rep*. 2017;2(2):e588. doi: 10.1097/PR9.0000000000000588. PMID: 29392204.
5. Basbaum AI, Bautista DM, Scherrer G, Julius D. Cellular and molecular mechanisms of pain. *Cell*. 2009;139(2):267-284. doi: 10.1016/j.cell.2009.09.028. PMID: 19837031.
6. Woolf CJ. Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain*. 2011;152(3 Suppl):S2-S15. doi: 10.1016/j.pain.2010.09.030. PMID: 20961685.
7. Kehlet H, Jensen TS, Woolf CJ. Persistent postsurgical pain: risk factors and prevention. *Lancet*. 2006;367(9522):1618-1625. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68700-X. PMID: 16698416.
8. Kehlet H, Dahl JB. The value of 'multimodal' or 'balanced analgesia' in postoperative pain treatment. *Anesth Analg*. 1993;77(5):1048-1056. doi: 10.1213/00000539-199311000-00030. PMID: 8105724.
9. Lisnyy I, Zakalska O, Dmytriev D, Dmytriev K, Dobrovanov O. Pre-emptive analgesia with nonsteroidal anti-inflammatory drugs. Randomized, double-blind placebo-controlled study. *Lek Obzor*. 2021;70(5):195-202.
10. Bookstaver PB, Miller AD, Rudisill CN, Norris LB. Intravenous ibuprofen: the first injectable product for the treatment of pain and fever. *J Pain Res*. 2010;3:67-79. doi: 10.2147/JPR.S6993. PMID: 21197311.
11. Mazaleuskaya LL, Theken KN, Gong L, Thorn CF, Fitzgerald GA, Altman RB, et al. PharmGKB summary: ibuprofen pathways. *Pharmacogenet Genomics*. 2015;25(2):96-106. doi: 10.1097/FPC.0000000000000113. PMID: 25502615.
12. U.S. Food and Drug Administration. CALDOLOR (ibuprofen) injection, for intravenous use: prescribing information. Cumberland Pharmaceuticals Inc.; 2026 Jan. Available from: https://www.caldolor.com/wp-content/uploads/2026/02/Caldolor-PI_Jan2026.pdf. Accessed: June 12, 2026.
13. Southworth S, Peters J, Rock A, Pavliv L. A multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial of intravenous ibuprofen 400 and 800 mg every 6 hours in the management of postoperative pain. *Clin Ther*. 2009;31(9):1922-1935. doi: 10.1016/j.clinthera.2009.08.026. PMID: 19843482.
14. Singla N, Rock A, Pavliv L. A multi-center, randomized, double-blind placebo-controlled trial of intravenous ibuprofen for treatment of pain in post-operative orthopedic adult patients. *Pain Med*. 2010;11(8):1284-1293. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00896.x. PMID: 20609131.

15. Kroll PB, Meadows L, Rock A, Pavliv L. A multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial of intravenous ibuprofen in the management of postoperative pain following abdominal hysterectomy. *Pain Pract.* 2011;11(1):23-32. doi: 10.1111/j.1533-2500.2010.00402.x. PMID: 20642488.
16. Gago Martinez A, Escontrela Rodriguez B, Planas Roca A, Martinez Ruiz A. Intravenous ibuprofen for treatment of post-operative pain: a multicenter, double blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *PLoS One.* 2016;11(5):e0154004. doi: 10.1371/journal.pone.0154004. PMID: 27152748.
17. Liu X, Li S, Tang Y, et al. A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial of acute postoperative pain treatment using opioid analgesics with intravenous ibuprofen after radical cervical cancer surgery. *Sci Rep.* 2018;8:10161. doi: 10.1038/s41598-018-28428-4. PMID: 29977080.
18. Kim SY, Joo HJ, Kim MS, Choi DH, Lee JH, Lee S, et al. Effect of single dose preoperative intravenous ibuprofen on postoperative pain and opioid consumption: a systematic review and meta-analysis. *Korean J Anesthesiol.* 2021;74(5):409-421. doi: 10.4097/kja.21050. PMID: 33611881.
19. Ferguson MKC, Sohan O, Macfarlane AJR, Derry S, Moore RA. Single-dose intravenous ibuprofen for acute postoperative pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021;9(9):CD013264. doi: 10.1002/14651858.CD013264.pub2. PMID: 34499349.
20. Zhou P, Xu J, Wang Z, et al. Intravenous ibuprofen in post-operative pain and fever management in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmacol Res Perspect.* 2023;11(4):e01123. doi: 10.1002/prp2.1123. PMID: 37530511.
21. Kim SH, Kang H, Jeon Y, Park HP, Yoo BH, Lim Y, et al. Effect of perioperative intravenous ibuprofen versus acetaminophen on postoperative opioid consumption and pain after general anesthesia: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Korean J Anesthesiol.* 2024;77(4):455-467. doi: 10.4097/kja.24089. PMID: 38711266.
22. Amin S, Hasanin A, Attia OA, Mostafa M, Elzayat NS, Elsherbiny M, et al. Intravenous ibuprofen versus ketorolac for perioperative pain control in open abdominal hysterectomy: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2024;24:202. doi: 10.1186/s12871-024-02571-0. PMID: 38849734.
23. Maslin B, Lipana L, Roth B, Kodumudi G, Vadivelu N. Safety considerations in the use of ketorolac for postoperative pain. *Curr Drug Saf.* 2017;12(1):67-73. doi: 10.2174/1574886311666160719154420. PMID: 27440142.
24. McNicol ED, Ferguson MC, Schumann R. Single-dose intravenous diclofenac for acute postoperative pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;8(8):CD012498. doi: 10.1002/14651858.CD012498.pub2. PMID: 30153336.
25. Moore RA, Barden J. Systematic review of dextketoprofen in acute and chronic pain. *BMC Clin Pharmacol.* 2008;8:11. doi: 10.1186/1472-6904-8-11. PMID: 18976451.
26. Hanna M, Moon JY. A review of dextketoprofen trometamol in acute pain. *Curr Med Res Opin.* 2019;35(2):189-202. doi: 10.1080/03007795.2018.1457016. PMID: 29569951.
27. Coxib and traditional NSAID Trialists Collaboration. Vascular and upper gastrointestinal effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs: meta-analyses of individual participant data from randomised trials. *Lancet.* 2013;382(9894):769-779. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60900-9. PMID: 23726390.
28. Barden J, Edwards JE, McQuay HJ, Moore RA. Oral valdecoxib and injected parecoxib for acute postoperative pain: a quantitative systematic review. *BMC Anesthesiol.* 2003;3(1):1. doi: 10.1186/1471-2253-3-1. PMID: 12854974.
29. Drozdal S, Lechowicz K, Szostak B, Rosik J, Kotfis K, Machoy-Mokrzynska A, et al. Kidney damage from nonsteroidal anti-inflammatory drugs: myth or truth? Review of selected literature. *Pharmacol Res Perspect.* 2021;9(4):e00817. doi: 10.1002/prp2.817. PMID: 34310861.
30. Halvey EJ, Haslam N, Mariano ER. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in the perioperative period. *BJA Educ.* 2023;23(11):440-447. doi: 10.1016/j.bjae.2023.08.001. PMID: 37876761.
31. Nussmeier NA, Whelton AA, Brown MT, Langford RM, Hoeft A, Parlow JL, et al. Complications of the COX-2 inhibitors parecoxib and valdecoxib after cardiac surgery. *N Engl J Med.* 2005;352(11):1081-1091. doi: 10.1056/NEJMoa050330. PMID: 15713945.
32. U.S. Food and Drug Administration. Concomitant use of ibuprofen and aspirin: potential for attenuation of the anti-platelet effect of aspirin. FDA; 2006 Sep 8. Available from: <https://www.fda.gov/media/76636/download>. Accessed: June 12, 2026.
33. European Medicines Agency. Updated advice on use of high-dose ibuprofen: review confirms small cardiovascular risk with daily doses at or above 2400 mg. EMA; 2015 May 22. Available from: <https://www.ema.europa.eu/en/news/updated-advice-use-high-dose-ibuprofen>. Accessed: June 12, 2026.
34. Uribe AA, Arbona FL, Flanigan DC, Kaeding CC, Palettas M, Bergese SD. Comparing the efficacy of IV ibuprofen and ketorolac in the management of postoperative pain following arthroscopic knee surgery: a randomized double-blind active comparator pilot study. *Front Surg.* 2018;5:59. doi: 10.3389/fsurg.2018.00059. PMID: 30338261.
35. Derzhavnyi reiestr likarskykh zasobiv Ukrainy. Poshuk likarskykh zasobiv za mizhnarodnoiu nepatentovanoiu nazvoiu Ibuprofen / Ibuprofen [State Register of Medicines of Ukraine. Search for medicines by international nonproprietary name Ibuprofen / Ibuprofen]. Derzhavnyi ekspertnyi tsentr MOZ Ukrainy. Available from: <https://www.drlz.com.ua/>. Accessed: June 12, 2026. (in Ukrainian).
36. Bongiovanni T, Lancaster E, Ledesma Y, Whitaker E, Steinman MA, Allen IE, et al. Systematic review and meta-analysis of the association between non-steroidal anti-inflammatory drugs and operative bleeding in the perioperative period. *J Am Coll Surg.* 2021;232(5):765-790.e1. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2021.01.005. PMID: 33515678.
37. Southworth SR, Woodward EJ, Peng A, Rock AD. An integrated safety analysis of intravenous ibuprofen in adults. *J Pain Res.* 2015;8:753-765. doi: 10.2147/JPR.S93547. PMID: 26604816.
38. 2023 American Geriatrics Society Beers Criteria Update Expert Panel. American Geriatrics Society 2023 updated AGS Beers Criteria for potentially inappropriate medication use in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2023;71(7):2052-2081. doi: 10.1111/jgs.18372. PMID: 37139824.
39. Lee HJ, Choi S, Yoon S, Yoon S, Bahk JH. Effect of an intravenous acetaminophen/ibuprofen fixed-dose combination on postoperative opioid consumption and pain after video-assisted thoracoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2024;38(6):3061-3069. doi: 10.1007/s00464-024-10821-y. PMID: 38609589.
40. Gaskell H, Derry S, Wiffen PJ, Moore RA. Single dose oral ketoprofen or dextketoprofen for acute postopera-

tive pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;5(5): CD007355. doi: 10.1002/14651858.CD007355.pub3. PMID: 28540716.

41. Derzhavnyi ekspertnyi tsentr MOZ Ukrainy. Zatverdzheno 17-y випуск Derzhavnogo formuliaru likarskykh zasobiv [The 17th issue of the State Formulary of Medicines has been approved]. 2025 Jun 20. Available from: <https://www.dec.gov.ua/news/zatverdzheno-17-j-vypusk-derzhavnogo-formulyaru-likarskyh-zasobiv/>. Accessed: June 12, 2026. (in Ukrainian).

42. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. Derzhavnyi formuliar likarskykh zasobiv. Vypusk simnadtsiatyi [State Formulary of Medicines. Seventeenth issue]. Kyiv: MOZ Ukrainy; 2025. Available from: https://moz.gov.ua/storage/uploads/9ca84a3c-4400-4ea7-9757-908bebb49e85/dn_971_13062025_dod.pdf. Accessed: June 12, 2026. (in Ukrainian).

Отримано/Received 03.06.2026

Рецензовано/Revised 13.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 15.07.2026 ■

Information about author

Ivan I. Lisnyy, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Surgery Center, National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine; e-mail: woodmanivan@yahoo.com; phone: +380 (67) 408-47-36; <https://orcid.org/0009-0009-3364-0876>

Conflicts of interests. Author declares the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

I.I. Lisnyy

National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine

Parenteral ibuprofen as part of multimodal postoperative analgesia: clinical place, evidence base, and safety

Abstract. Postoperative pain remains one of the factors shaping the early postoperative course, as it affects mobilization, respiratory function, quality of recovery, and the need for opioid analgesics. Multimodal analgesia is based on the combination of drugs and techniques with different mechanisms of action, allowing both peripheral and central components of pain formation to be targeted while reducing opioid burden. Parenteral ibuprofen is a nonsteroidal anti-inflammatory drug; its action is associated with cyclooxygenase inhibition and decreased prostaglandin synthesis. This provides a rationale for its use in the nociceptive-inflammatory component of postoperative pain. Intravenous administration is clinically relevant in the early postoperative period, when oral

intake is temporarily impossible or insufficiently predictable. The clinical value of the drug is determined not by replacement of other analgesics, but by possible inclusion in a multimodal regimen after assessment of gastrointestinal, renal, cardiovascular, and bleeding risks. This article reviews the pathophysiological rationale for parenteral ibuprofen, clinical evidence for its opioid-sparing effect, safety issues, comparison with other parenteral nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and its place in Ukrainian practice of postoperative pain management.

Keywords: postoperative pain; multimodal analgesia; parenteral ibuprofen; nonsteroidal anti-inflammatory drugs; nociception; prostaglandins; opioid-sparing effect; analgesic safety

УДК 617.58-089.87-001.36-089.168:616-089.819

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2043>Кіх А.Ю.¹, Смик О.О.¹, Саленко М.С.¹, Бур'янов О.А.²¹Військово-медичний клінічний лікувально-реабілітаційний центр, м. Ірпінь, Україна²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Технологія етапного закриття кукси у постраждалих при мінно-вибухових пораненнях нижніх кінцівок

Резюме. Актуальність. Бойові ампутації нижніх кінцівок, спричинені мінно-вибуховими пораненнями, характеризуються значним ушкодженням м'яких тканин, високим ризиком інфекційних ускладнень та складністю формування функціонально придатної кукси. Одним з перспективних підходів у сучасній військовій хірургії є Staged Closure Surgery (SCS) із виконанням Second Look Surgery (SLS), що відповідає концепції Damage Control Traumatology (DCT). **Мета:** провести порівняльну оцінку ефективності етапного SCS та одномоментного ушивання кукси після ампутації нижньої кінцівки у військовослужбовців із бойовими ушкодженнями, оцінити частоту ранніх ускладнень та терміни готовності кукси до протезування. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективно-проспективне клінічне дослідження за участю 136 військовослужбовців з бойовими ушкодженнями нижньої кінцівки внаслідок мінно-вибухового поранення. Пацієнтів розділено на 2 групи по 68 осіб. В основній групі застосовували етапне ушивання рани кукси: на першому етапі виконували ушивання глибоких тканин з міодезом чи без нього, на другому, через 36–48 годин — ревізію рани, повторну хірургічну обробку та ушивання шкіри. У контрольній групі проводили одномоментне ушивання кукси. Оцінювали частоту ранніх післяопераційних ускладнень, кількість оперативних втручань та терміни готовності до протезування. **Результати.** Загальна частота ранніх ускладнень після ушивання кукси була вірогідно нижчою в основній групі — 1,5 % порівняно з контрольною групою — 20,6 % ($p < 0,001$). Середній термін готовності кукси до протезування був вірогідно меншим в основній групі ($43,0 \pm 4,7$ доби) порівняно з групою контролю ($68,0 \pm 6,4$ доби; $p < 0,001$). Аналіз Kaplan-Meier продемонстрував швидше досягнення готовності кукси до протезування в основній групі (HR 2,85, 95% ДІ 2,05–3,96, log-rank $p < 0,001$). За результатами багатофакторного аналізу SCS-підхід був незалежним предиктором зниження ризику післяопераційних ускладнень (OR 0,08, 95% ДІ 0,01–0,52, $p = 0,02$). Незважаючи на необхідність другого етапу закриття рани кукси, загальна кількість оперативних втручань на одного пацієнта була меншою в основній групі ($6,4 \pm 1,2$ проти $7,1 \pm 1,8$, $p = 0,02$), що зумовлено необхідністю виконання додаткових хірургічних втручань з приводу ускладнень у контрольній групі. **Висновки.** Етапне ушивання кукси є ефективною хірургічною тактикою при бойових ампутаціях нижньої кінцівки, що дозволяє знизити частоту ранніх ускладнень, скоротити терміни готовності кукси до протезування та зменшити потребу в повторних оперативних втручаннях. Методика відповідає сучасним принципам DCT та може бути рекомендована для широкого застосування у військовій хірургії.

Ключові слова: мінно-вибухова травма; бойова травма; інфекція; ампутація; кукса; Staged Closure Surgery; Second Look Surgery; Damage Control Surgery; протезування; Negative Pressure Wound Therapy; війна в Україні

Вступ

Мінно-вибухові поранення нижніх кінцівок належать до найтяжчих видів бойової травми, оскільки вони поєднують високоенергетичне руйнування тканин, масивну контамінацію рани, пошкодження судинно-нервових структур, кісткові дефекти та значну зону

вторинного некрозу [4, 5]. Сучасні збройні конфлікти характеризуються високою частотою тяжких ушкоджень кінцівок, серед яких значну частку становлять саме мінно-вибухові поранення [6]. Особливістю таких ушкоджень є одночасний вплив кількох уражаючих чинників: вибухової хвилі, осколкового компонента,

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Бур'янов Олександр Анатолійович, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри травматології та ортопедії, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: kaftraum@ukr.net; тел.: +380 (67) 796-68-76

For correspondence: Olexandr A. Burianov, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Taras Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: kaftraum@ukr.net; phone: +380 (67) 796-68-76

Full list of authors information is available at the end of the article.

термічного та хімічного ушкодження, що призводить до масивної деструкції тканин, порушення мікроциркуляції, вираженої контамінації рани та ішемічних змін, зокрема пов'язаних із застосуванням турнікетів [7]. Сукупний вплив цих факторів безпосередньо впливає на результати ампутації, перебіг ранового процесу та формування функціонально придатної кукси.

За даними сучасних військово-медичних досліджень, бойові ушкодження кінцівок залишаються провідною причиною тривалої втрати працездатності серед військовослужбовців, а ампутації нижніх кінцівок формують значний обсяг потреби у складному лікуванні, тривалій реабілітації та протезуванні [5, 6]. В умовах сучасної війни суттєво зросла частота високоенергетичних поранень із масштабним ушкодженням м'яких тканин, судин та нервових структур, що значно ускладнює як первинне хірургічне лікування, так і подальше формування функціонально спроможної кукси [11, 15].

У структурі сучасної бойової травми ушкодження кінцівок займають провідне місце, а інфекційні ускладнення ран залишаються однією з основних причин тривалого лікування серед поранених військовослужбовців [4, 8]. За даними сучасних досліджень щодо інфекцій бойових ушкоджень кінцівок (*combat-related extremity wound infections*), такі інфекційні ускладнення часто характеризуються складною мікробіологічною структурою, зокрема наявністю мультирезистентних збудників. Це суттєво ускладнює лікування, збільшує тривалість госпіталізації та підвищує ризик необхідності повторних хірургічних втручань [9, 10]. Окремі автори вказують, що інфекційні ускладнення після бойових ампутацій можуть супроводжуватися необхідністю повторних некретомій, реампутацій на тому ж сегменті або зміни рівня ампутації, що негативно впливає на функціональні результати лікування та можливість раннього протезування [11, 20].

Розвиток локального інфекційного процесу в ділянці ампутаційної кукси асоціюється зі збільшенням тривалості госпіталізації, необхідністю додаткових ревізійних операцій, відтермінуванням протезування та погіршенням функціональних результатів лікування [11]. Крім того, тривалий перебіг ранового процесу супроводжується підвищеним ризиком формування патологічних рубців, хронічного больового синдрому, контрактур суміжних суглобів та зниженням толерантності тканин до протезного навантаження [14]. Усе це ускладнює подальшу фізичну реабілітацію та може суттєво впливати на якість життя пацієнтів.

Первинна інтраопераційна оцінка життєздатності тканин при мінно-вибухових пораненнях часто є обмеженою, оскільки межа між життєздатними та потенційно некротичними тканинами може ставати очевидною лише через 24–72 години після первинної хірургічної обробки [12]. Це пояснюється прогресуванням мікроциркуляторних порушень, ішемічними змінами та розвитком вторинного тканинного некрозу у ранньому післятравматичному періоді. Саме тому раннє остаточне закриття рани кукси в окремих випадках може створювати умови для накопичення ексудату, прогресування некрозу, розвитку гнійно-запальних усклад-

нень, неспроможності швів та необхідності повторних оперативних втручань [13]. У сучасній військовій хірургії проблема адекватного контролю контамінації та своєчасного виявлення вторинного некрозу тканин розглядається як один із ключових факторів профілактики ускладнень після бойових ампутацій [14].

У сучасній військовій травматології дедалі більшого значення набуває концепція Damage Control Traumatology (DCT), яка передбачає етапне лікування тяжких ушкоджень з мінімізацією первинної операційної травми, контролем кровотечі та контамінації, стабілізацією стану пацієнта і відтермінованим виконанням остаточних реконструктивних втручань [16, 17]. Для бойових ампутацій цей принцип має особливу цінність, оскільки його застосування дозволяє уникнути поспішного остаточного закриття рани у фазі невизначеної життєздатності тканин. Окремі дослідження вказують, що staged-підхід може сприяти зменшенню кількості повторних оперативних втручань та створювати більш сприятливі умови для остаточного формування кукси [23].

Ключовим елементом DCT є виконання Second Look Surgery (SLS) — повторного хірургічного втручання, що дозволяє оцінити життєздатність тканин, провести додаткову некретомію або дебридмент та знизити ризик інфекційних ускладнень [18]. У сучасних клінічних рекомендаціях щодо management of complex extremity war wounds підкреслюється доцільність повторної ревізії рани через 24–48 годин після первинної обробки з проведенням додаткового промивання та оцінки тканин [19]. Повторна оцінка стану рани дозволяє більш точно визначити межі нежиттєздатних тканин, своєчасно усунути джерела потенційної інфекції та підготувати рану до остаточного закриття або реконструктивного етапу [19, 20].

У межах цієї концепції все більшого поширення набуває етапне ушивання ампутаційної кукси — Staged Closure Surgery (SCS), що передбачає поетапне формування кукси після первинної підготовки рани та контролю інфекційного процесу [21]. На першому етапі виконується закриття глибоких структур, зокрема м'язів, із виконанням міодезу або без нього, тоді як остаточне ушивання шкіри здійснюється відтерміновано після повторної хірургічної обробки рани. Такий підхід дозволяє забезпечити адекватний дренаж, своєчасно видалити нежиттєздатні тканини та створити більш сприятливі умови для загоєння рани кукси [22]. Натомість одномоментне ушивання кукси потенційно супроводжується вищим ризиком післяопераційних ускладнень [13, 23].

Додатковим компонентом етапного хірургічного лікування у пацієнтів із тяжкими бойовими ушкодженнями є використання Negative Pressure Wound Therapy (NPWT). Сучасні дослідження демонструють, що застосування контрольованого негативного тиску сприяє зменшенню набряку тканин, поліпшенню локальної перфузії, евакуації ексудату та створенню сприятливих умов для подальшого закриття рани [22]. NPWT може використовуватися як проміжний етап між первинною хірургічною обробкою та остаточним ушиванням кукси.

Формування функціонально придатної кукси є одним із ключових завдань військової хірургії, травмато-

логії та реабілітаційної медицини [15]. Для ефективного подальшого протезування кукси має характеризуватися достатнім об'ємом життєздатних м'яких тканин, стабільністю м'язових структур, відсутністю локального інфекційного процесу, належним загоєнням післяопераційної рани та здатністю переносити раннє функціональне й протезне навантаження [1, 2]. Важливе значення також мають адекватне розташування рубця, відсутність надлишкового натягу тканин, стабільність міодезу та можливість рівномірного розподілу навантаження під час користування протезом [15, 21]. Наявність ранових ускладнень (вторинного некрозу, гематом, сером тощо) або повторних ревізійних втручань суттєво погіршує прогноз протезування та збільшує тривалість функціонального відновлення [11].

Оновлена клінічна настанова VA/DoD Clinical Practice Guideline for Rehabilitation of Individuals with Lower Limb Amputation Version 3.0 (2025–2026) підкреслює необхідність раннього мультидисциплінарного ведення пацієнтів після ампутації, своєчасної оцінки протезної перспективи та створення умов для раннього функціонального навантаження [1, 2]. Відповідно до сучасних рекомендацій, хірургічний етап лікування має бути тісно інтегрований із подальшою реабілітацією, оскільки саме якість сформованої кукси визначає ефективність протезування та рівень функціональної незалежності пацієнта [3]. Значна увага приділяється також профілактиці фантомного болю, ранньому відновленню мобільності, підготовці кукси до компресійного навантаження та збереженню максимально можливої довжини сегмента кінцівки [15].

Незважаючи на перспективні результати staged-підходу, його доцільність порівняно з одномоментним ушиванням у пацієнтів із бойовими ампутаціями залишається предметом дискусії. Недостатньо вивченим залишається вплив цієї тактики на частоту ранніх післяопераційних ускладнень, строки підготовки кукси до протезування та тривалість лікування, що є ключовими параметрами, які визначають функціональні результати та якість життя пацієнтів. Більшість сучасних досліджень фокусується або на інфекційних ускладненнях бойових ран, або на загальних принципах DCT, або на питаннях реабілітації після ампутації. Водночас кількість наукових праць, присвячених безпосередньому порівнянню етапного та одномоментного ушивання ампутаційної кукси при бойових ушкодженнях, залишається обмеженою. Це створює підстави для проведення клінічного дослідження, яке поєднує як хірургічні, так і функціональні кінцеві точки, зокрема оцінку частоти ранніх ускладнень, кількості оперативних втручань та строків готовності кукси до протезування.

Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах російсько-української війни, адже значна кількість пацієнтів із ампутаціями внаслідок бойових ушкоджень потребує швидкого, безпечного та функціонально орієнтованого лікування, реабілітації та протезування. Скорочення термінів формування функціональної кукси безпосередньо впливає на можливість раннього протезування, рівень мобільності та подальшу соціальну адаптацію військовослужбовців. Оптимізація хірургіч-

ної тактики закриття кукси у цієї категорії пацієнтів є важливою складовою частиною сучасної системи військово-медичної допомоги в Україні.

Мета: провести порівняльну оцінку ефективності етапного та одномоментного ушивання кукси після ампутації нижньої кінцівки у військовослужбовців із бойовими ушкодженнями, оцінити частоту ранніх ускладнень та терміни готовності кукси до протезування.

Матеріали та методи

Проведено одноцентрове клінічне ретроспективно-проспективне дослідження для порівняння ефективності етапного (SCS) та одномоментного ушивання кукси після ампутації нижньої кінцівки у військовослужбовців з мінно-вибуховими пораненнями. Дослідження виконано відповідно до принципів доказової медицини та рекомендацій STROBE.

Критерії включення: ізольоване мінно-вибухове поранення нижньої кінцівки з її травматичним відчленуванням; чоловіча стать; виконання одномоментного або SCS-ушивання кукси; завершене етапне лікування.

Критерії виключення: критична ішемія кінцівки внаслідок турнікет-асоційованого ушкодження; поєднана травма, що обтяжує загальний перебіг; неповні клінічні дані.

Статистична обробка проводилась з використанням стандартних методів біостатистики. Описова статистика: кількісні дані — $M \pm SD$, категоріальні — n (%). Для порівняння груп бінарні змінні аналізували за допомогою точного критерію Фішера, кількісні показники — із застосуванням t -критерію Стьюдента для незалежних вибірок, а оцінку нормальності розподілу даних проводили за тестом Шапіро — Вілка. Для визначення незалежних предикторів розвитку ускладнень застосовано логістичну регресію. Оцінка ефекту: Odds Ratio (OR); 95% довірчий інтервал (ДІ); Absolute Risk Reduction (ARR); Relative Risk Reduction (RRR); Number Needed to Treat (NNT). Рівень значущості $p < 0,05$.

У дослідження включено 136 пацієнтів (усі чоловіки) віком від 20 до 48 років, яким виконано ампутацію нижньої кінцівки внаслідок мінно-вибухового поранення. Пацієнти були розділені на 2 групи за тактикою ушивання рани ампутаційної кукси: основна група ($n = 68$) — SCS, контрольна група ($n = 68$) — одномоментне ушивання.

В обох групах пацієнтам виконано серію хірургічних обробок з подальшим ушиванням кукси: в основній групі виконано етапне ушивання рани кукси (перший етап — ушивання глибоких тканин (міодез за показаннями) з накладанням навідних швів на шкіру, другий етап (через 36–48 годин) — SLS та ушивання шкіри за відсутності протипоказань); у контрольній групі після серії хірургічних обробок виконано одномоментне ушивання всіх шарів тканин кукси з дренажування рани.

Критеріями готовності кукси до ушивання були: відсутність патологічних виділень та запаху з рани, зупинка процесів вторинної некротизації м'яких тканин, компенсований або субкомпенсований набряк м'яких тканин, компенсований загальний стан пацієнта (відсутність фебрильної температури тіла, лейкоцити крові

$\leq 9 \times 10^9$ /л, компенсована або субкомпенсована анемія та гіпопротейнемія).

Результати

Середній вік пацієнтів становив $32,4 \pm 6,1$ року в основній групі та $33,1 \pm 5,8$ року у контрольній ($p = 0,48$). Розподіл за рівнем ампутації (транстибіальна, трансфеморальна) не відрізнявся між групами ($p = 0,74$). Групи були статистично однорідними за тяжкістю ушкодження (оцінено за ISS; $p = 0,55$) та за наявністю ознак турнікет-асоційованого ушкодження тканин ($p = 0,70$).

Середня кількість хірургічних обробок рани кукси до остаточного ушивання статистично не відрізнялась між групами: основна група — $4,8 \pm 1,1$ контрольна — $4,6 \pm 1,3$; $p = 0,39$. Отримані дані свідчать про співставний обсяг первинного етапного хірургічного лікування в обох групах та дозволяють виключити вплив цього фактора на подальші результати.

Середні терміни виконання первинного ушивання кукси після ампутації не відрізнялися між групами і становили $14,3 \pm 2,1$ доби в основній групі та $13,9 \pm 2,4$ доби у контрольній ($p = 0,47$), що виключає вплив цього фактора на подальші результати лікування.

Первинною кінцевою точкою дослідження була частота ранніх післяопераційних ускладнень, оцінених як комбінований показник. До вторинних кінцевих точок належали частота окремих ускладнень (нагноєння, гематома, серома, некроз, сповільнене загоєння рани),

терміни готовності кукси до протезування, а також загальна кількість оперативних втручань у розрахунку на одного пацієнта.

Кількість ранніх післяопераційних ускладнень подана в табл. 2.

Загальна частота ранніх післяопераційних ускладнень була вірогідно нижчою в основній групі порівняно з контрольною — 1 (1,5 %) проти 14 (20,6 %) відповідно, $p < 0,001$. Хоча окремі показники не досягли статистичної значущості, їх сукупність демонструє виражену перевагу етапного ушивання.

Єдиним незалежним фактором, що вірогідно впливав на розвиток ускладнень, був тип ушиття рани кукси. Застосування SCS знижувало ризик ранніх ускладнень та асоціювалось зі зменшенням ризику розвитку ускладнень на 92 % порівняно з одномоментним ушиванням кукси. Інші фактори не досягли статистичної значущості.

Додаткові показники ефективності: ARR 19,1 %; RRR 92,9 %; NNT 5; OR 0,06 (95% ДІ 0,007–0,045).

Результати дослідження дозволяють розглядати staged-підхід як ефективний і клінічно обґрунтований метод лікування.

Середній термін готовності кукси до протезування в основній групі становив $43,0 \pm 4,7$ доби, в контрольній групі — $68,0 \pm 6,4$ доби. Термін готовності кукси до протезування був вірогідно коротшим в основній групі, $p < 0,001$. Розмір ефекту Cohen’s $d = 4,4$, що відповідає дуже великому ефекту.

Таблиця 1. Базова характеристика пацієнтів

Показник		Основна група, n = 68	Контрольна група, n = 68	p-value
Вік, роки, M ± SD		32,4 ± 6,1	33,1 ± 5,8	0,48
Рівень ампутації	Транстибіальна, n (%)	44 (64,7)	42 (61,8)	0,74
	Трансфеморальна, n (%)	24 (35,3)	26 (38,2)	0,74
Терміни остаточного ушивання кукси, діб, M ± SD		14,3 ± 2,1	13,9 ± 2,4	0,47
Кількість хірургічних обробок до ушивання, M ± SD		4,8 ± 1,1	4,6 ± 1,3	0,39
Виконання міодезу, n (%)		52 (76,5)	49 (72,1)	0,56
Ознаки турнікет-асоційованого ушкодження тканин, n (%)		17 (25,0)	19 (27,9)	0,70
Ingury Severity Score (ISS), M ± SD		21,8 ± 5,4	22,3 ± 5,7	0,61
Загальна кількість оперативних втручань на пацієнта, M ± SD		6,4 ± 1,2	7,1 ± 1,8	0,02

Таблиця 2. Ранні післяопераційні ускладнення, n (%)

Ускладнення	Основна група, n = 68	Контрольна група, n = 68	p-value
Нагноєння	0 (0)	6 (8,8)	0,01
Гематома	0 (0)	2 (2,9)	0,50
Серома	0 (0)	2 (2,9)	0,50
Сповільнене загоєння	1 (1,5)	3 (4,4)	0,31
Вторинний некроз	0 (0)	1 (1,5)	1,00
Загальна кількість пацієнтів з ускладненнями	1 (1,5)	14 (20,6)	< 0,001

Таблиця 3. Незалежні предиктори ускладнень

Фактор	OR	95% ДІ	p-value
SCS	0,08	0,01–0,52	0,008
Вік	1,02	0,95–1,08	0,41
Рівень ампутації	1,18	0,72–1,94	0,49
Кількість хірургічних обробок	1,21	0,97–1,51	0,08
ISS	1,04	0,96–1,13	0,32
Турнікет-асоційовані ушкодження тканин	1,37	0,64–2,91	0,41

Для оцінки темпів досягнення клінічного результату — готовності кукси до протезування — проведено аналіз виживаності за методом Kaplan-Meier, подією вважали повне загоєння рани та можливість початку протезування. Медіана часу до настання події становила 43 дні в основній групі та 68 днів у контрольній. Порівняння кривих виживаності за допомогою тесту log-rank виявило статистично значущу різницю між групами ($\chi^2 = 52,4$; $p < 0,001$). Розрахований hazard ratio (HR) становив 2,85 (95% ДІ 2,05–3,96), що свідчить про у 2,85 рази вищу ймовірність більш раннього досягнення готовності кукси до протезування в основній групі порівняно з контрольною.

Незважаючи на необхідність виконання другого етапу ушивання кукси в основній групі, загальна кількість оперативних втручань на одного пацієнта була меншою: основна група — $6,4 \pm 1,2$; контрольна група — $7,1 \pm 1,8$ ($p = 0,02$). Різниця пояснюється більшою кількістю повторних втручань у зв'язку з ускладненнями в контрольній групі.

Обговорення

Отримані результати свідчать, що етапне ушивання ампутаційної кукси при бойових мінно-вибухових ушкодженнях нижніх кінцівок має суттєві переваги порівняно з одномоментним закриттям рани. У нашому дослідженні застосування SCS із виконанням SLS асоціювалося зі значним зниженням частоти ранніх післяопераційних ускладнень в основній групі (1,5 %) порівняно з контрольною (20,6 %), скороченням строків готовності кукси до протезування та меншою загальною кількістю оперативних втручань на одного пацієнта. Отримані результати демонструють статистично значуще зниження частоти ранніх післяопераційних ускладнень після застосування SCS у пацієнтів із ампутацією нижньої кінцівки внаслідок мінно-вибухового поранення та свідчать про високу клінічну ефективність цієї тактики в умовах сучасної бойової травми.

Сучасні конфлікти характеризуються значним зростанням частоти мінно-вибухових поранень, що супроводжуються травматичним відчленуванням кінцівки, масивним ушкодженням тканин та вираженою контамінацією рани. Саме тому концепція SCS та DCT набуває особливого значення у військовій хірургії. У доступній літературі підкреслюється, що одномоментне остаточне ушивання кукси при високоенергетичних ушкодженнях може асо-

ціюватися зі збільшенням ризику інфекційних ускладнень та повторних оперативних втручань [13, 20, 23].

Ці дані узгоджуються з сучасними клінічними рекомендаціями щодо ведення складних бойових ран кінцівок. У консенсусних настановах Snelling та співавт. 2026 року щодо complex extremity war wound management підкреслено необхідність повторної оцінки рани після первинної хірургічної обробки, оскільки при бойовій травмі межі нежиттєздатних тканин часто стають чіткішими лише в динаміці [12]. Така позиція безпосередньо підтримує доцільність SLS як запланованого етапу лікування, а не як вимушеної ревізії після розвитку ускладнень.

Важливим аспектом SCS є можливість виконання SLS через 24–48 годин після первинного закриття глибоких тканин. Такий підхід дозволяє повторно оцінити життєздатність тканин, своєчасно виявити прогресування некрозу або інфекційного процесу та мінімізувати ризик ранових ускладнень. Подібна тактика відповідає сучасним принципам Damage Control Surgery та Orthoplastic Approach у лікуванні тяжкої бойової травми [16, 18, 19].

Важливо, що у групі SCS другий етап втручання виконувався планово через 36–48 годин. Це дозволяло повторно оцінити стан м'яких тканин, виконати санацію та остаточне ушивання шкіри в більш контрольованих умовах, а за потреби провести додатковий дебридмент. Такий підхід особливо обґрунтований при мінно-вибухових пораненнях, при яких первинна зона ураження часто не відповідає остаточному обсягу критичного ушкодження тканин.

Отримані результати узгоджуються з даними Yasir Umer та співавт., які продемонстрували переваги Delayed Primary Closure після травматичних транстибіальних ампутацій щодо зменшення частоти інфекційних ускладнень та поліпшення загоєння кукси. Аналогічно Noblet та співавт. підкреслюють, що staged management дозволяє оптимізувати життєздатність тканин та сформувати функціонально придатну куксу.

Дані українських досліджень також підтверджують високу частоту ускладнень при бойових ушкодженнях нижніх кінцівок. У дослідженні Trutyak та співавт. [26] зазначено, що частота інфекційних ускладнень при відкритих переломах кінцівок, отриманих унаслідок бойової травми, є значно вищою, ніж за умов мирного часу. Крім того, поширення мультирезистентної мікрофлори суттєво ускладнює лікування цієї категорії пацієнтів. Це

підкреслює важливість тактик, спрямованих на зниження бактеріального навантаження та уникнення передчасного закриття контамінованих тканин.

Отримане нами зниження частоти ранніх ускладнень у групі SCS, імовірно, зумовлене поєднанням кількох факторів: відтермінованим остаточним закриттям рани, можливістю виконання повторної ревізії, ефективнішим контролем ексудації та уникненням ушивання тканин із сумнівною життєздатністю. У контрольній групі одномоментне ушивання, попри технічну простоту, могло створювати передумови для формування гематом, сером, нагноєння та вторинного некрозу, що відображено у вищій частоті ранніх ускладнень.

Додатковим фактором, який впливає на перебіг ранового процесу при мінно-вибуховій травмі, є ішемічне ушкодження тканин, зокрема пов'язане із застосуванням турнікетів. У дослідженні Chogna та співавт. [27] проаналізовано ризики tourniquet syndrome при масивній кровотечі та травматичних ампутаціях, зокрема роль тривалості накладання турнікета та необхідність своєчасної конверсії. Це важливо для інтерпретації наших результатів, оскільки ішемічні зміни можуть поглиблювати вторинний некроз і робити одномоментне ушивання менш безпечним.

На окрему увагу заслуговує вплив SCS на строки готовності кукси до протезування. У нашому дослідженні середній термін готовності до протезування був вірогідно меншим в основній групі ($43,0 \pm 4,7$ доби) порівняно з контрольною ($68,0 \pm 6,4$ доби). Аналіз Kaplan-Meier підтвердив швидше досягнення цієї кінцевої точки у пацієнтів групи SCS. Раннє протезування має критичне значення для функціонального відновлення, профілактики контрактур, збереження мобільності та поліпшення психоемоційної адаптації пацієнтів після ампутації.

Дослідження Shaprynskyi та співавт. [21], присвячене лікуванню травматичних ампутацій нижніх кінцівок при бойовій травмі, також акцентує, що такі ампутації супроводжуються високим рівнем ускладнень, інвалідизації та потребують оптимізації хірургічних алгоритмів. У цьому контексті наші результати доповнюють наявні дані, оскільки демонструють не лише зменшення частоти ускладнень, а й прямий вплив етапної тактики на строки функціональної готовності кукси.

Група SCS продемонструвала меншу загальну кількість оперативних втручань, незважаючи на запланований другий етап ушивання. На перший погляд, етапна тактика може сприйматися як така, що збільшує кількість операцій. Однак отримані дані свідчать про протилежне: контрольована повторна ревізія знижує потребу в незапланованих втручаннях через ускладнення. Таким чином, SCS змінює логіку лікування: повторне втручання стає частиною протоколу, а не реакцією на вже сформовану проблему.

Отримані результати також мають значення для організації подальшої реабілітації. Eskridge та співавт. [27] показали, що пацієнти з combat-related lower extremity injuries мають значну потребу в медичних послугах протягом першого року після травми, що відображає складність довготривалого лікування цієї категорії по-

ранених. Зменшення кількості ускладнень на ранньому хірургічному етапі може потенційно скоротити подальше навантаження на систему реабілітації та протезування.

Більшість сучасних публікацій розглядає або інфекційні ускладнення бойових ран, або принципи damage control, або загальні питання реабілітації після ампутації. Безпосередніх порівняльних досліджень, які оцінюють staged closure саме ампутаційної кукси з урахуванням хірургічних і функціональних кінцевих точок, залишається недостатньо. Це підсилює наукову цінність нашої роботи, оскільки вона поєднує оцінку ранніх ускладнень, кількості оперативних втручань та термін готовності до протезування.

Об'єктивність отриманих даних забезпечується достатнім обсягом клінічного матеріалу, однорідністю сформованих груп та застосуванням комплексного статистичного аналізу. Зокрема, аналіз Kaplan-Meier дозволив оцінити динаміку досягнення готовності кукси до протезування, а багатофакторний аналіз підтвердив незалежний зв'язок між застосуванням SCS та зниженням ризику післяопераційних ускладнень.

Обмеженнями дослідження є одноцентровий характер, відсутність довгострокового функціонального аналізу та відсутність аналізу пізніх ускладнень. Подальші дослідження повинні включати оцінку довгострокових функціональних результатів, якості життя, переносимості протезного навантаження та рівня хронічного больового синдрому після протезування.

Висновки

Етапне ушивання кукси після ампутації нижньої кінцівки внаслідок мінно-вибухового поранення вірогідно знижує частоту ранніх ускладнень порівняно з одномоментним ушиванням (частота ускладнень в основній групі — 1,5 %, в контрольній — 20,6 %, $p < 0,001$).

Застосування SCS асоціюється зі зменшенням ризиків розвитку ускладнень на 92 % порівняно з одномоментним ушиванням кукси (OR 0,08, 95% ДІ 0,01–0,52, $p = 0,008$).

Етапне ушивання кукси забезпечує вірогідно швидше досягнення готовності кукси до протезування ($43,0 \pm 4,7$ доби проти $68,0 \pm 6,4$ доби, HR 2,85, $p < 0,001$).

Незважаючи на необхідність виконання додаткового етапу ушивання кукси при SCS, загальна кількість оперативних втручань на одного пацієнта була вірогідно меншою порівняно з одномоментним ушиванням (в основній групі — $6,4 \pm 1,2$, у контрольній — $7,1 \pm 1,8$, $p = 0,02$), що зумовлено меншою частотою ранніх ускладнень та відсутністю потреби у повторних хірургічних втручаннях.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що SCS із виконанням SLS є ефективною хірургічною тактикою при бойових ампутаціях нижніх кінцівок. Її застосування дозволяє знизити частоту ранніх післяопераційних ускладнень, прискорити готовність кукси до протезування та зменшити загальну кількість оперативних втручань. У контексті сучасної бойової травми SCS може розглядатися як обґрунтований компонент

DCT, орієнтований не лише на загоєння рани, а й на подальший функціональний результат.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Автори заявляють про відсутність сторонньої фінансової підтримки даного дослідження.

Список літератури

1. U.S. Department of Veterans Affairs; Department of Defense. VA/DoD clinical practice guideline for rehabilitation of individuals with lower limb amputation. Version 3.0. 2024.
2. Defense Health Agency. DoD and VA release 2026 Lower limb amputation clinical practice guideline to improve patient care. 2026.
3. World Health Organization. Rehabilitation in Health Systems: Guide for action. Geneva: WHO; 2023.
4. Vogt D, Hackl S, Tjardes T, et al. Amputation versus limb salvage after gunshot wounds and combat injuries: Considerations for an integrative concept of surgical care and rehabilitation therapy. *Injury*. 2025;56(Suppl 1):112535. doi: 10.1016/j.injury.2025.112535.
5. Dickens JF, Schmidt A. The extremity war injury symposium: emerging combat and readiness research. *J Am Acad Orthop Surg* 2022;30(5):185-188. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-01030.
6. Mathieu L, et al. Management of combat-related extremity injuries in modern armed conflicts. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2025;111(Suppl 1):104055. doi: 10.1016/j.otsr.2024.104055.
7. Petfield JL, Lewandowski LR, Stewart L, et al. IDCRP combat-related extremity wound infection research. *Military Medicine*. 2022;187(Suppl 2):25-33. doi: 10.1093/milmed/usab065.
8. Tribble DR, Petfield JL, Murray CK, et al. IDCRP trauma-related infection research. *Military Medicine*. 2022;187(Suppl 2):2-6. doi: 10.1093/milmed/usab508.
9. Mende K, Akers KS, Tyner SD, et al. Multidrug-resistant and virulent organisms trauma infections: trauma infectious disease outcomes study initiative. *Military Medicine*. 2022;187(Suppl 2):42-51. doi: 10.1093/milmed/usab131.
10. Holubnycha VM, Kholodylo OV. War impact on antimicrobial resistance and bacteriological profile of wound infections in Ukraine. *Communications Medicine*. 2025;5(1):394. doi: 10.1038/s43856-025-01056-6.
11. Pursel A, Nichols R, Lindquist K. Combat amputee care for Global War on Terror Veterans: A systematic review. *Journal of Military, Veteran and Family Health*. 2024;10(5):7-29. doi: 10.3138/jmyfh-2023-0106.
12. Snelling S, Claireaux H, Roocroft H, et al. Clinical guidelines for complex extremity war wound management: update and consensus using a mixed-method approach. *BJS Open*. 2026;10(1):zraf173. doi: 10.1093/bjsopen/zraf173.
13. Topaz M, Carmel NN, Topaz G, Li MS, Li YZ. Minimizing treatment complexity of combat-related soft tissue injuries using regulated negative pressure-assisted wound therapy and novel skin stretching devices. *Burns & Trauma*. 2021;9:tkab007. doi: 10.1093/burnst/tkab007.
14. Sivash II, Koval BM. Negative pressure wound therapy for combat-related extremity vascular injuries: clinical experience from the war in Ukraine. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2025;33:188. doi: 10.1186/s13049-025-01502-3.
15. Voliansky V, Kikh A. Evaluation of quality criteria for rehabilitation of military personnel with lower limb amputees. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2025;6(1):72-81. doi: 10.46847/ujmm.2025.1(6)-072.
16. Coccolini F, Sartelli M, Sawyer R, Rasa K, Viaggi B, Abu-Zidan F, et al. Source control in emergency general surgery: WSES, GAIS, SIS-E, SIS-A guidelines. *World J Emerg Surg*. 2023. doi: 10.1186/s13017-023-00509-4.
17. Kountouri I, Christidis P, Christidis G, et al. External fixators as a tool for damage control orthopedics in severely injured or polytrauma patients. *Cureus*. 2024;16(9):e69255. doi: 10.7759/cureus.69255.
18. Poletti FL, Macmull S, Mushtaq N, et al. Current concepts and principles in open tibial fractures — Part II Management and Controversies. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2017;8(2):00305. doi: 10.15406/mojor.2017.08.00305.
19. Millán-Reyes MJ, et al. Reducing infections and improving healing in complex wounds: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*. 2025;14(9):3237. doi: 10.3390/jcm14093237.
20. Perez KG, et al. A Focus on non-amputation combat extremity injury: 2001–2018. *Military Medicine*. 2022;187(5-6):e638-e643. doi: 10.1093/milmed/usab143.
21. Shchepetov MV, Gumeniuk KV. Treatment of combat injuries to major arteries with extensive soft tissue defects. *Surgery of Ukraine*. 2025. doi: 10.30978/GS-2025-1-15.
22. Karembé B, et al. Place of delayed primary closure in ballistic wounds and by explosive devices at the Somine Dolo hospital in Mopti. *SAS Journal of Surgery*. 2024;10(4):526-531. doi: 10.36347/sasjs.2024.v10i04.030.
23. Tintle SM, Keeling JJ, Shawen SB, Forsberg JA, Potter BK. Traumatic and trauma-related amputations: Part I: General principles and lower-extremity amputations. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2010;92(17):2852-2868. doi: 10.2106/JBJS.J.00257.
24. Trutyak I, Zhukovskiy V, Lovga V, Ivashchenko V, Trunkvalter V, Kudla O. Local infectious complications of the lower extremity open fractures in combat and non-combat trauma. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences*. 2025;77(1). doi: 10.25040/ntsh2025.01.07.
25. Murray CK, Wilkins K, Molter NC, Yun HC, Dubick MA, Spott MA, et al. Infections in combat casualties during Operations Iraqi and Enduring Freedom. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2009;66(4):S138-S144. doi: 10.1097/TA.0b013e31819d894c.
26. Tanasiienko PV, Guryev SO, Derkach RV. Analysis of traumatic injuries among civilian casualties as a result of modern hostilities. *Trauma*. 2026;27(1):71-75. doi: 10.22141/1608-1706.1.27.2026.1068.
27. Eskridge SL, MacGregor AJ, Dougherty AL, et al. Healthcare utilization among United States service members with combat-related lower extremity limb salvage. *Healthcare*. 2025;13(10):1164. doi: 10.3390/healthcare13101164.
28. Katiyar AK, Agarwal H, Priyadarshini P, et al. Primary vs delayed primary closure in patients undergoing lower limb amputation following trauma: A randomised control study. *International Wound Journal*. 2020;17(2):419-428. doi: 10.1111/iwj.13288.
29. Chang H, Maldonado TS, Rockman CB, Cayne NS, Berland TL, Barfield ME, et al. Closed incision negative pressure wound therapy may decrease wound complications in major lower extremity amputations. *Journal of Vascular Surgery* 2021;73(3):1041-1047. doi: 10.1016/j.jvs.2020.07.061.

Отримано/Received 03.05.2026

Рецензовано/Revised 11.06.2026

Прийнято до друку/Accepted 25.06.2026

Information about authors

Andrii Kikh, PhD, Associate Professor, Colonel of the Medical Service, Head of the Military Medical Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Irpin, Ukraine; e-mail: kikh76@ukr.net; phone: +380 (97) 594-42-77; <https://orcid.org/0000-0003-1746-7996>

Oleh Smyk, Major of the Medical Service, Senior resident of the Trauma Department, Military Medical Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Irpin, Ukraine; e-mail: oleg_olegovi4@ukr.net; phone: +380 (98) 999-53-30; <https://orcid.org/0009-0003-3412-5557>

Maryna Salenko, Major of the Medical Service, Head of the Department of Rehabilitation of Patients with Skeletal Trauma, Military Medical Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Irpin, Ukraine; e-mail: salenkomarina10@gmail.com; phone: +380 (63) 267-89-54; <https://orcid.org/0009-0000-0914-2409>

Olexandr Burianov, MD, PhD, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: kaftraum@ukr.net; fax: +380 (44) 288-01-26; phone: +380 (67) 796-68-76; <https://orcid.org/0000-0002-2174-1882>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Financial disclosure. The authors declared that this study has received no financial support.

A. Yu. Kikh¹, O. O. Smyk¹, M. S. Salenko¹, O. A. Burianov²

¹Military Medical Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Irpin, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Technology of staged closure of the stump in victims with mine-explosive injuries of the lower extremities

Abstract. Background. Combat amputations of the lower extremities caused by mine-explosive injuries are characterized by significant soft tissue damage, a high risk of infectious complications, and the difficulty of forming a functionally suitable stump. One of the promising approaches in modern military surgery is staged closure surgery (SCS) with second look surgery, which corresponds to the concept of damage control traumatology. The purpose was to conduct a comparative assessment of the effectiveness of SCS and single-stage stump suturing after lower limb amputation in servicemen with combat injuries, to assess the frequency of early complications and the timing of stump readiness for prosthetic treatment. **Materials and methods.** A retrospective-prospective clinical study was conducted in 136 servicemen with combat injuries of the lower limb due to mine-explosive injuries. Patients were divided into 2 groups of 68 people each. In the main group, staged stump wound closure was used: the first stage was deep tissue closure with or without myodesis; the second stage after 36–48 hours was wound revision, repeated surgical treatment and skin closure. In the control group, one-stage stump closure was performed. The frequency of early postoperative complications, the number of surgical interventions and the time of readiness for prosthetic treatment were assessed. **Results.** The overall incidence of early complications after stump suturing was significantly lower in the main group — 1.5 % compared to 20.6 %

in the control group ($p < 0.001$). The average time of stump readiness for prosthetic treatment was significantly shorter in the main group: 43.0 ± 4.7 days vs. 68.0 ± 6.4 days in the control group ($p < 0.001$). Kaplan-Meier analysis demonstrated faster achievement of stump readiness for prosthetic treatment in the main group (HR 2.85, 95 % CI 2.05–3.96, log-rank $p < 0.001$). According to the results of multivariate analysis, the SCS approach was an independent predictor of a decreased risk of postoperative complications (OR 0.08, 95% CI 0.01–0.52, $p = 0.02$). Despite the need for a second stage of stump wound closure, the total number of surgical interventions per patient was lower in the main group (6.4 ± 1.2 vs. 7.1 ± 1.8 , $p = 0.02$), which is due to the need for additional surgical interventions for complications in the control group. **Conclusions.** Staged stump suturing is an effective surgical tactic in combat amputations of the lower limb, which allows reducing the frequency of early complications, shortening the time of readiness of the stump for prosthetic treatment and reducing the need for repeated surgical interventions. The technique corresponds to modern principles of damage control traumatology and can be recommended for widespread use in military surgery. **Keywords:** mine-explosive trauma; combat injury; infection; amputation; stump; staged closure surgery; second look surgery; damage control surgery; prosthetic treatment; negative pressure wound therapy; war in Ukraine

Прогностичне значення факторів ризику в перебігу уросепсису

Резюме. Актуальність. Уросепсис — загрозна для життя органна дисфункція, спричинена порушенням регуляції відповіді на інфекцію сечовивідних шляхів. Основними факторами ризику розвитку уросепсису є обструкція сечових шляхів на будь-якому рівні, вроджені уропатії, нейрогенний сечовий міхур, а також ендоскопічні втручання на сечових шляхах. **Мета:** оцінка факторів ризику в пацієнтів з уросепсисом, що призводять до летального кінця. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективний аналіз факторів смертності від уросепсису 80 пацієнтів, яких було розподілено за віковим критерієм, визначеним ВООЗ, на 3 групи: I група ($n = 20$) — пацієнти середнього віку — від 46 до 60 років (середній вік $51,2 \pm 6,1$ року); II група ($n = 41$) — хворі похилого віку — від 60 до 75 років (середній вік $66,7 \pm 4,8$ року) та III група ($n = 19$) — пацієнти старечого віку — від 75 до 90 років (середній вік $78,5 \pm 3,1$ року). Дослідження проведено відповідно до вимог і критеріїв доказової медицини з дотриманням вимог Гельсінської декларації, схвалено комісією з біоетики Харківського національного медичного університету. **Результати.** При аналізі кореляційних взаємозв'язків факторів, що ускладнюють перебіг уросепсису, залежно від віку пацієнтів можна відзначити обернені середні кореляційні зв'язки між двобічною сечокам'яною хворобою та кардіологічною патологією ($r = -0,50$; $p = 0,02$) у пацієнтів середнього віку та прямий середній зв'язок між гнійним пієлонефритом і кардіологічною патологією ($r = 0,35$; $p = 0,02$) у пацієнтів похилого віку. Індекс коморбідності Charlson у пацієнтів середнього віку мав помірний кореляційний зв'язок з ожирінням ($r = 0,58$; $p = 0,007$) і цукровим діабетом ($r = 0,62$; $p = 0,003$), а у хворих похилого віку — тільки з кардіологічною патологією ($r = 0,42$; $p = 0,01$). Оцінка коморбідності за системою CIRS прямо корелювала із цукровим діабетом у пацієнтів як середнього віку ($r = 0,59$; $p = 0,006$), так і похилого ($r = 0,41$; $p = 0,01$). У хворих старечого віку був виявлений помірний кореляційний зв'язок між захворюваннями сечостатевої системи та кардіологічною патологією ($r = -0,54$; $p = 0,02$). **Висновки.** Найчастіше фактором ризику уросепсису була сечокам'яна хвороба (70 %). Тяжкий перебіг і летальність у пацієнтів обумовлені сильним кореляційним зв'язком і вірогідним впливом кардіологічної патології ($r = 0,80$; $p = 0,00003$), цукрового діабету ($r = 0,90$; $p < 0,001$) та ожиріння ($r = 0,93$; $p = 0,02$). Незважаючи на своєчасне надання стаціонарної медичної допомоги та виконання оперативних втручань: накладання пункційної нефростомії (43 %), виконання нефректомії (17,5 %) і декапсуляції нирки (13,8 %), через пізні звернення пацієнтів позитивного результату не було досягнуто.

Ключові слова: уросепсис; сечокам'яна хвороба; цукровий діабет; ожиріння; кардіальна патологія; фактори ризику

Вступ

Сепсис є однією з провідних причин смертності в усьому світі, особливо у випадку несвоєчасного розпізнавання й лікування. За даними ВООЗ, у 2017 році зареєстровано 49 мільйонів випадків сепсису, серед яких 41 % (20 мільйонів) усіх випадків спостерігалися се-

ред дітей віком до п'яти років, і 11 мільйонів смертей, пов'язаних із сепсисом, на них припадає приблизно 20 % від загальної смертності. Серед дорослих, які перенесли сепсис, кожен третій пацієнт помирає протягом року і кожен шостий проходить тривале лікування [1]. Внутрішньолікарняна смертність, пов'язана із сеп-

сисом, у країнах з високим рівнем доходу становить 15–25 % і досягає 30–40 % при септичному шоку [2].

Уросепсис — це сепсис, спричинений інфекціями сечовивідних шляхів, включно із циститом, або інфекціями нижніх сечовивідних шляхів і сечового міхура, пієлонефритом, або інфекціями верхніх сечовивідних шляхів і нирок. Майже 25 % випадків сепсису виникають у сечостатевому тракті [3]. Частка уросепсису становить 7 % серед усіх клінічних форм сепсису, при цьому 2/3 хворих — жінки. У 25 % випадків уросепсис є ускладненням гострого пієлонефриту [4]. Так само як і при інших формах сепсису, тяжкість захворювання визначається переважно станом імунної системи організму. Основними факторами ризику розвитку уросепсису є обструкція сечових шляхів на будь-якому рівні, вроджені уропатії, нейрогенний сечовий міхур, а також ендоскопічні втручання на сечових шляхах [5]. До найбільшого ризику схильні пацієнти старшого віку, із цукровим діабетом (ЦД), імуносупресією, хворі, які отримують протипухлинні хіміопрепарати або кортикостероїди [6].

Мета дослідження: оцінка факторів ризику в пацієнтів з уросепсисом, що призводять до летального кінця.

Матеріали та методи

Проведено ретроспективний аналіз факторів смертності від уросепсису 80 пацієнтів, які отримували лікування в умовах урологічних відділень КНП ХОР «Обласний медичний клінічний центр урології і нефрології ім. В.І. Шаповала», вони були розподілені на групи за віком, встановленим за критеріями ВООЗ, а саме: I група (n = 20) — пацієнти середнього віку — від 46 до 60 років (середній вік $51,2 \pm 6,1$ року); II група (n = 41) — хворі похилого віку — від 60 до 75 років (середній вік $66,7 \pm 4,8$ року) та III група (n = 19) — пацієнти старечого віку — від 75 до 90 років (середній вік $78,5 \pm 3,1$ року).

Щодо розподілу хворих за віком і статтю можна відзначити, що в I групі превалювали жінки (55 %), у II групі — чоловіки, яких було 58,5 %, у III групі жінок і чоловіків було 52,6 і 47,4 % відповідно. Тривалість основного захворювання в I групі варіювала від 1 до 90 діб (у середньому $11,3 \pm 8,8$ доби), а зі збільшенням віку збільшувався показник тривалості захворювання: у II групі — від 1 доби до 1 року (у середньому $23,2 \pm 20,4$ доби), а в III групі — від 2 діб до року ($26,8 \pm 23,7$ доби в середньому).

Дослідження проведено відповідно до вимог і критеріїв доказової медицини з дотриманням вимог Гельсінської декларації, схвалено комісією з біоетики ХНМУ.

Статистична обробка отриманих результатів здійснювалась в електронних таблицях Microsoft Office Excel 2016. Статистичний аналіз проводився з використанням програми Statistica 10 (розробник — StatSoft, Inc.). Використовували методи параметричної та непараметричної статистики. Кількісні дані наведені у вигляді $M \pm \delta$, де M — середнє, δ — стандартна помилка середнього. Кореляційний аналіз виконували з розрахунком коефіцієнта Спірмена (значення г 0,1–0,3 відповідали слабкому зв'язку; 0,4–0,7 — помірному; 0,7–1,0 — сильному).

Результати

При визначенні структури коморбідних станів зазначено, що незалежно від віку в усіх групах превалювали сечокам'яна хвороба (СКХ) — 56 (70 %) від загальної кількості пацієнтів, і кардіологічна патологія (КП) — також 56 (70 %). Другим за поширеністю був цукровий діабет — загалом у 35 (43,8 %) хворих. На ожиріння (ОЖ), що констатували за індексом маси тіла, скаржилися 33 (41,3 %) пацієнти. Необхідно зазначити, що індекс коморбідності Charlson збільшувався з віком — $3,15 \pm 1,6$ у пацієнтів середнього віку (I група), $5,5 \pm 1,8$ — у хворих похилого віку (II група) і $6,4 \pm 0,9$ — у пацієнтів старечого віку (III група) (табл. 1).

Отже, до найчастіших соматичних захворювань у пацієнтів з уросепсисом були віднесені сечокам'яна хвороба, кардіологічна патологія, цукровий діабет та ожиріння. Тому ми вважали за потрібне визначити кореляційні зв'язки між цими захворюваннями та іншою супутньою патологією, що ускладнювала інфекцію сечовивідних шляхів залежно від віку пацієнтів.

Аналізуючи взаємозв'язок факторів, що ускладнюють перебіг уросепсису, із супутніми захворюваннями залежно від віку пацієнтів, виявили, що існує прямий помірний зв'язок між ожирінням і цукровим діабетом у пацієнтів середнього віку ($r = 0,52$; $p = 0,02$) і сильний — у пацієнтів похилого віку ($r = 0,82$; $p < 0,001$) (табл. 2).

Індекс коморбідності Charlson у пацієнтів середнього віку мав помірний кореляційний зв'язок з ожирінням ($r = 0,58$; $p = 0,007$) і цукровим діабетом ($r = 0,62$; $p = 0,003$), а у хворих похилого віку — тільки з кардіологічною патологією ($r = 0,42$; $p = 0,01$). Оцінка коморбідності за системою CIRS прямо корелювала із цукровим діабетом у пацієнтів як середнього віку ($r = 0,59$; $p = 0,006$), так і похилого ($r = 0,41$; $p = 0,01$). У хворих старечого віку був виявлений помірний кореляційний зв'язок між захворюваннями сечостатевої системи та кардіологічною патологією ($r = -0,54$; $p = 0,02$) (табл. 2).

Через те, що 56 (70 %) пацієнтів були госпіталізовані з приводу сечокам'яної хвороби, найбільшу частку оперативних втручань становила нефростомія, яка виконувалась у 10 (50 %) пацієнтів у I групі, 13 (31,7 %) — у II групі та 10 (52,6 %) — у III групі. Другою за частотою виконували нефректомію через наявність коралоподібних каменів, блокуючих каменів сечоводів і мисково-сечовідних сегментів, що ускладнилися гнійним обструктивним пієлонефритом, — 5, 14,6 і 36,8 % пацієнтів відповідно по групах, що від загальної кількості пацієнтів становило 17,5 % (14 пацієнтів). Приводом для декапсуляції нирки та нефростомії, третьою за частотою виконання, був гострий гнійний пієлонефрит, що виник на тлі каменя миски, блокуючого каменя сечоводу тощо, — 30, 2,4 і 21,1 % відповідно по групах. Загальна кількість виконаних декапсуляцій нирок досягла 11 (13,8 %) (табл. 3).

У структурі планових оперативних втручань превалювало виконання пієлолітотомії — у 8 (10 %), уретеролітотрипсії — у 7 (8,6 %) і відкритої простатектомії — у 5 (6,2 %) пацієнтів, що ускладнилися розвитком уросепсису (табл. 4).

Отже, до найчастіших соматичних захворювань у пацієнтів з уросепсисом були віднесені кардіологічна патологія, цукровий діабет та ожиріння, а серед найчастіших оперативних втручань виконували нефростомію, нефректомію та декапсуляцію нирки.

Шляхом проведення аналізу результатів патологоанатомічного розтину було виявлено, що у хворих з уросепсисом, який супроводжувався поліорганною не-

достатністю, найчастіше спостерігалися: гнійний однобічний пієлонефрит — у 70, 65,9 і 52,6 % і гнійні ураження органів шлунково-кишкового тракту (ШКТ) — 60, 68,3 і 68,4 % відповідно в групі середнього, похилого і старечого віку (табл. 5).

Розглядаючи кореляційні зв'язки факторів, що ускладнюють перебіг уросепсису, залежно від віку пацієнта, визначили обернений середній кореляційний

Таблиця 1. Структура коморбідних станів пацієнтів, n (%)

Коморбідні стани	I група (n = 20)	II група (n = 41)	III група (n = 19)	Разом (n = 80)
Сечокам'яна хвороба	15 (75)	26 (63,4)	15 (78,9)	56 (70)
Захворювання сечостатевої системи (стриктура уретри й сечоводів, гіперплазія передміхурової залози, обструкція шийки сечового міхура)	2 (10)	5 (12,2)	3 (15,8)	10 (12,5)
Серцево-судинні захворювання	11 (55)	27 (65,8)	18 (94,7)	56 (70)
Цукровий діабет	8 (40)	18 (43,9)	9 (47,4)	35 (43,8)
Ожиріння	10 (50)	15 (36,6)	8 (42,1)	33 (41,3)
Хронічна ниркова недостатність	2 (10)	4 (9,8)	2 (10,5)	8 (10)
Захворювання шлунково-кишкового тракту	3 (15)	4 (9,8)	1 (5,2)	8(10)
Анемія	2 (10)	3 (7,3)	1 (5,2)	6 (7,5)
Онкологічна патологія	0	5 (12,2)	1 (5,2)	6 (7,5)
Індекс маси тіла, бали	31,7 ± 5,7	28,7 ± 4,5	27,8 ± 3,7	29,2 ± 4,8
Індекс коморбідності Charlson, бали	3,15 ± 1,6	5,5 ± 1,8	6,4 ± 0,9	5,6 ± 1,4
Оцінка коморбідності за системою CIRS, бали	7,3 ± 3,9	7,9 ± 3,3	8,9 ± 1,9	8,4 ± 2,7

Таблиця 2. Взаємозв'язок факторів, що ускладнюють перебіг уросепсису, із супутніми захворюваннями залежно від віку (n = 80)

Супутні захворювання	I група (n = 20)			II група (n = 41)			III група (n = 19)		
	ОЖ	ЦД	КП	ОЖ	ЦД	КП	ОЖ	ЦД	КП
Цукровий діабет	r = 0,52* p = 0,02	r = 0,90* p < 0,001	r = 0,24 p = 0,30	r = 0,00 p = 1,00	r = 0,82* p < 0,001	r = 0,08 p = 0,63	r = 0,04 p = 0,86	r = 1,00	r = 0,22 p = 0,36
Серцево-судинні захворювання	r = 0,30 p = 0,20	r = 0,12 p = 0,61	r = 0,80* p = 0,00003	r = -0,09 p = 0,58	r = -0,18 p = 0,26	r = 0,68* p = 0,000001	r = 0,20 p = 0,41	r = 0,22 p = 0,36	r = 1,00
Захворювання сечостатевої системи	r = 0,00 p = 1,00	r = 0,07 p = 0,78	r = -0,03 p = 0,89	r = -0,12 p = 0,45	r = -0,17 p = 0,28	r = -0,28 p = 0,07	r = -0,08 p = 0,75	r = -0,12 p = 0,62	r = -0,54* p = 0,02
Ожиріння	r = 1,00	r = 0,41 p = 0,07	r = 0,10 p = 0,67	r = 0,95* p < 0,001	r = -0,10 p = 0,52	r = 0,19 p = 0,22	r = 1,00	r = 0,04 p = 0,86	r = 0,20 p = 0,41
Індекс коморбідності Charlson, бали	r = 0,58* p = 0,007	r = 0,62* p = 0,003	r = 0,32 p = 0,17	r = -0,24 p = 0,13	r = 0,15 p = 0,34	r = 0,42* p = 0,01	r = 0,06 p = 0,82	r = 0,25 p = 0,31	r = 0,37 p = 0,13
Оцінка коморбідності за системою CIRS, бали	r = 0,66* p = 0,002	r = 0,59* p = 0,006	r = 0,41 p = 0,08	r = -0,02 p = 0,92	r = 0,38* p = 0,01	r = 0,41* p = 0,01	r = -0,01 p = 0,96	r = 0,42 p = 0,08	r = 0,17 p = 0,50

Примітка: * — P < 0,05.

зв'язок цукрового діабету із захворюваннями дихальної системи в пацієнтів середнього віку ($r = -0,53$; $p = 0,02$) і прямий середній зв'язок одностороннього гнійного пієлонефриту з кардіологічною патологією в пацієнтів похилого віку ($r = 0,51$; $p = 0,0006$). Також було визначено обернені середні кореляційні зв'язки між двобічною СКХ і кардіологічною патологією ($r = -0,50$; $p = 0,02$) у пацієнтів середнього віку та прямий середній зв'язок між гнійним пієлонефритом і кардіологічною патологією ($r = 0,35$; $p = 0,02$) у пацієнтів похилого віку (табл. 6).

Обговорення

Результати дослідження D. Sinapidis [7] чітко показали, що супутні захворювання значно збільшують ризик сепсису та несприятливого результату після 28 днів і цей ефект значно варіює залежно від кількості існуючих супутніх захворювань. При використанні індексу Charlson як вираження сукупності супутніх захворювань пацієнта було виявлено, що схильність як до розвитку сепсису,

так і до летального кінця після 28 днів була набагато більшою в разі значення > 2 при внутрішньочеревних інфекціях порівняно з будь-яким іншим типом інфекції. Щодо впливу окремих супутніх захворювань, зокрема цукрового діабету 2-го типу, хронічної хвороби нирок і деменції, то вони були пов'язані з ризиком сепсису майже при всіх типах інфекцій [8].

Існує велика різниця між схильністю до інфекції та схильністю до запалення. Багато досліджень показали роль цукрового діабету 2-го типу, солідних пухлин і гематологічних злоякісних новоутворень, цирозу печінки, фібриляції передсердь та ішемічної хвороби серця в розвитку схильності до інфекцій [9, 10].

Вікові зміни в імунній системі, також відомі як імуностаріння, підвищують вразливість літніх людей до зараження інфекцією, але знижують їх імунну відповідь. Існує безліч складних факторів, які сприяють імуностарінню та збільшують ризик розвитку сепсису в літніх людей [11].

Таблиця 3. Структура ургентних оперативних втручань, n (%)

Види оперативних втручань	I група (n = 20)	II група (n = 41)	III група (n = 19)	Разом (n = 80)
Нефростомія	10 (50)	13 (31,7)	10 (52,6)	33 (41,3)
Нефректомія	1 (5)	6 (14,6)	7 (36,8)	14 (17,5)
Декапсуляція	6 (30)	1 (2,4)	4 (21,1)	11 (13,8)
Стентування нирки	1 (5)	3 (7,3)	3 (15,8)	7 (8,7)

Таблиця 4. Структура планових оперативних втручань, n (%)

Види оперативних втручань	I група (n = 20)	II група (n = 41)	III група (n = 19)	Разом (n = 80)
Пієлолітотомія	4 (20)	3 (7,3)	1 (5,2)	8 (10)
Уретеролітотрипсія	2 (10)	3 (7,3)	2 (10,5)	7 (8,7)
Відкрита простатектомія	0	2 (4,8)	3 (15,8)	5 (6,3)

Таблиця 5. Септичні ускладнення, що призвели до летального кінця, n (%)

Септичні ускладнення	I група (n = 20)	II група (n = 41)	III група (n = 19)	Разом (n = 80)
Односторонній гнійний пієлонефрит	14 (70)	27 (65,9)	10 (52,6)	51 (63,8)
Двобічний гнійний пієлонефрит	6 (30)	14 (34,1)	9 (47,4)	29 (36,3)
Септичний вогнищевий міокардит	9 (45)	26 (63,4)	13 (68,4)	48 (60)
Септичні ураження органів ШКТ	12 (60)	28 (68,3)	13 (68,4)	53 (66,3)
Двобічна гнійна пневмонія	6 (30)	18 (43,9)	10 (52,6)	34 (42,5)

Таблиця 6. Взаємозв'язок факторів, що ускладнюють перебіг уросепсису, з основним діагнозом залежно від віку пацієнтів (n = 80)

Нозологія	I група (n = 20)			II група (n = 41)			III група (n = 19)		
	ОЖ	ЦД	КП	ОЖ	ЦД	КП	ОЖ	ЦД	КП
Двобічна СКХ	$r = 0,22$ $p = 0,36$	$r = -0,09$ $p = 0,71$	$r = -0,50^*$ $p = 0,02$	$r = 0,19$ $p = 0,24$	$r = -0,17$ $p = 0,28$	$r = 0,22$ $p = 0,16$	$r = -0,30$ $p = 0,22$	$r = -0,17$ $p = 0,49$	$r = 0,20$ $p = 0,41$
Гнійний пієлонефрит	$r = 0,31$ $p = 0,18$	$r = 0,17$ $p = 0,47$	$r = -0,03$ $p = 0,89$	$r = 0,15$ $p = 0,35$	$r = 0,22$ $p = 0,17$	$r = 0,35^*$ $p = 0,02$	$r = 0,37$ $p = 0,12$	$r = 0,12$ $p = 0,62$	$r = -0,10$ $p = 0,68$

Примітка: * — $P < 0,05$.

Зв'язок між сепсисом і вже існуючими серцево-судинними або метаболічними захворюваннями все частіше визнається двонаправленим і синергічним. У пацієнтів із цукровим діабетом 2-го типу та гіпертензією спостерігається хронічна ендотеліальна дисфункція, низький рівень запалення та порушена імунна відповідь, що разом підвищує схильність до тяжкого сепсису [12]. Гіперглікемія стимулює ендотеліальну функцію, сприяє адгезії лейкоцитів, виробленню цитокінів і пошкодженню мікросудин, що є ключовими ознаками патогенезу сепсису [13]. Аналогічно гіпертензія призводить до ремоделювання судин і порушення регуляції мікроциркуляторного русла, що посилює гіпотензію, викликану сепсисом, і гіпоперфузію органів [14].

У багатьох дослідженнях значна поширеність цукрового діабету 2-го типу та гіпертензії серед пацієнтів із сепсисом у відділенні інтенсивної терапії підтверджує зв'язок цих супутніх захворювань з поганими результатами сепсису [15].

На думку N. Petrosillo та співавт., профілактика сепсису залежить від швидкої та своєчасної діагностики інфекцій сечовивідних шляхів, раннього виявлення збудника, усунення перешкод і контролю джерела, належного й адекватного емпіричного/цільового антимікробного лікування. Зокрема, контроль джерела, тобто видалення перешкод сечовивідних шляхів, інфікованих стентів, сечових катетерів, нефростом і дренування гідронекрозу/абсцесу, є важливим для запобігання розвитку та прогресуванню сепсису [14].

Перспективи подальших досліджень. Подальше вивчення етіологічних факторів, лабораторних даних і коморбідності пацієнтів із сечокам'яною хворобою дасть змогу з'ясувати варіанти перебігу уросепсису й визначити правильний лікувально-діагностичний алгоритм і подальше лікування.

Висновки

1. Найчастіше фактором ризику уросепсису слугувала сечокам'яна хвороба (70 %). Тяжкий перебіг і летальність у пацієнтів обумовлені сильним кореляційним зв'язком і вірогідним впливом кардіологічної патології ($r = 0,80$; $p = 0,00003$), цукрового діабету ($r = 0,90$; $p < 0,001$) та ожиріння ($r = 0,93$; $p = 0,02$). Незважаючи на своєчасне надання стаціонарної медичної допомоги та виконання оперативних втручань: накладання пункційної нефростомії (43 %), виконання нефректомії (17,5 %) і декапсуляції нирки (13,8 %), через пізнє звернення пацієнтів позитивного результату не було досягнуто.

2. Індекс коморбідності Charlson у пацієнтів середнього віку мав помірний кореляційний зв'язок з ожирінням ($r = 0,58$; $p = 0,007$) і цукровим діабетом ($r = 0,62$; $p = 0,003$), а у хворих похилого віку — тільки з кардіологічною патологією ($r = 0,42$; $p = 0,01$).

3. Оцінка коморбідності за системою CIRS прямо корелювала із цукровим діабетом у пацієнтів як середнього віку ($r = 0,59$; $p = 0,006$), так і похилого ($r = 0,41$; $p = 0,01$). У хворих старечого віку був виявлений помірний кореляційний зв'язок між захворюваннями

сечостатевої системи та кардіологічною патологією ($r = -0,54$; $p = 0,02$).

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

Етичні норми. Усі процедури, які виконувалися, відповідали етичним стандартам закладу щодо клінічної практики, Гельсінській декларації 1964 р. з поправками і Загальній декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО).

Внесок авторів. Антонян І.М. — концепція дослідження; Геглюк О.М. — збирання й обробка матеріалів, написання тексту.

Список літератури

1. World Health Organization. *Global report on the epidemiology and burden of sepsis: current evidence, identifying gaps and future directions*. Geneva (CH): World Health Organization; 2020. 55 p. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240010789>.
2. Wang C, Xu R, Zeng Y, Zhao Y, Hu X. A comparison of qSOFA, SIRS and NEWS in predicting the accuracy of mortality in patients with suspected sepsis: A meta-analysis. *PLoS One*. 2022 Apr 15;17(4):e0266755. doi: 10.1371/journal.pone.0266755. PMID: 35427367; PMCID: PMC9012380.
3. Porat A, Bhutta BS, Kesler S. Urosepsis. 2023 Aug 17. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan—. PMID: 29493969.
4. Guliciuc M, Maier AC, Maier IM, Kraft A, Cucuruzac RR, Marinescu M, et al. The Urosepsis-A Literature Review. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Aug 25;57(9):872. doi: 10.3390/medicina57090872. PMID: 34577795; PMCID: PMC8468212.
5. Chugh S, Pietropaolo A, Montanari E, Sarica K, Somani BK. Predictors of Urinary Infections and Urosepsis After Ureteroscopy for Stone Disease: a Systematic Review from EAU Section of Urolithiasis (EULIS). *Curr Urol Rep*. 2020 Mar 24;21(4):16. doi: 10.1007/s11934-020-0969-2. PMID: 32211969.
6. Tandogdu Z, Koves B, Ristovski S, Balci MBC, Rennesund K, Gravas S, et al. Urosepsis 30-day mortality, morbidity, and their risk factors: SERPENS study, a prospective, observational multi-center study. *World J Urol*. 2024 May 10;42(1):314. doi: 10.1007/s00345-024-04979-2. PMID: 38730089; PMCID: PMC11087335.
7. Sinapidis D, Kosmas V, Vittorios V, Koutelidakis IM, Pantazi A, Stefanos A, et al. Progression into sepsis: an individualized process varying by the interaction of comorbidities with the underlying infection. *BMC Infect Dis*. 2018 May 29;18(1):242. doi: 10.1186/s12879-018-3156-z.
8. Kuttub HI, Lykins JD, Hughes MD, Wroblewski K, Keast EP, Kukoyi O, et al. Evaluation and Predictors of Fluid Resuscitation in Patients With Severe Sepsis and Septic Shock. *Crit Care Med*. 2019 Nov;47(11):1582-90. doi: 10.1097/CCM.0000000000003960.
9. Trevelin SC, Carlos D, Beretta M, da Silva JS, Cunha FQ. Diabetes mellitus and Sepsis: a challenging association. *Shock*. 2017;47(3):276-87. doi: 10.1097/SHK.0000000000000778.
10. Thomas-Rüddel DO, Fröhlich H, Schwarzkopf D, Bloos F, Riessen R. Sepsis and underlying comorbidities in intensive care unit patients: Analysis of the cause of death by different clinicians — a pilot study. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2024 Mar;119(2):123-8. doi: 10.1007/s00063-023-01037-4.

11. van der Poll T, van de Veerdonk FL, et al. The immunopathology of sepsis and potential therapeutic targets. *Nat Rev Immunol.* 2017;17(7):407-20. doi: 10.1038/nri.2017.36.

12. Roy A, Krishnasamy V, Mitra S, Banerjee S, Dutta TK, Kumar NS, et al. Impact of cardiovascular and metabolic comorbidities on severity and outcomes of hospital-acquired sepsis in intensive care patients: a case-control study. *BMC Infect Dis.* 2026 Feb 2;26(1):474. doi: 10.1186/s12879-026-12704-0.

13. Jiang L, Cheng M. Impact of diabetes mellitus on outcomes of patients with sepsis: an updated systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr.* 2022 Mar 5;14(1):39. doi: 10.1186/s13098-022-00803-2. PMID: 35248158; PMCID: PMC8898404.

14. Petrosillo N, Granata G, Boyle B, Doyle MM, Pinchera B, Taglietti F. Preventing sepsis development in complicated urinary tract

infections. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2020 Jan;18(1):47-61. doi: 10.1080/14787210.2020.1700794. PMID: 31795788.

15. Ahlberg CD, Wallam S, Tirba LA, Itumba SN, Gorman L, Galiatsatos P. Linking Sepsis with chronic arterial hypertension, diabetes mellitus, and socioeconomic factors in the United States: A scoping review. *J Crit Care.* 2023 Oct;77:154324. doi: 10.1016/j.jcrc.2023.154324.

16. Petrosillo N, Granata G, Boyle B, Doyle MM, Pinchera B, Taglietti F. Preventing sepsis development in complicated urinary tract infections. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2020 Jan;18(1):47-61. doi: 10.1080/14787210.2020.1700794. PMID: 31795788.

Отримано/Received 28.05.2026

Рецензовано/Revised 01.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 12.07.2026

Information about authors

Ihor M. Antonian, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Urology and Pediatric Urology, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: im.antonian@gmail.com; phone: +380 (50) 343-42-52; <https://orcid.org/0000-0002-5594-6210>

Oksana M. Hehliuk, PhD in Medicine, Assistant, Department of Urology and Pediatric Urology, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: oksanagegluk@gmail.com; phone: +380 (99) 228-46-34; <https://orcid.org/0009-0005-9810-0011>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The study has no external funding sources.

Ethical norms. All procedures performed complied with the institution's ethical standards for clinical practice, the 1964 Declaration of Helsinki as amended, and the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights (UNESCO).

Authors' contribution. I.M. Antonian — research concept; O.M. Hehliuk — collecting and processing materials, writing text.

I.M. Antonian, O.M. Hehliuk

Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

The prognostic significance of risk factors for the progression of urosepsis

Abstract. Background. Urosepsis is a life-threatening organ dysfunction caused by a disruption in the regulation of the response to a urinary tract infection. The main risk factors for the development of urosepsis are urinary tract obstruction at any level, congenital uropathies, neurogenic bladder, and endoscopic procedures on the urinary tract. The purpose of the study was to assess risk factors leading to fatal outcomes in patients with urosepsis. **Materials and methods.** A retrospective analysis was conducted of the factors contributing to mortality from urosepsis in 80 patients, who were divided into three groups based on the age criteria defined by the WHO: group I (n = 20) — middle-aged patients, from 46 to 60 years (mean age 51.2 ± 6.1 years); group II (n = 41) — elderly patients aged 60 to 75 years (66.7 ± 4.8 years) and group III (n = 19) — senile patients aged 75 to 90 years (78.5 ± 3.1 years). The study was conducted in accordance with the requirements and criteria of evidence-based medicine, in compliance with the Declaration of Helsinki, and was approved by the Bioethics Committee of Kharkiv National Medical University. **Results.** When analyzing the relationship between factors complicating the course of urosepsis depending on the patients' age, inverse moderate correlations can be noted between bilateral urolithiasis and cardiac pathology ($r = -0.50$, $p = 0.02$) in middle-aged

patients and a positive moderate correlation between pyelonephritis and cardiac pathology ($r = 0.35$, $p = 0.02$) in elderly patients. The Charlson Comorbidity Index in middle-aged patients showed a moderate correlation with obesity ($r = 0.58$, $p = 0.007$) and diabetes mellitus ($r = 0.62$, $p = 0.003$), whilst in the elderly, it was associated only with cardiac pathology ($r = 0.42$, $p = 0.01$). The CIRS comorbidity score correlated directly with diabetes mellitus in both middle-aged ($r = 0.59$, $p = 0.006$) and elderly ($r = 0.41$, $p = 0.01$) patients. As for senile patients, a moderate correlation was found between genitourinary diseases and cardiac pathology ($r = -0.54$; $p = 0.02$). **Conclusions.** The most common risk factor for urosepsis was urolithiasis (70 %). The severe course and mortality in patients were due to a high correlation and significant influence of cardiac pathology ($r = 0.80$, $p = 0.00003$), diabetes mellitus ($r = 0.90$, $p < 0.001$) and obesity ($r = 0.93$, $p = 0.02$). Despite the timely provision of inpatient medical care and conducting surgical interventions, including percutaneous nephrostomy (43 %), nephrectomy (17.5 %) and renal decapsulation (13.8 %), no positive outcome was achieved due to patients presenting late.

Keywords: urosepsis; urolithiasis; diabetes mellitus; obesity; cardiac pathology; risk factors

УДК 614.88:616.12-008.318-083.98

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2037>Цимбалюк Г.Ю.^{1,2}, Черватюк А.М.², Крилюк В.О.¹, Денисюк Ю.А.²¹ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України», м. Київ, Україна²Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна

Оцінка якості виконання розширених реанімаційних заходів бригадами екстреної медичної допомоги: обсерваційне дослідження в умовах клінічних симуляційних сценаріїв

Резюме. Актуальність. Раптова зупинка кровообігу залишається однією з провідних причин смертності, а якість виконання розширених реанімаційних заходів (Advanced Life Support, ALS) на догоспітальному етапі є важливим чинником, що потенційно впливає на результати допомоги пацієнтам. Рекомендації Європейської ради реанімації (European Resuscitation Council, ERC) підкреслюють необхідність поєднання високоякісних технічних навичок і ефективної командної взаємодії для забезпечення належної якості реанімаційної допомоги. Водночас дані щодо об'єктивної оцінки якості виконання ALS бригадами екстреної медичної допомоги у стандартизованих симуляційних умовах залишаються обмеженими. **Мета:** провести комплексну оцінку якості виконання розширених реанімаційних заходів бригадами екстреної медичної допомоги в умовах стандартизованих симуляційних сценаріїв із використанням критеріїв, заснованих на рекомендаціях ERC. **Матеріали та методи.** В обсерваційному аналітичному дослідженні взяли участь 25 бригад екстреної медичної допомоги в рамках національного чемпіонату, проведеного у травні 2025 року. Бригади виконували один із 13 реалістичних сценаріїв раптової зупинки кровообігу у дорослого пацієнта, спричинених різними критичними станами. Оцінювання проводили за чотирма блоками: діагностика (30 %), тактика ведення пацієнта (40 %), використання додаткових ресурсів (10 %) та нетехнічні навички (Non-Technical Skills, NTS; 20 %). Якість компресій грудної клітки оцінювали за об'єктивними параметрами, зареєстрованими вбудованими системами моніторингу високореалістичних манекенів-симуляторів. Для аналізу взаємозв'язків між показниками використовували коефіцієнт кореляції Спірмена (ρ). **Результати.** Середній інтегральний показник виконання ALS становив 66 % від максимально можливого бала (діапазон 4–85 %). Найвищу точність зафіксовано на етапі оцінки безпеки та первинного враження про пацієнта (96,2 %). Під час першого аналізу серцевого ритму коректність дій становила 80,9 %, однак під час подальших повторних оцінок вона поступово знижувалася і на п'ятому аналізі досягла 54,0 %. Відновлення спонтанного кровообігу (Return of Spontaneous Circulation, ROSC) було досягнуто у 57,8 % бригад. Середня якість компресій грудної клітки становила 74,3 %. Коректне усунення оборотних причин раптової зупинки кровообігу за принципом 4Н/4Т продемонстрували 38,5 % бригад, а повноцінну післяреанімаційну підтримку — 28,6 %. У блоці NTS найнижчий показник отримано за доменом ухвалення рішень (30,5 %); ознаки фіксаційної помилки, або так званої групової сліпоты, виявлено у 23,0 % бригад. Кореляційний аналіз показав статистично значущий зв'язок між загальним балом NTS та ефективністю виконання ALS ($\rho = 0,58$; $p < 0,01$), а також між загальним балом NTS і досягненням ROSC ($\rho = 0,55$; $p = 0,01$). Лідерські якості позитивно корелювали з якістю компресій грудної клітки ($\rho = 0,46$;

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Цимбалюк Галина Юріївна, кандидат медичних наук, керівник відділу стандартів, професійного розвитку та контролю якості в системі екстреної медичної допомоги, ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України», вул. Братиславська, 3, м. Київ, 02166, Україна; e-mail: tsymbaliuk_gy@tdmu.edu.ua, galunadoc@gmail.com; тел.: +380 (97) 488-76-13; доцент, кафедра екстреної та симуляційної медицини, Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, майдан Воли, 1, м. Тернопіль, 46001, Україна

For correspondence: Halyna Tsybaliuk, PhD in Medicine, Head of the Department of Standards, Professional Development and Quality Control in Emergency Medical Services, Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of MHU, Bratislavskaya st., 3, Kyiv, 02166, Ukraine; e-mail: tsymbaliuk_gy@tdmu.edu.ua, galunadoc@gmail.com; phone: +380 (97) 488-76-13; Associate Professor, Department of Emergency and Simulation Medicine, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Maidan Voli sq., 1, Ternopil, 46001, Ukraine

Full list of authors information is available at the end of the article.

$p = 0,02$), а ситуаційна обізнаність — із розпізнаванням оборотних причин зупинки кровообігу ($p = 0,63$; $p < 0,01$). **Висновки.** Результати дослідження свідчать, що стандартизовані симуляційні сценарії можуть бути ефективним інструментом оцінки якості виконання ALS бригадами екстреної медичної допомоги відповідно до критеріїв, заснованих на рекомендаціях ERC. Виявлені взаємозв'язки між нетехнічними навичками та ефективністю реанімаційних дій підкреслюють доцільність їх цілеспрямованої інтеграції в програми навчання та безперервного професійного розвитку персоналу екстреної медичної допомоги.

Ключові слова: екстрена медична допомога; серцево-легенева реанімація; розширені реанімаційні заходи; симуляційне навчання; нетехнічні навички

Вступ

Раптова зупинка кровообігу (РЗК) залишається однією з провідних причин смертності у світі, а ефективність серцево-легеневої реанімації (СЛР) на догоспітальному етапі суттєво впливає на виживання пацієнтів та їхній неврологічний прогноз. Показники виживання після догоспітальної РЗК відрізняються між регіонами та організаційними моделями надання екстреної медичної допомоги, що свідчить про наявність модифікованих чинників, пов'язаних із якістю реанімаційної допомоги, організацією роботи системи екстреної медичної допомоги (ЕМД) та рівнем підготовки персоналу [1, 2].

Згідно з сучасними рекомендаціями Європейської ради реанімації (European Resuscitation Council, ERC), розширені реанімаційні заходи (Advanced Life Support, ALS) розглядаються як комплекс узгоджених технічних дій і нетехнічних навичок. Ключовими компонентами ефективної СЛР є високоякісні компресії грудної клітки, мінімізація пауз, своєчасна дефібриляція, ефективне управління дихальними шляхами, застосування лікарських засобів за показаннями, а також системне розпізнавання та усунення оборотних причин зупинки кровообігу за принципом 4Н/4Т [3, 4]. Якість компресій грудної клітки залежить від правильного положення рук, адекватної глибини й частоти компресій, а також повного повернення грудної клітки у вихідне положення після кожної компресії. Дотримання цих принципів у поєднанні з ефективною командною взаємодією асоціюється зі зростанням імовірності відновлення спонтанного кровообігу (Return of Spontaneous Circulation, ROSC) та поліпшенням подальших результатів у пацієнтів після РЗК [4, 5].

Попри наявність стандартизованих алгоритмів, у реальній практиці бригади ЕМД можуть демонструвати зниження якості технічних елементів СЛР і труднощі в ухваленні тактичних рішень, особливо в умовах високого когнітивного навантаження, дефіциту часу та стресу [6, 7]. Це підкреслює потребу не лише у знанні алгоритмів, а й у регулярному практичному відпрацюванні технічних і нетехнічних компонентів ALS.

Симуляційне навчання є одним із ключових інструментів підвищення компетентності медичних працівників, оскільки воно дозволяє відпрацьовувати критичні клінічні ситуації в безпечному та контрольованому середовищі [8, 9]. Дослідження останніх років демонструють, що комплексні симуляційні програми, які поєднують командні тренінги, практичні сценарії та структурований зворотний зв'язок, можуть поліпшувати якість СЛР, координацію дій і командний менеджмент під час критичних ситуацій. Окремі дані також свідчать,

що симуляційне навчання безпосередньо в реальному робочому середовищі (*in situ simulation*) може сприяти підвищенню якості виконання реанімаційних заходів і впевненості персоналу [10, 11].

Окремий напрям сучасного симуляційного навчання становлять технологічно посилені формати, зокрема використання розширеної реальності, що включає доповнену та змішану реальність. За даними метааналізу, застосування таких технологій може покращувати окремі показники якості компресій грудної клітки, зокрема їх глибину та повне повернення грудної клітки у вихідне положення після компресії, забезпечуючи більш інтерактивний і гнучкий формат навчання [12].

Водночас ефективність ALS визначається не лише технічними навичками. Важливе значення мають нетехнічні навички (Non-Technical Skills, NTS), зокрема лідерство, командна взаємодія, ситуаційна обізнаність і ухвалення рішень. Сучасні дослідження підтверджують, що цілеспрямоване тренування командних компетенцій асоціюється з поліпшенням як технічних показників СЛР, так і загальної ефективності командної взаємодії, водночас підкреслюючи потребу в подальшому вивченні оптимальних способів інтеграції NTS у програми підготовки [13–16].

Симуляційні змагання є перспективним освітньо-оцінювальним форматом, який дозволяє аналізувати не лише технічну якість виконання ALS, а й процеси ухвалення рішень, командну взаємодію та адаптивність бригад в умовах контрольованого стресу. Таке середовище частково відтворює складність реальних догоспітальних викликів і може бути використане для виявлення прогалин у підготовці бригад ЕМД [17–19].

Отже, існує потреба в об'єктивній стандартизованій оцінці якості виконання ALS бригадами екстреної медичної допомоги із застосуванням критеріїв, заснованих на рекомендаціях ERC. Такий підхід може сприяти виявленню ключових прогалин у технічних і нетехнічних компонентах реанімаційної допомоги та подальшій оптимізації програм безперервного професійного розвитку.

Метою дослідження було проведення комплексної оцінки якості виконання розширених реанімаційних заходів бригадами екстреної медичної допомоги в умовах стандартизованих симуляційних сценаріїв із використанням критеріїв, заснованих на рекомендаціях Європейської ради реанімації.

Матеріали та методи

Дизайн дослідження. Дослідження проведено в рамках Національного чемпіонату бригад екстреної медичної допомоги як обсерваційне аналітичне дослідження з

освітньо-симуляційним дизайном. Критерії оцінювання були сформовані на основі рекомендацій Європейської ради реанімації щодо розширеної підтримки життя у дорослих.

Учасники дослідження. У дослідженні взяли участь 25 бригад ЕМД, які представляли обласні центри екстреної медичної допомоги України. Кожна бригада складалася з трьох осіб: двох медичних працівників (лікар або пара-медик) та одного екстреного медичного техніка.

Перед участю в чемпіонаті всі учасники проходили підготовку на базі навчально-тренувальних відділів центрів екстреної медичної допомоги під керівництвом сертифікованих інструкторів. Підготовка включала відпрацювання клінічних алгоритмів ALS та практичних навичок надання допомоги при РЗК. Безпосередньо під час чемпіонату всі бригади мали можливість ознайомитися з високореалістичними манекенами-симуляторами, які використовувалися у конкурсних сценаріях, а також виконати тренувальні вправи для адаптації до їх технічних характеристик.

Симуляційні сценарії. Оцінювання проводилося під час виконання конкурсного завдання з менеджменту дорослого пацієнта в стані РЗК. Для цього було розроблено 13 клінічних симуляційних сценаріїв, кожен з яких базувався на реальних догоспітальних клінічних випадках із практики екстреної медичної допомоги.

Сценарії включали РЗК на тлі механічної асфіксії, гіпоглікемії, токсичного впливу (фосфорорганічні сполуки, передозування β -блокаторів, кокаїн), напруженого пневмотораксу, шлунково-кишкової кровотечі, електролітних порушень (гіперкаліємія), сепсису та анафілаксії. Дві бригади працювали паралельно на двох ідентичних локаціях, при цьому кожна пара бригад виконувала один унікальний сценарій.

Симуляційне середовище. Для відтворення клінічних ситуацій використовувалися високореалістичні манекени-симулятори рівня 3G з можливістю автоматичного збору даних щодо якості компресій грудної клітки, зокрема частоти, глибини та повного повернення грудної клітки у вихідне положення після кожної компресії. Манекени-симулятори також забезпечували моделювання різних серцевих ритмів, проведення дефібриляції, управління дихальними шляхами, вентиляцію легень та моніторинг фізіологічних показників.

Система та критерії оцінювання. Для об'єктивної оцінки якості виконання ALS була розроблена стандартизована система оцінювання, заснована на рекомендаціях ERC. Оцінювання проводилося за чотирма основними блоками: діагностичні заходи (30 %), тактика ведення пацієнта (40 %), використання додаткових ресурсів (10 %) та нетехнічні навички (20 %).

До технічних навичок належали: підтвердження раптової зупинки кровообігу, розпізнавання серцевих ритмів, виконання якісних компресій грудної клітки, дефібриляція, менеджмент дихальних шляхів і вентиляції, застосування медикаментів, оксигенотерапія, розпізнавання та усунення оборотних причин зупинки кровообігу, а також ведення пацієнта на етапі післяреанімаційної підтримки. Окремо оцінювали використання додаткових ресурсів, зокрема капнографії, апарата

штучної вентиляції легень, ургентної ультрасонографії, інфузоматів та механічних пристроїв для компресій грудної клітки.

Нетехнічні навички оцінювали за такими доменами: управління завданнями, ситуаційна обізнаність, ухвалення рішень, лідерство та командна робота, включно з комунікацією за принципом закритої петлі.

Критичні помилки або невиконання ключових дій, що могли призвести до погіршення стану пацієнта, зумовлювали зменшення до 50 % балів, набраних у блоці тактики ведення пацієнта.

Процедура оцінювання. Кожну бригаду оцінювали два судді-інструктори: один відповідав за ведення сценарію, другий — за заповнення чек-листа технічних навичок. Двоє помічників інструкторів незалежно оцінювали нетехнічні навички. Після завершення сценарію бригади отримували структурований зворотний зв'язок.

Підрахунок підсумкових балів здійснювала окрема група осіб, не залучених до безпосереднього оцінювання виконання сценаріїв.

Статистичний аналіз. Результати дослідження подані у вигляді відсотків виконання від максимально можливого бала для кожного блоку та окремих критеріїв оцінювання. Для узагальнення даних використовували описову статистику з визначенням середніх значень та діапазону показників. Для оцінки взаємозв'язку між технічними та нетехнічними навичками, а також між нетехнічними навичками і досягненням ROSC застосовували кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Спірмена. ROSC розглядали як дихотомічну змінну (так/ні). Статистично значущими вважали результати при рівні значущості $p < 0,05$.

Результати

Загальна характеристика виконання ALS. За результатами аналізу конкурсних симуляційних завдань середній інтегральний показник виконання алгоритму розширених реанімаційних заходів становив 66 % від максимально можливого бала. Діапазон результатів між бригадами варіював від 4 до 85 %, що свідчить про значну гетерогенність якості виконання ALS в умовах стандартизованих симуляційних сценаріїв.

Найвищі показники коректного виконання було зафіксовано на етапі оцінки безпеки та первинного враження про пацієнта — 96,2 %. Під час першого аналізу серцевого ритму коректність дій становила 80,9 %, однак під час подальших повторних оцінок вона поступово знижувалася і на п'ятому аналізі досягла 54,0 %. ROSC було досягнуто у 57,8 % бригад.

Технічні навички. Якість компресій грудної клітки, оцінена за об'єктивними показниками, зареєстрованими вбудованими системами моніторингу високореалістичних манекенів-симуляторів, у середньому становила 74,3 %. Адекватну та своєчасну тактику відповідно до виявленого серцевого ритму продемонстрували 69,3 % бригад під час першого аналізу ритму з подальшим зниженням цього показника до 57,8 % під час п'ятого аналізу.

Усунення оборотних причин зупинки кровообігу відповідно до принципу 4Н/4Т було виконано коректно

та своєчасно у 38,5 % випадків, тоді як у 23 % бригад ці дії не були виконані або були виконані некоректно. Повноцінна післяреанімаційна підтримка після досягнення ROSC була зафіксована у 28,6 % бригад.

Нетехнічні навички. Аналіз нетехнічних навичок продемонстрував різний рівень їх реалізації серед бригад. Найвищі показники коректного виконання були зафіксовані для доменів невербальної комунікації (61,6 %) та лідерських якостей (57,6 %). Найнижчий показник спостерігався для домена ухвалення рішень (30,5 %).

Ознаки фіксаційної помилки, або так званої групової сліпоти, що проявлялися у зосередженні на одному клінічному припущенні чи дії з ігноруванням альтернативних рішень, були зафіксовані у 23 % бригад.

Кореляційний аналіз. Для оцінки взаємозв'язку між технічними та нетехнічними аспектами виконання ALS було проведено кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Спірмена. Виявлено статистично значущі кореляції між окремими доменами нетехнічних навичок і показниками якості виконання ALS.

Загальний бал NTS помірно корелював із загальним балом ALS ($\rho = 0,58; p < 0,01$). Лідерські якості позитивно корелювали з якістю компресій грудної клітки ($\rho = 0,46; p = 0,02$), командна робота — зі своєчасністю дефібриляції ($\rho = 0,51; p = 0,01$), а ситуаційна обізнаність — із розпізнаванням оборотних причин зупинки кровообігу ($\rho = 0,63; p < 0,01$).

Окремо було виявлено статистично значущі кореляції між нетехнічними навичками та досягненням ROSC. Загальний бал NTS корелював із досягненням ROSC ($\rho = 0,55; p = 0,01$), так само як лідерські якості ($\rho = 0,49; p = 0,02$) та ухвалення рішень ($\rho = 0,44; p = 0,03$).

Додаткові спостереження. Бригади з вищими сумарними показниками нетехнічних навичок демонстрували кращу узгодженість дій, меншу кількість помилок та частіше досягали ROSC. Виявлені кореляції мали по-

мірну силу, що свідчить про важливу роль людського фактора у виконанні ALS в умовах симуляційного моделювання.

Обговорення

У цьому дослідженні проведено комплексну оцінку якості виконання розширених реанімаційних заходів бригадами екстреної медичної допомоги в умовах клінічно релевантних симуляційних сценаріїв із використанням критеріїв, заснованих на рекомендаціях ERC. Отримані результати продемонстрували значну варіабельність як технічних, так і нетехнічних компонентів виконання ALS, що узгоджується з даними сучасних міжнародних досліджень щодо якості реанімаційної допомоги в симуляційних та клінічних умовах [2, 16, 20].

Технічні аспекти ALS і їх відповідність міжнародним даним. Виявлене поступове зниження коректності повторних аналізів серцевого ритму та тактичних рішень упродовж реанімаційного сценарію узгоджується з даними досліджень, які демонструють зниження якості виконання реанімаційних дій під впливом когнітивного навантаження, стресу та тривалості реанімації [6, 7]. Подібні тенденції спостерігаються як у симуляційних умовах, так і в реальній клінічній практиці, де між командами можуть відзначатися суттєві відмінності у якості компресій грудної клітки та послідовності виконання ключових дій [2].

Низький рівень повноцінної післяреанімаційної підтримки після досягнення ROSC, зафіксований у нашому дослідженні, свідчить про потребу у системному включенні цього етапу до симуляційних сценаріїв і програм підготовки бригад ЕМД. Особливої уваги потребують вентиляційна підтримка, гемодинамічна стабілізація, моніторинг стану пацієнта та використання структурованих підходів для зниження когнітивного навантаження у керівника бригади [5, 8, 16, 21].

Таблиця 1. Кореляція між нетехнічними навичками та загальним показником виконання ALS (n = 25 бригад)

Показники	ρ (Spearman)	p
Загальний бал NTS ↔ загальний бал виконання ALS	0,58	< 0,01
Лідерські якості ↔ якість виконання компресій грудної клітки	0,46	0,02
Командна робота ↔ своєчасність проведення дефібриляції	0,51	0,01
Ситуаційна обізнаність ↔ розпізнавання оборотних причин	0,63	< 0,01

Таблиця 2. Кореляція між нетехнічними навичками та досягненням ROSC (n = 25 бригад)

Показники	ρ (Spearman)	p
Загальний бал NTS ↔ ROSC	0,55	0,01
Лідерські якості ↔ ROSC	0,49	0,02
Ухвалення рішень ↔ ROSC	0,44	0,03

Примітки: ROSC розглядалося як дихотомічна змінна (так/ні); кореляційний аналіз виконано з використанням коефіцієнта Спірмена; показники вважали статистично значущими при $p < 0,05$.

Нетехнічні навички та людський фактор. Одним із ключових результатів дослідження є виявлення статистично значущих кореляцій між рівнем нетехнічних навичок і загальною якістю виконання ALS, а також досягненням ROSC у симуляційних умовах. Ці дані узгоджуються з сучасними дослідженнями, які підкреслюють роль лідерства, командної взаємодії, ситуаційної обізнаності та структурованої комунікації у виконанні реанімаційних заходів [14–16].

Виявлені низькі показники в домені ухвалення рішень, а також ознаки фіксаційної помилки, або так званої групової сліпоти, у частини бригад свідчать про вразливість когнітивних процесів у динамічних сценаріях РЗК. Це підкреслює доцільність цілеспрямованого тренування нетехнічних навичок у програмах ALS, зокрема відпрацювання лідерства, розподілу ролей, комунікації за принципом закритої петлі та переоцінки клінічної ситуації у процесі реанімації [8, 14, 15].

Роль симуляційних змагань у підготовці бригад. Результати дослідження свідчать, що змагання з використанням симуляційних технологій можуть бути не лише освітнім форматом, а й інструментом стандартизованої оцінки готовності бригад ЕМД до виконання ALS в умовах контрольованого стресу. Такий формат дозволяє одночасно оцінювати технічні дії, ухвалення рішень, командну взаємодію та адаптивність бригади в умовах, наближених до реальних догоспітальних викликів [17–19].

На відміну від традиційного навчального курсу, симуляційні змагання створюють умови для виявлення прогалин у підготовці, які можуть не проявлятися під час стандартного тренінгу. Водночас результати таких заходів можуть бути використані не лише для індивідуального зворотного зв'язку, а й для планування програм безперервного професійного розвитку, удосконалення навчальних сценаріїв та формування системи контролю якості підготовки персоналу ЕМД [19, 22–24].

Обмеження дослідження. Дослідження проводилося в умовах симуляційного моделювання, що обмежує можливість прямої екстраполяції результатів на реальну клінічну практику. Незважаючи на високу реалістичність сценаріїв і стандартизоване оцінювання, дії учасників могли зазнавати впливу особливостей змагального формату та усвідомлення факту оцінювання. Крім того, оцінка нетехнічних навичок, на відміну від технічних параметрів СЛР, частково базувалася на експертному судженні. Водночас симуляційний дизайн забезпечив можливість контрольованого відтворення критичних клінічних ситуацій і стандартизованого порівняння якості виконання ALS між бригадами.

Практичне значення. Отримані результати підкреслюють доцільність інтеграції стандартизованого симуляційного оцінювання в систему безперервного професійного розвитку персоналу ЕМД. Особливу увагу доцільно приділяти не лише технічним компонентам ALS, а й нетехнічним навичкам, які можуть бути модифікованими цілями освітніх інтервенцій і програм підвищення якості догоспітальної допомоги.

Висновки

Проведене дослідження продемонструвало значну варіабельність якості виконання розширених реанімаційних заходів бригадами екстреної медичної допомоги в умовах стандартизованих клінічних симуляційних сценаріїв.

Використання критеріїв оцінювання, заснованих на рекомендаціях ERC, дозволило об'єктивно ідентифікувати прогалини як у технічних, так і в нетехнічних компонентах виконання ALS при раптовій зупинці кровообігу.

Виявлено статистично значущі взаємозв'язки між рівнем нетехнічних навичок, зокрема лідерства, командної роботи та ситуаційної обізнаності, і загальною якістю виконання ALS, а також досягненням ROSC у симуляційних умовах.

Симуляційні змагання в умовах контрольованого стресу можуть бути ефективним освітньо-оцінювальним форматом для стандартизованої оцінки готовності бригад ЕМД до виконання ALS.

Отримані результати підкреслюють доцільність цілеспрямованої інтеграції тренування нетехнічних навичок і структурованого оцінювання командної роботи в програмі безперервного професійного розвитку персоналу ЕМД.

Запропонований підхід до оцінювання може бути використаний як елемент системи підвищення якості догоспітальної екстреної медичної допомоги та як методологічна основа для подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення підготовки бригад і оптимізацію реанімаційної допомоги при раптовій зупинці кровообігу.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Відповідальність. Усі симуляційні сценарії були розроблені до початку дослідження та використовувалися виключно як стандартизований інструмент оцінювання відповідності практичних дій бригад сучасним рекомендаціям з розширеної підтримки життя. Автори не брали участі у прийнятті рішень щодо нарахування підсумкових балів та не здійснювали остаточного підрахунку результатів команд. Серед бригад, включених до дослідження, не було команд, які проходили цільову підготовку до чемпіонату під безпосереднім керівництвом авторів. Автори не мали освітньої, організаційної або адміністративної відповідальності за результати окремих бригад, що брали участь у дослідженні.

Інформація про фінансування. Дослідження не отримувало окремого комерційного фінансування.

Схвалення до публікації. Усі автори брали участь у підготовці рукопису, рецензували та затвердили його остаточну версію, а також погодилися на його подання до публікації.

Внесок авторів. Цимбалюк Г.Ю. — концепція та дизайн дослідження, розробка симуляційних сценаріїв, організація збору даних, статистичний аналіз, інтерпретація результатів, підготовка та редагування рукопису; Черватюк А.М. — розробка симуляційних сценаріїв,

організація та проведення симуляційного оцінювання, інтерпретація результатів, підготовка рукопису; Крилюк В.О. — концепція дослідження, критичний перегляд рукопису, наукове консультування та затвердження фінальної версії статті; Денисюк Ю.А. — розробка симуляційних сценаріїв, збір та верифікація даних, інтерпретація результатів, підготовка рукопису.

Список літератури

1. Cheng A, Nadkarni VM, Mancini MB, et al. Resuscitation Education Science: Educational Strategies to Improve Outcomes From Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2018;138(6):e82-e122. doi: 10.1161/CIR.0000000000000583.
2. Vestergaard LD, Lauridsen KG, Krarup NHV, et al. Quality of Cardiopulmonary Resuscitation and 5-Year Survival Following in-Hospital Cardiac Arrest. *Open Access Emerg Med*. 2021;13:553-560. doi: 10.2147/OAEM.S341479.
3. Smyth MA, van Goor S, Hansen CM, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Adult Basic Life Support. *Resuscitation*. 2025;215(Suppl 1):110771. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110771.
4. Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Adult Advanced Life Support. *Resuscitation*. 2025;215(Suppl 1):110769. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110769.
5. Lott C, Karageorgos V, Abelairas-Gomez C, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Special Circumstances in Resuscitation. *Resuscitation*. 2025;215(Suppl 1):110753. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110753.
6. Vincent A, Semmer NK, Becker C, et al. Does stress influence the performance of cardiopulmonary resuscitation? A narrative review of the literature. *J Crit Care*. 2021;63:223-230. doi: 10.1016/j.jcrc.2020.09.020.
7. Liu CH, Yang CW, Lockey A, et al. Factors influencing workload and stress during resuscitation — A scoping review. *Resusc Plus*. 2024;18:100630. doi: 10.1016/j.resplu.2024.100630.
8. Nabecker S, de Raad T, Abelairas-Gomez C, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Education for Resuscitation. *Resuscitation*. 2025;215(Suppl 1):110739. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110739.
9. Bdiri Gabbouj S, Zedini C, Naija W. Effect of Simulation-Based Education of Adult BLS-CPR on Nursing Students' Skills and Knowledge Acquisition. *Adv Med Educ Pract*. 2025;16:663-673. doi: 10.2147/AMEP.S500156.
10. Cashen K, Sutton RM, Reeder RW, et al. Association of CPR simulation program characteristics with simulated and actual performance during paediatric in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2023;191:109939. doi: 10.1016/j.resuscitation.2023.109939.
11. Sundelin A, Fagerlund MJ, Flam B, Djärv T. In-situ simulation of CPR in the emergency department — A tool for continuous improvement of the initial resuscitation. *Resusc Plus*. 2023;15:100413. doi: 10.1016/j.resplu.2023.100413.
12. Li X, Yin X, Huang G, Wang X. Effectiveness of extended reality technologies in cardiopulmonary resuscitation training: a bayesian network meta-analysis. *BMC Emerg Med*. 2025;25(1):94. doi: 10.1186/s12873-025-01256-2.
13. Koukourikos K, Tsaloglidou A, Kourkouta L, et al. Simulation in Clinical Nursing Education. *Acta Inform Med*. 2021;29(1):15-20. doi: 10.5455/aim.2021.29.15-20.
14. Zhang Y, Wang Y, Jiang M, Sun X, Tang L. Effectiveness of non-technical skills training for healthcare professionals in emergency departments: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2026 Feb 2. doi: 10.1186/s13049-026-01574-9.
15. Dewolf P, Clarebout G, Wauters L, et al. The effect of teaching nontechnical skills in advanced life support: a systematic review. *AEM Educ Train*. 2020;5(3):e10522. doi: 10.1002/aet2.10522.
16. Kerins J, Keay R, Smith SE, Tallentire VR. Assessing team behaviours and time to defibrillation during simulated cardiac arrest: a pilot study of internal medicine trainees. *Int J Healthc Simul*. 2022;1(1):1-7. doi: 10.54531/cope7296.
17. Ingrassia PL, Franc JM, Carenzo L. A novel simulation competition format as an effective instructional tool in post-graduate medical education. *Adv Simul (Lond)*. 2018;3:17. doi: 10.1186/s41077-018-0075-4.
18. Gue S, Cohen S, Tassone M, et al. Disaster day: a simulation-based competition for educating emergency medicine residents and medical students on disaster medicine. *Int J Emerg Med*. 2023;16(1):59. doi: 10.1186/s12245-023-00520-1.
19. Zanetto L, Cavallin F, Doglioni N, et al. A Simulation Competition on Neonatal Resuscitation as a New Educational Tool for Pediatric Residents. *Children (Basel)*. 2023;10(10):1621. doi: 10.3390/children10101621.
20. Zhan L, Yang LJ, Huang Y, He Q, Liu GJ. Continuous chest compression versus interrupted chest compression for cardiopulmonary resuscitation of non-asphyxial out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;3(3):CD010134. doi: 10.1002/14651858.CD010134.pub2.
21. Groombridge CJ, Kim Y, Maini A, Smit V, Fitzgerald MC. Stress and decision-making in resuscitation: a systematic review. *Resuscitation*. 2019;144:115-122. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.09.023.
22. Fillmore H, Heisler T, Nadeau M, et al. Pre-clinical case competition to assess confidence in responding to select out-of-hospital medical emergencies. *J Educ Teach Emerg Med*. 2026;11(1):SG29-SG58. doi: 10.5070/M5.52198.
23. Eddy K, Jordan Z, Stephenson M. Health professionals' experience of teamwork education in acute hospital settings: a systematic review of qualitative literature. *JBISIRIR-2016-1843*. 2016;14(4):96-137. doi: 10.11124/JBISIRIR-2016-1843.
24. Bashir K, Mohammad Umar A, Elmoheen A, et al. Simulation-based education in an emergency medicine clerkship in Qatar: impact on academic performance and student perceptions. *Int J Emerg Med*. 2026;19(1):37. doi: 10.1186/s12245-025-01114-9.

Отримано/Received 11.06.2026

Рецензовано/Revised 06.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 17.07.2026

Information about authors

Halyna Tsybaliuk, PhD in Medicine, Head of the Department of Standards, Professional Development and Quality Control in Emergency Medical Services, Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of MHU, Kyiv, Ukraine; e-mail: tsybaliuk_gy@tdmu.edu.ua, galunadoc@gmail.com; phone: +380 (97) 488-76-13; Associate Professor, Department of Emergency and Simulation Medicine, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; https://orcid.org/0000-0003-1452-9442

Antonina Chervatiuk, Assistant, Department of Emergency and Simulation Medicine, Head of the Center for Medical Simulation, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; e-mail: chervatiuk@tdmu.edu.ua; https://orcid.org/0000-0001-6057-4426

Vitalii Kryliuk, MD, DSc, PhD, Director of the Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of MHU, Kyiv, Ukraine; e-mail: vo.krylyuk@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-0210-1692

Yurii Denysiuk, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Emergency and Simulation Medicine, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; e-mail: denysiuk@tdmu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-9487-1162>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Responsibility. All simulation scenarios were developed prior to the initiation of the study and were used exclusively as a standardized tool for assessing the compliance of team performance with current Advanced Life Support recommendations. The authors were not involved in decisions regarding the assignment of final scores and did not perform the final calculation of team results. None of the teams included in the study had received targeted preparation for the Championship under the direct supervision of the authors. The authors had no educational, organizational, or administrative responsibility for the performance of the participating teams included in the analysis.

Information about funding. The study received no separate commercial funding.

Approval for publication. All authors participated in the preparation of the manuscript, reviewed and approved its final version, and agreed to its submission for publication.

Authors' contribution. H.Yu. Tsybaliuk — contributed to the study conception and design, development of simulation scenarios, organization of data collection, statistical analysis, interpretation of results, and drafting and revision of the manuscript; A.M. Chervatiuk — contributed to the development of simulation scenarios, organization and conduct of simulation-based assessment, interpretation of results, and manuscript preparation; V.O. Kryliuk — contributed to the study conception, critical revision of the manuscript, scientific supervision, and approval of the final version of the article; Yu.A. Denysiuk — contributed to the development of simulation scenarios, data collection and verification, interpretation of results, and manuscript preparation.

H.Yu. Tsybaliuk^{1,2}, A.M. Chervatiuk², V.O. Kryliuk¹, Yu.A. Denysiuk²

¹Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of MHU, Kyiv, Ukraine

²I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine

Assessment of the quality of Advanced Life Support performed by emergency medical services teams: an observational study in clinical simulation scenarios

Abstract. Background. Cardiac arrest remains one of the leading causes of mortality, and the quality of Advanced Life Support (ALS) at the prehospital stage is an important factor that may influence patient care outcomes. The European Resuscitation Council (ERC) guidelines emphasize the need to combine high-quality technical skills with effective teamwork to ensure appropriate resuscitation. However, data on the objective assessment of ALS performance by emergency medical services teams in standardized simulation settings remain limited. The purpose was to conduct a comprehensive assessment of the quality of ALS performed by emergency medical services teams in standardized simulation scenarios using criteria based on ERC guidelines. **Materials and methods.** This observational analytical study included 25 emergency medical services teams participating in a national championship held in May 2025. The teams managed one of 13 realistic adult cardiac arrest scenarios caused by different critical conditions. Assessment was performed across four domains: diagnosis (30 %), patient management (40 %), use of additional resources (10 %), and non-technical skills (NTS; 20 %). Chest compression quality was assessed using objective parameters recorded by the built-in monitoring systems of high-fidelity manikin simulators. Spearman's rank correlation coefficient (ρ) was used to assess associations between variables. **Results.** The mean integrated ALS performance score was 66 % of the maximum possible score (range 4–85 %). The highest accuracy was observed during the safety assessment and initial clinical impression (96.2 %). Correct performance during the first rhythm analysis was 80.9 %; however,

it progressively declined during subsequent rhythm reassessments, reaching 54.0 % by the fifth analysis. Return of spontaneous circulation (ROSC) was achieved by 57.8 % of teams. The mean chest compression quality score was 74.3 %. Correct management of reversible causes of cardiac arrest according to the 4H/4T approach were demonstrated by 38.5 % of teams, while comprehensive post-resuscitation care was provided by 28.6 %. Within the NTS domain, the lowest score was observed for decision-making (30.5 %), and signs of fixation error, or so-called “group blindness”, were identified in 23 % of teams. Correlation analysis demonstrated a statistically significant association between the total NTS score and overall ALS performance ($\rho = 0.58$; $p < 0.01$), as well as between the total NTS score and ROSC achievement ($\rho = 0.55$; $p = 0.01$). Leadership positively correlated with chest compression quality ($\rho = 0.46$; $p = 0.02$), whereas situational awareness correlated with the recognition of reversible causes of cardiac arrest ($\rho = 0.63$; $p < 0.01$). **Conclusions.** The study findings suggest that standardized simulation scenarios may serve as an effective tool for assessing the quality of ALS by emergency medical services teams using criteria based on ERC guidelines. The identified associations between NTS and resuscitation performance support the purposeful integration of these skills into training programs and continuing professional development for emergency medical services personnel.

Keywords: emergency medical services; cardiopulmonary resuscitation; Advanced Life Support; simulation-based training; non-technical skills

УДК 616-022.7:616-036.22:616-089.168.1

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2038>Семкович Я.В.^{1,2}, Дмитрієв Д.В.^{3,4}, Семкович М.Я.¹, Салижин Т.І.¹¹Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна²Івано-Франківська обласна дитяча клінічна лікарня, м. Івано-Франківськ, Україна³Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна⁴Центр термічної травми та пластичної хірургії, Вінницька обласна клінічна лікарня імені М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Домінування ESKAPE-патогенів у відділеннях інтенсивної терапії: аналіз мікробного пейзажу та резистентності

Резюме. Актуальність. Інфекції, пов'язані з наданням медичної допомоги, залишаються однією з ключових проблем сучасної медицини, особливо у відділеннях інтенсивної терапії та інших підрозділах з підвищеним епідеміологічним ризиком. Антимікробна резистентність — це природний еволюційний механізм, що проявляється в організмах через виникнення та накопичення генетичних змін, які забезпечують захист від летального впливу факторів відбору. **Мета:** вивчити мікробний пейзаж у дітей, госпіталізованих до відділень з підвищеним епідеміологічним ризиком, та проаналізувати ефективність застосування сучасних антибактеріальних препаратів під час інтенсивного лікування. **Матеріали та методи.** Проведений аналіз досліджень біологічного матеріалу у дітей з різноманітною інфекційною патологією, які знаходились на лікуванні у відділеннях підвищеного епідеміологічного ризику КНП «Івано-Франківська обласна дитяча клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради» протягом 2020–2025 рр. **Результати.** Із 1584 проведених у 2025 році досліджень біологічного матеріалу позитивні результати отримано лише у 369 випадках (23,3 %). Зокрема, частка позитивних результатів становила: для зразків крові — 1,5 %, матеріалу з бронхіального дерева — 36,6 %, із зіву та носа (мокротиння) — 39,7 %, сечі — 8,5 %, плевральної рідини — 0 %, матеріалу з опікових ран — 25,9 %, ліквору — 5,7 %, шлункового вмісту (у новонароджених) — 48,3 %. У структурі збудників, які виділялися від пацієнтів із патологією респіраторного тракту, найбільш загрозливим залишається *Klebsiella pneumoniae*, питома вага якої у структурі мікроорганізмів, виділених від пацієнтів упродовж 2021–2024 років, коливалась на рівні 14,4–6,9 %, а в 2025 році її прояв зріс до 20,8 %. У структурі антимікробної резистентності серед групи бактерій ESKAPE протягом 2025 року найвищим був показник резистентності у збудника *Acinetobacter baumannii*. **Висновки.** У відділеннях підвищеного епідеміологічного ризику домінують грамнегативні мікроорганізми, частка яких становить близько 47,7 % серед усіх виділених збудників, що визначає характер інфекційного процесу та складність антибактеріальної терапії. Провідними збудниками залишаються представники групи ESKAPE, зокрема: *Pseudomonas aeruginosa* (до 22,1 %), *Klebsiella pneumoniae* (до 20,8 %), *Acinetobacter baumannii* (до 15,6 %), що підтверджує їх ключову роль у розвитку тяжких госпітальних інфекцій. Встановлено значне зростання антибіотико-резистентності, зокрема: різке підвищення резистентності у *Klebsiella pneumoniae* (до 24 %), високий рівень у *Acinetobacter baumannii* (до 83 %), прогресування резистентності у *Pseudomonas aeruginosa*. Відмічається полірезистентність до більшості класів антибіотиків, що суттєво обмежує можливості емпіричної терапії та підвищує ризик неефективного лікування.

Ключові слова: антибіотики; антимікробна резистентність; група мікробів ESKAPE, діти

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Дмитрієв Дмитро Валерійович, доктор медичних наук, магістр бізнес-адміністрування, професор, кафедра анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів, Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21018, Україна; тел.: +380 (67) 430-94-49; e-mail: mddmytriiev@gmail.com, dmytrodmmytriiev@gmail.com; анестезіолог, Центр термічної травми та пластичної хірургії, Вінницька обласна клінічна лікарня імені М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

For correspondence: Dmytro Dmytriiev, MD, DSc, PhD, MBA, Professor, Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Pirogov st., 56, Vinnytsia, 21018, Ukraine; phone: +380 (67) 430-94-49; e-mail: mddmytriiev@gmail.com, dmytrodmmytriiev@gmail.com; Anesthesiologist, Center for Thermal Trauma and Reconstructive Surgery, Vinnytsia Regional Clinical Hospital named after M.I. Pirogov, Vinnytsia, Ukraine

Full list of authors information is available at the end of the article.

Вступ

Інфекції, пов'язані з наданням медичної допомоги, залишаються однією з ключових проблем сучасної медицини, особливо у відділеннях інтенсивної терапії та інших підрозділах з підвищеним епідеміологічним ризиком [1–5]. Тяжкість стану пацієнта робить його дуже сприйнятливим до різних інфекцій. Така сприйнятливості зумовлена не лише самим критичним станом, а й процедурами, необхідними для лікування цього стану. Патологічні зміни імунної системи включають надмірну активацію та гіпореспонсивність, порушення хемотаксису [6, 7]. Висока частота інвазивних втручань, проведення штучної вентиляції легень [8], тяжкість стану пацієнтів, а також широке застосування антибактеріальних препаратів створюють умови для формування складних інфекційних процесів і сприяють поширенню антибіотикорезистентних мікроорганізмів. Явище стійкості до антимікробних препаратів (АМП) полягає у здатності мікроорганізмів, зокрема бактерій, вірусів, грибів і паразитів, виживати, розмножуватися та зберігати життєздатність попри дію препаратів, призначених для їх знищення або пригнічення росту. Інфекції, спричинені організмами, стійкими до АМП, складно лікувати. Крім того, завжди існує підвищений ризик тяжкого захворювання та навіть смерті внаслідок цих інфекцій [9]. Антимікробна резистентність (АМР) — це природний еволюційний механізм, що проявляється в організмах через виникнення та накопичення генетичних змін, які забезпечують захист від летального впливу факторів відбору. Щоб протистояти тиску відбору з боку навколишнього середовища, бактерії прагнуть розвинути стійкість до антибактеріальних препаратів, що робить ці препарати неефективними [10]. Зі зростанням використання антибіотиків, особливо в країнах, що розвиваються, бактерії мають широкі можливості для розвитку АМР з глибокими наслідками, включаючи значно вищу захворюваність та смертність [11, 12]. Захворюваність та поширеність інфекцій, спричинених

бактеріями, стійкими до антимікробних препаратів, досягла невідповідних рівнів протягом ХХІ століття та загрожує світовому здоров'ю як тиха пандемія, що потребує термінового втручання [13]. Швидке поширення у світі супербактерій (мікроорганізмів, стійких до більшості відомих антимікробних препаратів) сьогодні становить реальну загрозу людству. Всесвітня організація охорони здоров'я визнала АМР однією з трьох основних загроз громадському здоров'ю. Інфекція, стійка до антимікробних препаратів, посідає третє місце серед провідних причин смерті після серцево-судинних захворювань [14]. За оцінками, лише у 2019 році 1,27 мільйона смертей були пов'язані з АМР-інфекціями, тоді як майже 5 мільйонів смертей були так чи інакше пов'язані з препарат-стійкими інфекціями, згідно з великим дослідженням, опублікованим у січні 2022 року. За оцінками, ця кількість зростає до 10 млн на рік до 2050 року, що значно перевищить смертність від раку [15–18]. Особливу клінічну значущість мають представники групи ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp.), які здатні уникати дії антибактеріальної терапії та асоціюються з тяжким перебігом інфекцій, високою летальністю і значним подовженням тривалості госпіталізації [19]. У структурі госпітальних інфекцій дедалі частіше домінують грамнегативні мікроорганізми, що характеризуються високим рівнем мультирезистентності. Важливим фактором, який визначає формування антимікробної резистентності, є селективний тиск, що виникає внаслідок широкого та часто емпіричного застосування антибіотиків [14, 20]. У таких умовах відбувається відбір резистентних штамів, їх накопичення та циркуляція в межах стаціонару, що призводить до формування так званого замкнутого циклу резистентності, коли неефективність терапії зумовлює подальшу ескаляцію антибактеріального лікування (рис. 1) [21].

Умови відділень інтенсивної терапії та травматології сприяють застосуванню антибіотиків широкого спектра дії, що створює селективний тиск і призводить до домінування мікроорганізмів групи ESKAPE. Це, у свою чергу, зумовлює розвиток мультирезистентності, неефективності лікування та подальшу ескаляцію антибактеріальної терапії, формуючи замкнене патологічне коло [23].

Незважаючи на активне впровадження програм антимікробного стюардшипу, проблема резистентності залишається актуальною, особливо в умовах відділення інтенсивної терапії, де необхідність швидкого прийняття клінічних рішень часто обмежує можливості раціонального вибору антибіотиків [24]. У зв'язку з цим особливого значення набуває системний аналіз

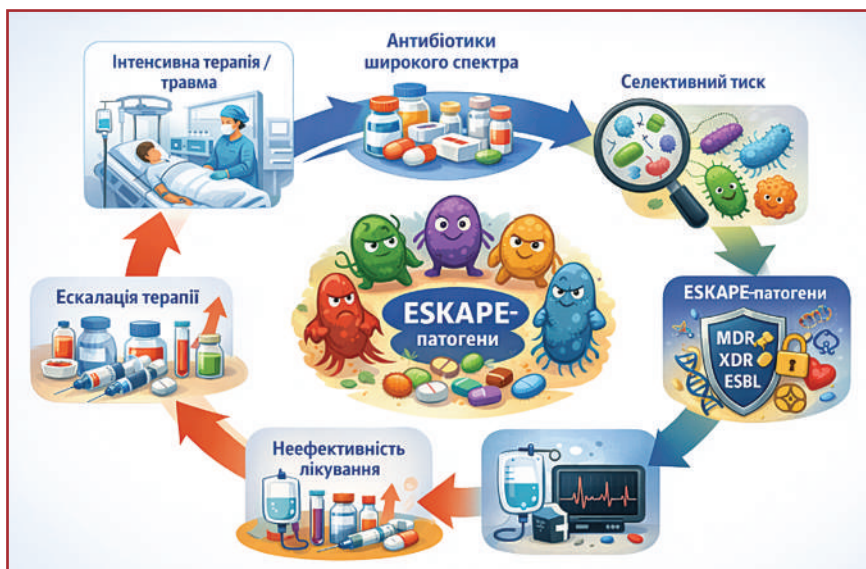


Рисунок 1. Цикл формування антимікробної резистентності у відділеннях підвищеного епідеміологічного ризику

мікробного пейзажу та динаміки антибіотикочутливості збудників.

Мета: вивчити мікробний пейзаж у дітей, госпіталізованих до відділень з підвищеним епідеміологічним ризиком, та проаналізувати ефективність застосування сучасних антибактеріальних препаратів під час інтенсивного лікування.

Матеріали та методи

За даними КНП «Івано-Франківська обласна дитяча клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради» за період 2020–2025 рр. проведений аналіз досліджень біологічного матеріалу у дітей з різноманітною інфекційною патологією, які знаходились на лікуванні у відділеннях підвищеного епідеміологічного ризику. У рамках дослідження визначали чутливість мікроорганізмів до сучасних антибактеріальних препаратів та проводили моніторинг резистентності мікроорганізмів у процесі інтенсивної терапії. Матеріалом для бактеріологічного дослідження були зразки крові, сечі, змиви з бронхіального дерева (отримані під час ендоскопічного дослідження), матеріал із зіву та носа (мокротиння), плевральна рідина, ліквор і матеріал з опікових ран. Виділення та ідентифікація мікроорганізмів з біологічного матеріалу проводились бактеріологічним (класичним) методом, визначалась чутливість мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів диско-дифузійним методом згідно з методологією EUCAST, яка щорічно оновлюється. Лабораторія щоденно вносить до програми WHONET інформацію про виділені мікроорганізми та їхню чутливість до антимікробних препаратів. Відповідно до Наказу МОЗ України № 1614 від 03.09.2021 р. щоквартально готується звіт щодо показників оцінки ефективності адміністрування антимікробних препаратів, який передається до відділу інфекційного контролю. Особлива увага приділяється групі мікроорганізмів ESKAPE:

— *Enterococcus faecium* (VRE) — ванкоміцинрезистентний ентерокок;

- *Staphylococcus aureus* (MRSA) — метицилінрезистентний золотистий стафілокок;
- *Klebsiella pneumoniae* (KPC) — штами *K. pneumoniae*, що продукують карбапенемази;
- *Acinetobacter baumannii* (MDR) — штами *A. baumannii* із множинною резистентністю до антимікробних препаратів;
- *Pseudomonas aeruginosa* (MDR) — штами *P. aeruginosa* із множинною резистентністю до антимікробних препаратів;
- представники родини *Enterobacteriaceae* (ESBL) — грамнегативні ентеробактерії, що продукують β-лактамази розширеного спектра дії.

Результати та обговорення

Із 1584 проведених у 2025 році досліджень біологічного матеріалу позитивні результати отримано лише у 369 випадках (23,3 %). Зокрема, частка позитивних результатів становила: для зразків крові — 1,5 %, матеріалу з бронхіального дерева — 36,6 %, із зіву та носа (мокротиння) — 39,7 %, сечі — 8,5 %, плевральної рідини — 0 %, матеріалу з опікових ран — 25,9 %, ліквору — 5,7 %, шлункового вмісту (у новонароджених) — 48,3 %.

Аналізуючи показники мікробного пейзажу біоридин респіраторного тракту за період 2020–2025 років, можна сказати, що зі зразків матеріалу з бронхіального дерева, мокроти, плевральної рідини виділялись усі патогени, які входять до переліку збудників епідеміологічного нагляду, серед яких домінували *K. pneumoniae* (20,8–14,4 %), *P. aeruginosa* (14,3–26,2 %), *A. baumannii* (28,2–6,5 %), *Serratia* (2,5–10,1 %) (табл. 1, рис. 2).

У цілому протягом спостережень превалювали грамнегативні мікроорганізми, сумарна питома вага яких в середньому становить 47,7 % від кількості виділених збудників (2487/1188).

У структурі збудників, які виділялися від пацієнтів із патологією респіраторного тракту, найбільш загрозливим є *K. pneumoniae*, питома вага якої у структурі мікроорганізмів, виділених від пацієнтів упродовж 2021–2024

Таблиця 1. Кількість мікроорганізмів, ізольованих зі змивів бронхіального дерева, мокроти, плевральної рідини (сумарно) у 2020–2025 роках

Рік	<i>St. aureus</i>	<i>St. pneumoniae</i>	<i>St. faecalis</i>	<i>St. pyogenes</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>Serratia</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Citrobacter</i>	<i>Proteus</i>	<i>St. maltophilia</i>	<i>A. baumannii</i>	Неферментуючі грамнегативні бактерії	<i>P. aeruginosa</i>	Гриби роду <i>Candida</i>	<i>H. influenzae</i>	Разом
2020	11	–	–	–	2	29	8	5	–	2	–	–	44	20	17	–	138
2021	20	–	–	–	3	28	16	2	1	–	21	36	11	41	19	–	198
2022	18	1	–	–	1	26	5	7	–	–	12	57	3	53	17	–	200
2023	31	5	1	–	6	41	14	21	2	1	10	64	14	62	14	2	288
2024	22	3	–	4	14	15	22	18	–	4	18	15	13	49	11	5	213
2025	18	2	1	–	1	29	5	9	–	–	8	9	7	34	7	8	138

років, коливалась на рівні 14,4–6,9 %, а в 2025 році її прояв зріс до 20,8 % (рис. 3).

На другому місці за частотою загроз розвитку хвороб легеневої системи є збудник *P. aeruginosa*, питома вага якого коливалась від 14,3 % (20 ізолятів) у 2020 р. до 24,5 % (34 ізоляти) у 2025 р. Найвищий показник позитивних знахідок припадає на 2022 рік і становить 26,3 % (57 ізолятів).

У 2024 р. при аналізі біоматеріалу із бронхіального дерева у 13 випадках виділялись резистентні форми мікроорганізмів (10 у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії, 2 — пульмонології, 1 — відділенні інтенсивної терапії та анестезіології новонароджених дітей).

У 2023 році під час дослідження біоматеріалу пацієнтів пульмонологічного відділення виявлено новий збудник — *H. influenzae*, який за останні три роки продемонстрував тенденцію до зростання з 0,68 % (2023 р.) до 5,7 % (2025 р.) та відігравав певну роль у тяжкості перебігу пневмонії у дітей віком від 1 до 9 років. За період спостереження за виділенням мікроорганізмів від пацієнтів відділень анестезіології та інтенсивної терапії, а також відділення анестезіології та інтенсивної терапії новонароджених відмічається зниження частоти розвитку легневих захворювань, асоційованих із патогеном *A. baumannii*. Якщо у 2021 р. виявлення збудника становило 18,0 % від загальної кількості виділених мікроорганізмів, то у 2025 році цей показник становив 6,5 %: найбільш ураженими віковими групами були діти неонатального віку.

Рівень участі *St. aureus* у процесі розвитку бронхолегеневої патології серед інших збудників коливається

від 7,8 % у 2020 р. до 12,9 % у 2025 р. При цьому слід зазначити стабільність виявлення патогену у 2021 р., 2023–2024 р. на рівні 10,1 %.

Під час аналізу результатів 2487 досліджень біоматеріалу у хворих на респіраторні ураження дітей за наведений період у 47,7 % були виявлені позитивні висіви. Чітко прослідковується переважання таких збудників, як *S. aureus* (10,1 %), *K. pneumoniae* (14,1 %), *Serratia* (5,9 %), *Enterobacter* (5,2 %), *St. maltophiliae* (5,8 %), *A. baumannii* (15,6 %), неферментуючі грамнегативні бактерії (7,7 %), *P. aeruginosa* (22,1 %), гриби роду *Candida* (7,2 %). Антибіотикорезистентність виявлена у 16,5 % випадків.

У структурі антимікробної резистентності у групі бактерій ESKAPE впродовж 2025 року найвищим був показник резистентності у збудника *A. baumannii* MDR, який мав найвищий показник резистентності 83 % (12/10) проти 78 % у 2024 р. Виділення даного збудника фіксувалось у відділеннях анестезіології та інтенсивної терапії (показник резистентності 75 % (4/3)), інтенсивної терапії та анестезіології новонароджених дітей (показник резистентності 100 % (5/5)), хірургічному відділенні (показник резистентності 67 % (3/2)). Збудник виявляв стійкість до всіх класів антибактеріальних препаратів, за винятком колістину та азтреонаму, демонструючи найвищий індекс резистентності до АМП серед бактерій групи ESKAPE, який становив 0,243. На другому місці за частотою резистентності у звітному році реєструвався збудник *Pseudomonas aeruginosae*, показник резистентності якого зріс з 20 % (80/16) у 2024 р. до 28 % (98/27) у 2025 р. У більшості випадків резистентні штами *P. aeruginosae* з високим показником резистент-

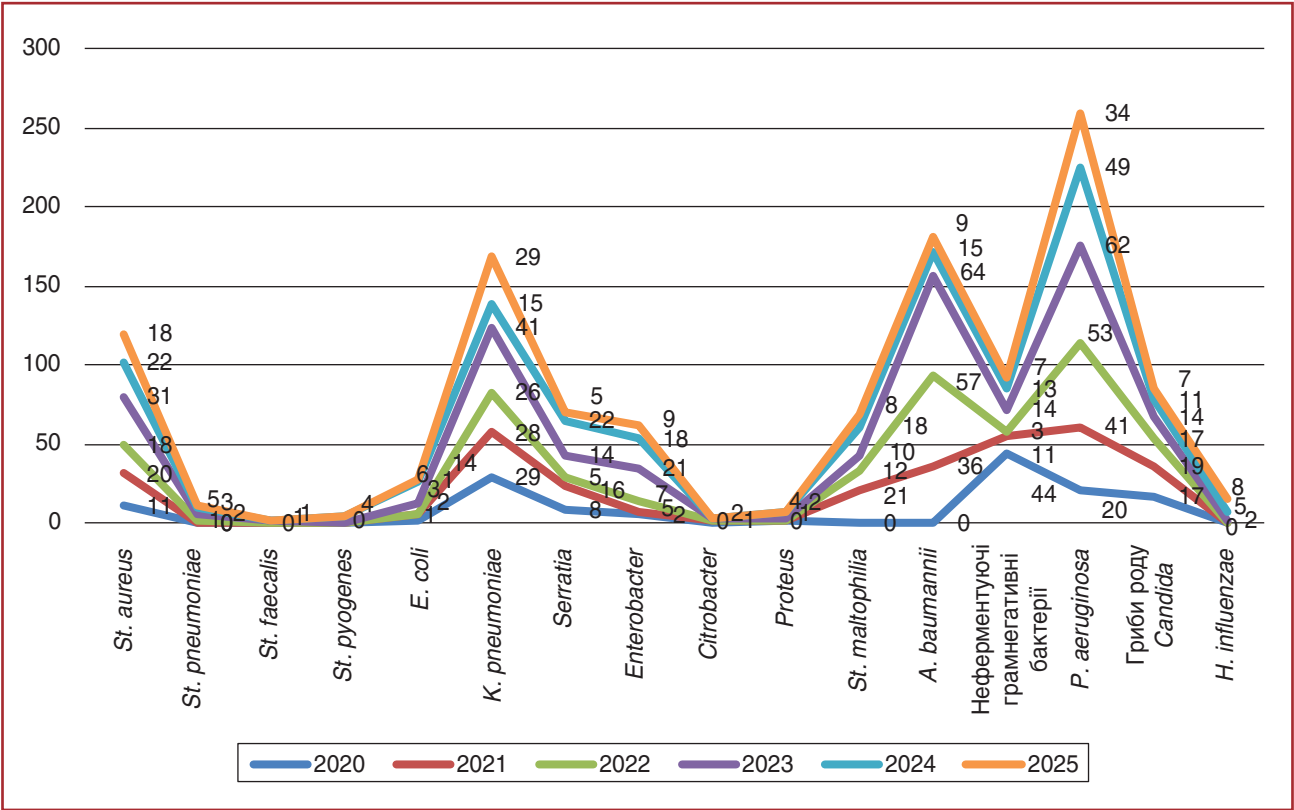


Рисунок 2. Кількість мікроорганізмів, ізольованих зі змивів бронхіального дерева, мокроти, плевральної рідини у 2020–2025 роках

ності реєструвались у пацієнтів відділень анестезіології та інтенсивної терапії (показник резистентності 31 % (16/5)); інтенсивної терапії та анестезіології новонароджених дітей (показник резистентності 70 % (23/16)); онкогематології та інтенсивної хіміотерапії (показник резистентності 50 % (2/1)); відділення новонароджених дітей (показник резистентності 50 % (4/2)); реабілітаційного (показник резистентності 50 % (2/1)).

Поодинокі резистентні ізоляти фіксувалися в інших соматичних відділеннях, зокрема пульмонологічному (показник резистентності 11 % (9/1)); нефрологічному (показник резистентності 15 % (13/2)). Не було випадків висівання резистентних штамів *P. aeruginosa* (MDS) серед пацієнтів хірургічного відділення. У резистентних штамів *P. aeruginosa* спостерігалася стійкість до всіх класів АМП, за винятком колістину та азтреонаму (серед ізолятів від пацієнтів відділення анестезіології та інтенсивної терапії), а також лише колістину (серед ізолятів від пацієнтів відділення інтенсивної терапії та анестезіології новонароджених). Індекс резистентності *P. aeruginosa* зріс і становив 0,241 у 2025 р. проти 0,101 у 2024 р.

У динаміці за два роки спостерігається зменшення частоти виділення резистентних штамів *E. faecium* (VRE), який посів третє місце в структурі бактерій групи ESKAPE. Частка резистентних штамів *E. faecium* становила 25 % у 2025 р. порівняно з 45 % у 2024 р. Резистентність цього збудника відмічалася до препаратів класів пеніцилінів, глікопептидів та аміноглікозидів. У жодному випадку не зареєстровано резистентності *E. faecium* до лінезоліду та тигецикліну.

Суттєво, у 8 разів, зріс показник резистентності клебсієл. Карбапенем-резистентні клебсієли (*K. pneumoniae*, CRKP) становили 24 % (105/25) у 2025 р. порівняно з 3 % (34/4) у 2024 р. Дані збудники виділялися у відділеннях: анестезіології та інтенсивної терапії (показник резистентності 23 % (26/6)); інтенсивної терапії та анестезіології новонароджених дітей (показник резистентності 48 % (23/11)). Резистентність *K. pneumoniae* зареєстровано до представників класів антибіотиків — пеніцилінів, фторхінолонів, аміноглікозидів, карбапенемів, захищених цефалоспоринов і навіть азтреонаму, за винятком колістину, до якого в жодному випадку не зареєстровано резистентності.

Найнижчим серед всіх бактерій групи ESKAPE є показник резистентності золотистого стафілокока (*St. aureus*, MRS). Частка резистентних штамів MRSA — 3 % (651/22) проти 2 % (766/14) у 2024 р. Цей збудник виділявся у пацієнтів відділень анестезіології та інтенсивної терапії (показник резистентності 6 % (98/6)), терапії та анестезіології новонароджених дітей (показник резистентності 6 % (32/2)), хірургічному (показник резистентності 6 % (83/5)), пульмонологічному (показник резистентності 2 % (174/4)), травматологічному (показник резистентності 17 % (6/1)), ЛОР-відділенні (показник резистентності 1 % (69/1)), офтальмологічному (показник резистентності 13 % (8/1)).

Резистентність MRSA відмічалася до β-лактамних антибактеріальних препаратів, фторхінолонів, аміноглікозидів, тетрациклінів, макролідів.

Не реєструвалось резистентності *St. aureus* до ванкомицину, тейкопланіну, лінезоліду.

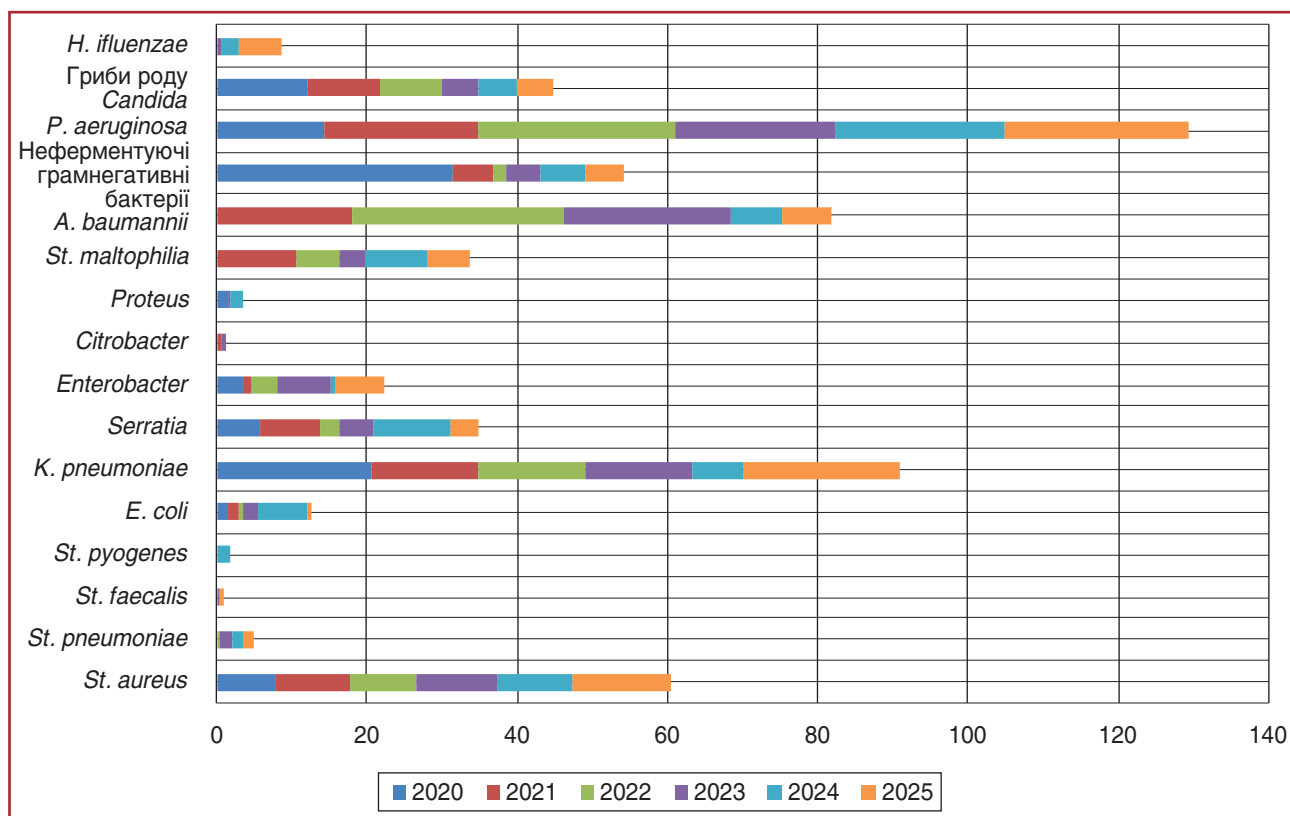


Рисунок 3. Видовий склад мікроорганізмів, виділених з респіраторного тракту (сумарно, %) за 2020–2025 роки

Серед виділених від хворих штамів *E. coli* резистентними виявилися 8 % (242/20) ізолятів. Даний збудник демонстрував стійкість до амоксициліну-клавуланату, фторхінолонів, цефалоспоринов III–IV покоління, аміноглікозидів, що потрібно враховувати при стартовій антибактеріальній терапії. Не зареєстровано жодного випадку резистентності *E. coli* до карбапенемів та піперациліну/тазобактаму.

Висновки

1. У відділеннях підвищеного епідеміологічного ризику домінують грамнегативні мікроорганізми, частка яких становить близько 47,7 % серед усіх виділених збудників, що визначає характер інфекційного процесу та складність антибактеріальної терапії.

2. Провідними збудниками залишаються представники групи ESKAPE, зокрема: *Pseudomonas aeruginosa* (до 22,1 %), *Klebsiella pneumoniae* (до 20,8 %), *Acinetobacter baumannii* (до 15,6 %), що підтверджує їх ключову роль у розвитку тяжких госпітальних інфекцій.

3. Встановлено значне зростання антибіотикорезистентності, зокрема: різке підвищення резистентності *Klebsiella pneumoniae* (до 24 %), високий рівень MDR у *Acinetobacter baumannii* (до 83 %), прогресування зростання резистентності *Pseudomonas aeruginosa*. Відмічається полірезистентність до більшості класів антибіотиків, що суттєво обмежує можливості емпіричної терапії та підвищує ризик неефективного лікування.

4. Найбільш ефективними препаратами для окремих збудників залишаються колістин, азтреонам, лінезолід, що потрібно враховувати при формуванні протоколів лікування.

5. Отримані дані підтверджують необхідність постійного мікробіологічного моніторингу, персоналізованого підбору антибіотиків та впровадження програм антимікробного моніторингу.

6. Виявлені тенденції свідчать про високий ризик подальшого зростання резистентності, що потребує інтеграції клінічних, мікробіологічних та цифрових підходів до управління інфекціями.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Це дослідження не отримало спеціального гранту від жодної фінансової агенції в державному, комерційному чи некомерційному секторах.

Внесок авторів. Семкович Я.В. — концепція і дизайн дослідження, збір і обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту; Дмитрієв Д.В. — збір і обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту, підготовка до друку; Семкович М.Я. — обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, вичитка тексту, підготовка до друку; Салижин Т.І. — аналіз отриманих даних, вичитка тексту, підготовка до друку.

Список літератури

1. Rosenthal VD. Health-care-associated infections in developing countries. *Lancet*. 2011;377(9761):186–8. doi: 10.1016/S0140-6736(10)62005-3.

2. Haque M, Sartelli M, McKimm J, Abu Bakar M. Health care-associated infections — an overview. *Infection and Drug Resistance*. 2018;11:2321–2333. doi: 10.2147/IDR.S177247.

3. Khan HA, Baig FK, Mehboob R. Nosocomial Infection: Epidemiology, Prevention, Control and Surveillance. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2017;7:478–482. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.019>.

4. Cassini A, Plachouras D, Eckmanns T, Abu Sin M, Blank HP, Ducomble T, et al. Burden of Six Healthcare-Associated Infections on European Population Health: Estimating Incidence-Based Disability-Adjusted Life Years through a Population Prevalence-Based Modeling Study. *PLoS Med*. 2016 Oct 18;13(10):e1002150. doi: 10.1371/journal.pmed.1002150.

5. Kritsotakis EI, Kontopidou F, Astrinaki E, Roubelaki M, Ioannidou E, Gikas A. Prevalence, incidence burden, and clinical impact of healthcare-associated infections and antimicrobial resistance: a national prevalent cohort study in acute care hospitals in Greece. *Infect Drug Resist*. 2017;10(10):317–328. <https://doi.org/10.2147/IDR.S147459>.

6. Marshall JC, Charbonney E, Gonzalez PD. The immune system in critical illness. *Clin Chest Med*. 2008;29(4):605–616. doi: 10.1016/j.ccm.2008.08.001.

7. Nazarchuk OA, Dmytriiev DV, Dmytriiev KD, Nazarchuk HH, Zaltskiy BV. Characteristics of infectious complications in critically ill patients. *Wiadomosci lekarskie*. 2018;71(9):1784–1792.

8. Dmytriiev D, Dobrovanov O, Kralinsky K, Dmytriiev K, Melnychenko M. A case report of successful experience of using adaptive support ventilation in the pediatric patient with viral interstitial pneumonia COVID-19 positive. *Lekarsky Obzor*. 2021;70(3):119–123.

9. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). How Antimicrobial Resistance Happens. [accessed on 20 April 2026]; Available online: <https://www.cdc.gov/drugresistance/about/how-resistance-happens.htm>.

10. Zhou G, Shi QS, Huang XM, Xie XB. The Three Bacterial Lines of Defense against Antimicrobial Agents. *Int J Mol Sci*. 2015;16:21711–21733. doi: 10.3390/ijms160921711.

11. Khameneh B, Diab R, Ghazvini K, Fazly Bazzaz BS. Breakthroughs in bacterial resistance mechanisms and the potential ways to combat them. *Microb Pathog*. 2016;95:32–42. doi: 10.1016/j.micpath.2016.02.009.

12. Read AF, Woods RJ. Antibiotic resistance management. *Evol Med Public Health*. 2014;2014:147. doi: 10.1093/emph/eou024.

13. George A. Antimicrobial resistance, trade, food safety and security. *One Health*. 2018;5:6–8. doi: 10.1016/j.onehlt.2017.11.004.

14. Antimicrobial Resistance Collaborators (ARC). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *Lancet*. 2022;399:629–655. doi: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.

15. O'Neill J. Antimicrobial resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations (The Review on Antimicrobial Resistance, London, 2016, United Kingdom). *Rev Antimicrob Resist*. 2014.

16. Ghimpeanu OM, Pogurschi EN, Popa DC, Dragomir N, Drăgoțoiu T, Mihai OD, Petcu CD. Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food — A Public Health Threat: A Review. *Foods*. 2022;11:1430. doi: 10.3390/foods11101430.

17. Founou RC, Founou LL, Essack SY. Clinical and economic impact of antibiotic resistance in developing countries: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12:e0189621. doi: 10.1371/journal.pone.0189621.

18. Iskandar K, Murugaiyan J, Hammoudi Halat D, Hage SE, Chibabhai V, Adukkadukkam S, et al. Antibiotic Discovery and Re-

sistance: *The Chase and the Race. Antibiotics*. 2022;11:182. doi: 10.3390/antibiotics11020182.

19. Ljungquist O, Magda M, Giske CG, Tellapragada C, Nazarchuk O, Dmytriiev D, et al. Pandrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* isolated from Ukrainian war victims are hypervirulent. *The Journal of infection*. 2024;89(6):106312. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2024.106312>.

20. Muresu N, Deiana G, Dettori M. Infection prevention control strategies of New Delhi Metallo- β -lactamase producing *Klebsiella pneumoniae*. *Healthcare*. 2023;11(18).

21. Hughes J, Huo X, Falk L, Hurford A, Lan K, Coburn B, et al. Benefits and unintended consequences of antimicrobial de-escalation: Implications for stewardship programs. *PLoS One*. 2017 Feb 9;12(2):e0171218. doi: 10.1371/journal.pone.0171218.

22. Bassetti S, Tschudin-Sutter S, Egli A. Optimizing antibiotic therapies to reduce the risk of bacterial resistance. *European Journal of Internal Medicine*. 2022;99:7-12. doi: 10.1016/j.ejim.2022.01.029.

23. Matuszak SS, Kolodziej L, Micek S, Kollef M. Antibiotic De-Escalation in the Intensive Care Unit: Rationale and Potential Strategies. *Antibiotics*. 2025;14:467. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14050467>.

24. Shah P, Maheshwari T, Patel D. An overview: Implementation and core elements of antimicrobial stewardship programme. *Clinical Epidemiology and Global Health*. 2024;29:101543. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2024.101543>.

Отримано/Received 29.04.2026

Рецензовано/Revised 05.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 16.07.2026

Information about authors

Yaroslav Semkovych, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Disaster Medicine and Military Medicine, Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine; e-mail: semkovych.doc@gmail.com; phone: +380 (96) 876-22-77, +380 (50) 338-85-06; Medical Director, Ivano-Frankivsk Regional Children's Clinical Hospital, Ivano-Frankivsk, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-8319-022X>

Dmytro Dmytriiev, MD, DSc, PhD, MBA, Professor, Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: mddmytriiev@gmail.com, dmytrodmytriiev@gmail.com; phone: +380 (67) 430-94-49; Anesthesiologist, Center for Thermal Trauma and Reconstructive Surgery, Vinnytsia Regional Clinical Hospital named after M.I. Pirogov, Vinnytsia, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-6067-681X>

Mykhailo Semkovych, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine; e-mail: semkovych.m@gmail.com; phone: +380 (99) 311-16-80; <https://orcid.org/0009-0009-5785-0165>

Tetiana Salzhyn, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Internal Medicine 1, Clinical Immunology and Allergology named after Academician Ye.M. Neiko, Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine; e-mail: tsalzhyn@ifnu.edu.ua; phone: +380 (66) 572-09-62; <https://orcid.org/0000-0003-4206-622X>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contribution. Ya.V. Semkovych — research concept and design, collection and processing of materials, analysis of the obtained data, writing the text; D.V. Dmytriiev — collection and processing of materials, analysis of the received data, writing of the text, preparation for printing; M.Ya. Semkovych — processing of materials, analysis of received data, proofreading of text, preparation for printing; T.I. Salzhyn — analysis of the received data, proofreading of the text, preparation for printing.

Ya.V. Semkovych^{1,2}, D.V. Dmytriiev^{3,4}, M.Ya. Semkovych¹, T.I. Salzhyn¹

¹Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

²Ivano-Frankivsk Regional Children's Clinical Hospital, Ivano-Frankivsk, Ukraine

³Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

⁴Center for Thermal Trauma and Reconstructive Surgery, Vinnytsia Regional Clinical Hospital named after M.I. Pirogov, Vinnytsia, Ukraine

The dominance of ESKAPE-pathogens in intensive care units: an analysis of the microbial landscape and antibiotic resistance

Abstract. Healthcare-associated infections remain one of the key challenges of modern medicine, particularly in intensive care units and other departments with high epidemiological risks. Antimicrobial resistance is an inevitable evolutionary phenomenon observed in all organisms, arising from the development of genetic mutations as a protective response to lethal selective pressure. Objective: to study the microbial landscape in children hospitalized in high epidemiological risk departments and to analyze the effectiveness of modern antibacterial agents during intensive care. **Materials and methods.** An analysis was conducted of biological samples obtained from children with various infectious pathologies who were treated in high epidemiological risk departments of the Municipal Non-Profit Enterprise "Ivano-Frankivsk Regional Children's Clinical Hospital of the Ivano-Frankivsk Regional Council" during 2020–2025. **Results.** Of the 1,584 biological samples analyzed in 2025, only 369 (23.3 %) were positive. Among them, the distribution was as follows: blood — 1.5 %, bronchial tree — 36.6 %, throat and nasal samples (sputum) — 39.7 %, urine — 8.5 %, pleural fluid — 0 %, burn wounds — 25.9 %, cerebrospinal fluid — 5.7 %, gastric contents (in neonates) — 48.3 %. In the structure of pathogens isolated from patients with respiratory tract infections, *Klebsiella pneumoniae*

remains the most threatening one, with proportion ranging from 14.4 to 6.9 % during 2021–2024 and increasing to 20.8 % in 2025. Within the structure of antimicrobial resistance among ESKAPE pathogens in 2025, the highest resistance rate was observed for *Acinetobacter baumannii*. **Conclusions.** Gram-negative microorganisms dominate in high epidemiological risk departments, accounting for approximately 47.7 % of all isolated pathogens, which determines the nature of the infectious process and complicates antibacterial therapy. Representatives of the ESKAPE group remain the leading pathogens, in particular *Pseudomonas aeruginosa* (up to 22.1 %), *Klebsiella pneumoniae* (up to 20.8 %), and *Acinetobacter baumannii* (up to 15.6 %), confirming their key role in the development of severe nosocomial infections. A significant increase in antibiotic resistance has been identified, including a sharp rise in resistance of *Klebsiella pneumoniae* (up to 24 %), a high level in *Acinetobacter baumannii* (up to 83 %), and a progressive increase in resistance of *Pseudomonas aeruginosa*. Multidrug resistance to most classes of antibiotics has been observed, significantly limiting the options for empirical therapy and increasing the risk of ineffective treatment.

Keywords: antibiotics; antimicrobial resistance; ESKAPE pathogens; children

Чуклін С.С.

Медичний центр Святої Параскеви, м. Львів, Україна

Мікробний пейзаж жовчі при холециститі: що визначає раціональний вибір антибактеріальної терапії

Резюме. Актуальність. Бактеріобілія при холециститі має важливе клінічне значення, оскільки локальний спектр збудників і їх антибіотикочутливість визначають обґрунтованість емпіричної антибактеріальної терапії. **Мета:** охарактеризувати бактеріобілію при гострому і хронічному холециститі, а також при різних ступенях тяжкості гострого холециститу. **Матеріали та методи.** Проаналізовано 32 інтраопераційні посіви жовчі з антибіограмами у пацієнтів після лапароскопічної холецистектомії. Оцінювали частоту позитивних посівів, мономікробний і полімікробний ріст, видовий склад ізолятів та профіль антибіотикочутливості. **Результати.** Позитивні посіви жовчі виявлено у 29 із 32 пацієнтів (90,6 %): при гострому холециститі — у 86,7 %, при хронічному — у 94,1 %. Гострий холецистит частіше супроводжувався полімікробними культурами (61,5 % серед позитивних) і ширшим грамнегативним спектром, тоді як при хронічному холециститі спостерігався відносно стабільніший ентеробактеріальний профіль із більшою часткою *Escherichia coli* та *Klebsiella pneumoniae*. При II ступені тяжкості гострого холециститу мікробний спектр був різноманітнішим, ніж при I ступені, з появою додаткових клінічно значущих патогенів. Найвищу активність за антибіограмами продемонстрували амікацин (100,0 %), меропенем (97,8 %), тобраміцин (97,8 %), гентаміцин (97,6 %), піперацилін/тазобактам (97,7 %, S + I) та імipенем (95,7 %, S + I). Найнижчу активність мали ампіцилін, амоксицилін/клавуланат і фторхінолони. **Висновки.** Клінічно значущим фактором є не лише бактеріобілія, а й структура ізолятів та локальний профіль резистентності. Вибір емпіричної терапії слід ґрунтувати на локальних антибіограмах і стратифікації тяжкості.

Ключові слова: бактеріобілія; жовч; гострий холецистит; хронічний холецистит; антибіотикочутливість

Вступ

Бактеріальне обсіменіння жовчі при холециститі сьогодні розглядають не лише як лабораторний феномен, а і як клінічно значущу характеристику перебігу біліарного запалення. У пацієнтів із хронічним холециститом бактеріобілія частіше інтерпретується як прояв довготривалої колонізації на тлі каменеутворення, біоплівки і періодичних епізодів субклінічного загострення [1–5]. Водночас при гострому холециститі позитивний посів жовчі пов'язують із тривалишим жовчним стазом, вираженішою запальною деструкцією стінки міхура, попередніми біліарними втручаннями, підвищеною ймовірністю тяжкого локального процесу, більшою ймовірністю ускладненого перебігу та необхідністю

корекції антибактеріальної терапії [6–15]. Саме тому мікробіологічний аналіз жовчі становить практичний інтерес для відділень невідкладної хірургії, у яких емпіричне лікування має спиратися не на узагальнені припущення, а на локальний спектр збудників.

Однак більшість клінічних робіт зосереджується або на самій частоті позитивного посіву, або на зв'язку бактеріобілії з післяопераційними інфекційними ускладненнями. Значно рідше предметом спеціального аналізу стає питання, у чому саме полягає різниця мікробіологічної структури жовчі при гострому та хронічному холециститі. Однак для практичної хірургії невідкладних станів це питання є принциповим, оскільки однакова частота позитивних посівів у двох клінічних формах не

означає однакового спектра збудників і не передбачає однакової клінічної ваги виявленої флори.

Традиційна модель бактеріобілії описувала домінування *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Enterococcus spp.* та інших ентеробактерій, що потрапляють у жовчні шляхи переважно висхідним шляхом з кишечника на тлі застою жовчі та порушення бар'єрних властивостей міхурової стінки [5, 8–11, 16]. Однак сучасні культуральні та молекулярні дослідження показали, що біліарне середовище є значно складнішою екосистемою. У ньому можуть виявлятися *Serratia spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp.*, рідкісні неферментуючі мікроорганізми та різноманітні полімікробні асоціації, особливо при тривалому або тяжкому запаленні [1–4, 11, 17]. Така різноманітність безпосередньо впливає на точність емпіричної антибіотикотерапії та підкреслює важливість локальних антибіограм [13–15].

Питання різниці між гострим і хронічним холециститом набуває особливої актуальності через те, що ці дві форми захворювання відрізняються не лише клінічним перебігом, а й патоморфологічною основою. Гострий холецистит характеризується активним нейтрофільним запаленням, набряком, порушенням мікроциркуляції та ризиком гнійно-деструктивних змін. Натомість хронічний холецистит є станом тривалого ремоделювання стінки жовчного міхура з фіброзом, рецидивуючим ушкодженням слизової та відносно стабільним середовищем для тривалішої бактеріальної колонізації. Саме тому можна очікувати, що навіть за близької частоти позитивних посівів профіль збудників у цих двох клінічних ситуаціях буде різним.

Ще менш висвітленою в локальних серіях є проблема бактеріобілії при різних ступенях тяжкості гострого холециститу. Tokyo Guidelines [18] залишаються загальновизнаною системою стратифікації гострого холециститу, однак у реальній клінічній практиці мікробіологічні відмінності між окремими ступенями тяжкості описуються нечасто. Дані сучасної літератури свідчать, що позитивні культури жовчі частіше виявляються у пацієнтів із вищим ступенем тяжкості, а спектр ізолятів у таких випадках може бути ширшим і менш передбачуваним, як і ймовірність антибіотикорезистентності [6, 7, 10–12, 19].

Для вибору стартової антибактеріальної тактики важлива не лише наявність бактерій у жовчі, а й структура бактеріобілії: мономікробність чи полімікробність, співвідношення грамнегативної та грампозитивної флори, частота неферментуючих мікроорганізмів, а також наявність патогенів, характерних для госпітального середовища. Саме ця структура визначає, наскільки емпіричне лікування відповідає реальному локальному спектру патогенів [8, 9, 11, 13–15].

На тлі вищенаведеного особливу цінність мають локальні клініко-мікробіологічні серії, у яких посіви жовчі можна безпосередньо співвіднести з формою холециститу та ступенем тяжкості гострого процесу. Такі спостереження не лише доповнюють міжнародні дані, а й демонструють реальний мікробіологічний ландшафт конкретного стаціонару, який може суттєво відрізнятися від класичної літературної моделі. Антибіотико-

чутливість біліарних ізолятів сьогодні має не менше значення, ніж сам факт позитивного посіву. Сучасні дослідження показують, що рутинне використання ампіциліну, амоксициліну/клавуланату або фторхінолонів дедалі частіше не забезпечує належного покриття, тоді як карбапенеми, аміноглікозиди та піперацилін/тазо-бактам у багатьох центрах зберігають вищу активність [6, 11, 13–15]. Водночас жодна схема не може вважатися універсальною без урахування локальної антибіограми.

Мета дослідження: детально охарактеризувати бактеріобілію при гострому і хронічному холециститі, при різних ступенях тяжкості гострого холециститу. Окремим завданням був опис локального профілю антибіотикочутливості за антибіограмами.

Матеріали та методи

Дослідження виконано як проспективне одноцентрове клініко-мікробіологічне спостереження. Джерелами даних слугували 32 результати інтраопераційного бактеріологічного дослідження жовчі з антибіотикограмою та клінічні дані пацієнтів, які перенесли лапароскопічну холецистектомію у Львівській обласній клінічній лікарні. Усі випадки були зіставлені на індивідуальному рівні за пацієнтом та використані для формування єдиної аналітичної когорти. У 15 хворих діагностовано гострий калькульозний холецистит і у 17 — хронічний. У середині групи гострого холециститу випадки стратифікували за Tokyo Guidelines [18]: I ступінь тяжкості — 5 пацієнтів, II ступінь — 10 пацієнтів.

Жовч отримували під час операційного втручання шляхом пункції жовчного міхура (до або після видалення). Біологічний матеріал засівали на селективні та неселективні поживні середовища. Після росту мікрофлори виконували її ідентифікацію за допомогою автоматизованої мікробіологічної системи BD Phoenix M50 (Becton, Dickinson, USA). Антибіотикочутливість визначали диско-дифузійним методом, а інтерпретацію результатів здійснювали відповідно до рекомендацій EUCAST із використанням категорій S (чутливий), I (чутливий при збільшеній експозиції) і R (стійкий) [20].

Позитивним посівом жовчі вважали будь-який документований ріст мікроорганізмів. Мономікробним вважали посів із виділенням одного ізоляту, полімікробним — посів із двома і більше ізолятами. Окремо підраховували загальну кількість ізолятів, а також частку грамнегативних і грампозитивних мікроорганізмів у кожній порівнюваній групі. Видові назви ізолятів уніфікували відповідно до сучасної бактеріологічної номенклатури.

Для статистичної обробки використовували описові методи та точний критерій Fisher для порівняння категоріальних змінних (JASP (version 0.95.4, JASP Team, Amsterdam, The Netherlands)). Кількісні характеристики мікробіологічного блоку подавали як абсолютні значення і відсотки. Первинними кінцевими точками дослідження були: 1) частота позитивних посівів жовчі; 2) частка мономікробних і полімікробних культур; 3) видовий склад бактеріобілії; 4) відмінності цих показників між гострим і хронічним холециститом; 5) відмінності тих самих показників між групами тяжкості

гострого холециститу. Для кожного антибактеріального препарату підраховували кількість результатів S, I та R, а також частку ізолятів із категоріями S + I серед усіх протестованих проб.

Результати

У досліджуваній когорті позитивні посіви жовчі виявлено у 29 із 32 пацієнтів, що становило 90,6 % (табл. 1). Таким чином, уся серія характеризувалася дуже високою частотою бактеріобілії. Негативний результат посіву був зафіксований лише у 3 випадках. Серед позитивних культур 13 були мономікробними, 16 — полімікробними, тобто полімікробність спостерігалася більш ніж у половині позитивних посівів. Загалом із жовчі виділено 49 ізолятів.

При порівнянні гострого і хронічного холециститу встановлено, що сама частота позитивного посіву жовчі відрізнялася незначно: 86,7 проти 94,1 % відповідно. Це свідчить, що в умовах відібраної хірургічної когорти бактеріобілія була поширеним явищем при обох формах захворювання. Однак подальший аналіз показав, що однакова або близька частота позитивної культури не означає однакової мікробіологічної структури жовчі.

Для гострого холециститу виявилася характерною вища частка полімікробних посівів. Серед 13 позитивних культур у цій групі 8 були полімікробними, тобто 61,5 %. Для хронічного холециститу мономікробні та полімікробні посіви зустрічалися однаково часто — по 8 випадків серед 16 позитивних культур. Отже, гострий холецистит у цій серії частіше супроводжувався саме змішаними мікробними асоціаціями, що відображає більш динамічний та, імовірно, мікробіологічно нестабільний характер гострого запалення.

Ще вираженішою була різниця у видовому складі ізолятів (рис. 1). У групі гострого холе-

циститу з 23 виділених мікроорганізмів 22 були грам-негативними і лише 1 — грампозитивним. У цій групі домінувала *Serratia marcescens*, а також відносно часто реєструвалися *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae*, *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis* і *Klebsiella pneumoniae*. *Escherichia coli* трапилася лише в одному спостереженні. Такий профіль складно назвати класично ентеробактеріальним; навпаки, він демонстрував зсув у бік неферментуючих та умовно-госпітальних грам-негативних патогенів.

При хронічному холециститі мікробіологічна картина була дещо іншою. Хоча *Serratia marcescens* також посідала перше місце за частотою, у цій групі значно більшу роль відігравали *Escherichia coli* та *Klebsiella pneumoniae*. Крім того, саме при хронічному холециститі частіше траплялися *Serratia rubidaea*, *Streptococcus viridans*, *Enterococcus faecalis* та *Enterococcus faecium*. Тобто хронічний процес мав менш агресивний профіль із більшою питомою вагою ентеробактерій у вузькому значенні та дещо більшою участю грампозитивних коків.

Отже, головна відмінність між гострим і хронічним холециститом полягала не у наявності бактерій у жовчі,

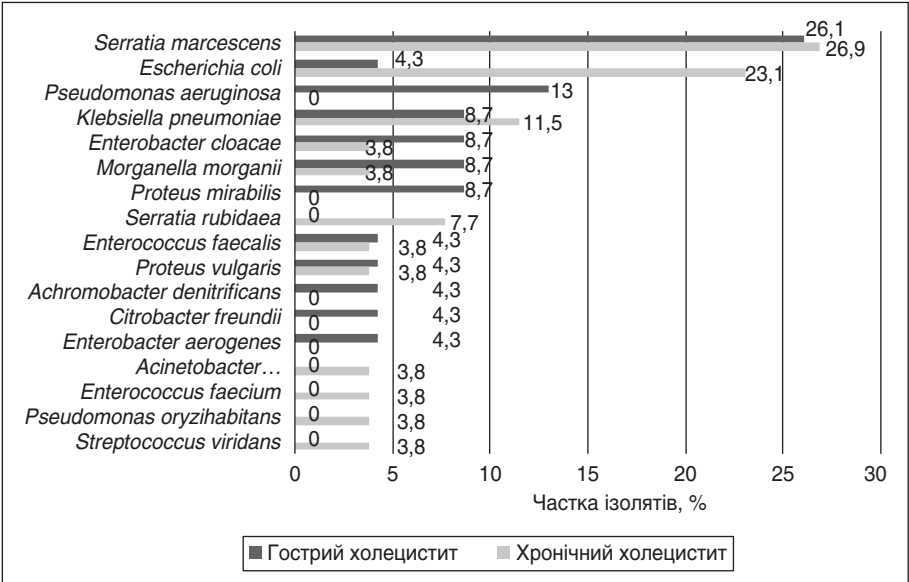


Рисунок 1. Видовий склад ізолятів при гострому і хронічному холециститі

Таблиця 1. Структура бактеріобілії при гострому і хронічному холециститі, n (%)

Показник	Гострий холецистит (n = 15)	Хронічний холецистит (n = 17)	p
Позитивні посіви жовчі	13 (86,7)	16 (94,1)	0,589
Негативні посіви жовчі	2 (13,3)	1 (5,9)	0,589
Мономікробні посіви, усі випадки	5 (33,3)	8 (47,1)	0,491
Полімікробні посіви, усі випадки	8 (53,3)	8 (47,1)	1,0
Мономікробні серед позитивних	5 (38,5)	8 (50,0)	0,711
Полімікробні серед позитивних	8 (61,5)	8 (50,0)	0,711
Усього ізолятів	23	26	
Грамнегативні ізоляти	22 (95,7)	23 (88,5)	0,612
Грампозитивні ізоляти	1 (4,3)	3 (11,5)	0,612

а в характері цієї бактеріобілії. Гострий холецистит у дослідженій когорті асоціювався з ширшим грамнегативним спектром і частішою полімікробністю, тоді як хронічний — із відносно стабільнішим профілем, у якому помітнішими були *Escherichia coli* та інші класичні кишкові мікроорганізми.

У межах гострого холециститу позитивні посіви виявлено у 4 із 5 пацієнтів з I ступенем тяжкості та у 9 із 10 пацієнтів з II ступенем тяжкості. Таким чином, зі зростанням ступеня тяжкості від I до II частота бактеріобілії мала тенденцію до підвищення, хоча через малу чисельність підгруп статистичної значущості ця різниця не досягла. Негативний посів траплявся по одному разу в кожній підгрупі.

Структура росту в цих підгрупах також відрізнялася (табл. 2). Серед позитивних посівів I ступеня тяжкості частка полімікробних культур становила 75,0 %, а II ступеня тяжкості — 55,6 %. На перший погляд, це може створити враження більшої полімікробності при легшому перебігу. Проте така інтерпретація була б надто прямолінійною. Значно важливішим виявилось не саме співвідношення мономікробних і полімікробних культур, а розширення спектра ізолятів при II ступені тяжкості.

При I ступені тяжкості всі виділені мікроорганізми були грамнегативними (рис. 2). До спектра входили *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis* та *Enterobacter cloacae*. При II ступені тяжкості зберігалось домінування грамнегативної флори, однак спектр ставав ширшим і клінічно вагомим: поряд із *Serratia marcescens* та *Pseudomonas aeruginosa* з'являлися *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* та *Achromobacter denitrificans*. Саме поява більшої кількості таксонів, зокрема грампозитивного кокового компонента, є ключовою мікробіологічною

особливістю II ступеня тяжкості гострого холециститу у нашому матеріалі.

Важливо, що загальний спектр усієї серії мав яскраво виражену локальну специфіку (табл. 3). Із 49 ізолятів 13 припадали на *Serratia marcescens*, тобто цей мікроорганізм був виявлений майже в половині всіх позитивних посівів. *Escherichia coli* посідала друге місце, але істотно поступалася за частотою. Таке співвідношення відрізняється від багатьох опублікованих серій, у яких саме *Escherichia coli* є провідним ізолятом. Отриманий результат вказує на важливість локального мікробіологічного профілю як для аналізу бактеріобілії, так і для обґрунтування стартової антибактеріальної тактики.

Серед антибіограм найвищу активність продемонстрував амікацин: усі протестовані ізоляти виявилися чутливими до нього (45/45; 100,0 %) (табл. 4). Висока активність також зберігалася для меропенему (45/46; 97,8 %), тобраміцину (44/45; 97,8 %), гентаміцину (40/41; 97,6 %) та піперациліну/тазобактаму, для якого частка S + I становила 97,7 % (43/44), а частка повної чутливості S — 88,6 % (39/44). Для імipенему частка S + I становила 95,7 % (45/47), однак частка повної чутливості була нижчою — 72,3 % (34/47), що вказує на помітну частоту категорії I. Ко-тримоксазол харак-

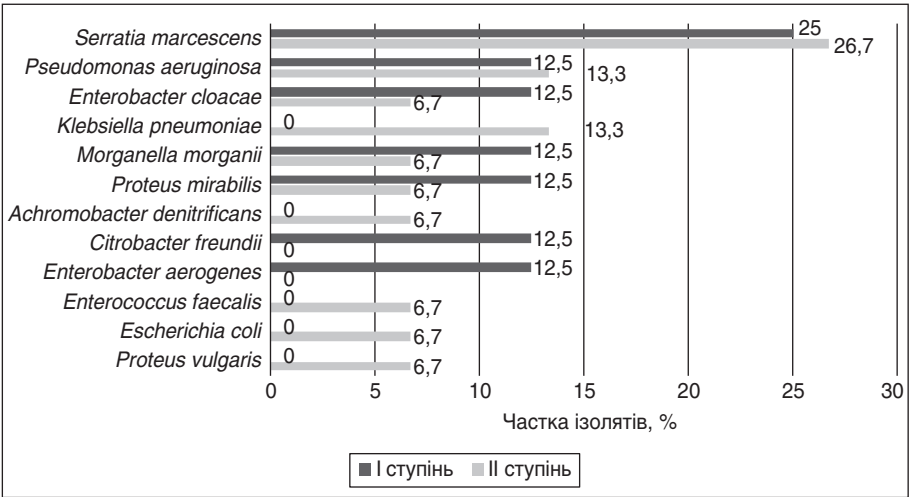


Рисунок 2. Видовий склад ізолятів у підгрупах тяжкості гострого холециститу

Таблиця 2. Бактеріобілія при різних ступенях тяжкості гострого холециститу, n (%)

Показник	I ступінь (n = 5)	II ступінь (n = 10)	p
Позитивні посіви жовчі	4 (80,0)	9 (90,0)	1,000
Негативні посіви жовчі	1 (20,0)	1 (10,0)	1,000
Мономікробні посіви, усі випадки	1 (20,0)	4 (40,0)	0,600
Полімікробні посіви, усі випадки	3 (60,0)	5 (50,0)	1,000
Мономікробні серед позитивних	1 (25,0)	4 (44,4)	1,000
Полімікробні серед позитивних	3 (75,0)	5 (55,6)	1,000
Усього ізолятів	8	15	
Грамнегативні ізоляти	8 (100,0)	14 (93,3)	1,000
Грампозитивні ізоляти	0 (0,0)	1 (6,7)	1,000

теризувався збереженою активністю у 90,0 % випадків (36/40). Натомість цефалоспорини III–IV покоління демонстрували лише помірну активність: для цефтазидиму категорія S + I становила 68,2 % (30/44), для цефепіму — 62,2 % (28/45), а для цефтріаксону лише 46,3 % (19/41). Найнижчу активність мали ампіцилін — 11,9 % (5/42), амоксицилін/клавуланат — 31,7 % за категорією S + I (13/41) при лише 4,9 % повної чутливості S (2/41), а також фторхінолони: для ципрофлоксацину катего-

рія S + I становила 39,1 % (18/46), для офлоксацину — 32,5 % (13/40), для моксифлоксацину — 20,0 % (8/40).
Порівняльний аналіз показав, що профілі антибіотикочутливості при гострому і хронічному холециститі були загалом подібними для найбільш активних препаратів (рис. 3), однак при гострому холециститі дещо вищими були показники S + I для цефтазидиму, цефепіму, цефтріаксону та фторхінолонів. Водночас при обох формах холецистити зберігалася дуже низька

Таблиця 3. Загальна частота виділення мікроорганізмів із жовчі

Мікроорганізм	Кількість ізолятів	Відсоток від усіх ізолятів (n = 49)	Відсоток від позитивних посівів (n = 29)
<i>Serratia marcescens</i>	13	26,5	44,8
<i>Escherichia coli</i>	7	14,3	24,1
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5	10,2	17,2
<i>Enterobacter cloacae</i>	3	6,1	10,3
<i>Morganella morganii</i>	3	6,1	10,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3	6,1	10,3
<i>Enterococcus faecalis</i>	2	4,1	6,9
<i>Proteus mirabilis</i>	2	4,1	6,9
<i>Proteus vulgaris</i>	2	4,1	6,9
<i>Serratia rubidaea</i>	2	4,1	6,9
<i>Achromobacter denitrificans</i>	1	2,0	3,4
<i>Acinetobacter baumannii/calcoaceticus</i>	1	2,0	3,4
<i>Citrobacter freundii</i>	1	2,0	3,4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1	2,0	3,4
<i>Enterococcus faecium</i>	1	2,0	3,4
<i>Pseudomonas oryzae</i>	1	2,0	3,4
<i>Streptococcus viridans</i>	1	2,0	3,4

Таблиця 4. Узагальнена антибіотикочутливість за інтерпретованими антибіограмами

Препарат	S (n)	I (n)	R (n)	Кількість тестів	S (%)	S + I (%)
Амікацин	45	0	0	45	100,0	100,0
Меропенем	45	0	1	46	97,8	97,8
Імпіненем	34	11	2	47	72,3	95,7
Піперацилін/тазобактам	39	4	1	44	88,6	97,7
Гентаміцин	40	0	1	41	97,6	97,6
Тобраміцин	44	0	1	45	97,8	97,8
Ко-тримоксазол	36	0	4	40	90,0	90,0
Цефтазидим	21	9	14	44	47,7	68,2
Цефепім	20	8	17	45	44,4	62,2
Цефтріаксон	19	0	22	41	46,3	46,3
Ципрофлоксацин	14	4	28	46	30,4	39,1
Офлоксацин	13	0	27	40	32,5	32,5
Моксифлоксацин	8	0	32	40	20,0	20,0
Амоксицилін/клавуланат	2	11	28	41	4,9	31,7
Ампіцилін	5	0	37	42	11,9	11,9

активність ампіциліну та недостатня активність амоксициліну/клавуланату.

Обговорення

Проведене дослідження показало, що для практичної інтерпретації бактеріобілії вирішальне значення має не лише частота позитивного посіву жовчі, а насамперед мікробіологічна структура отриманої культури. У нашій когорті позитивні посіви були дуже частими як при гострому, так і при хронічному холециститі. Це свідчить, що вибіркова інтраопераційна мікробіологія у хірургічному відділенні не формує нейтральної вибірки, а відображає групу пацієнтів із підвищеною клінічною підозрою на інфіковану жовч. Саме цим, імовірно, пояснюється надзвичайно висока загальна частота бактеріобілії порівняно з багатьма опублікованими роботами [5, 7, 10, 12, 19, 21].

Найважливіший висновок полягає в тому, що гострий холецистит у нашому матеріалі мав інший мікробіологічний портрет, ніж хронічний. Для гострого процесу характерні полімікробність, майже тотальне домінування грамнегативної флори та участь неферментуючих або умовно-госпітальних збудників, зокрема *Pseudomonas aeruginosa*. Така структура добре вписується в патофізіологію гострого холециститу: гостра обструкція міхурової протоки, підвищення внутрішньоміхурового тиску, ішемічне ушкодження стінки і порушення бар'єрної функції створюють умови не лише для бактеріальної колонізації, а й для формування змішаних асоціацій.

При хронічному холециститі, навпаки, переважав більш спокійний ентеробактеріальний профіль із суттєво вищою часткою *Escherichia coli*. Це може відображати тривалу колонізацію жовчного міхура на тлі каменеутворення та біоплівкоутворення, коли мікробне співтовариство стабілізується і набуває рис відносно постійної кишкової колонізації. Поява в цій групі *Serratia rubidaea*, *Enterococcus faecalis* і *Enterococcus faecium* також може свідчити про поступове ремоделювання локальної екосистеми жовчі при тривалому запаленні.

Особливу увагу привертає домінування *Serratia marcescens*. У класичних роботах та більшості сучасних клінічних серій перше місце серед біліарних ізолятів зазвичай посідає *Escherichia coli*, рідше — *Klebsiella spp.* або *Enterococcus spp.* [5, 7–12, 19, 21]. У нашій когорті *Serratia marcescens* була не просто частим, а провідним патогеном і траплялася як при гострому, так і при хронічному холециститі. Така знахідка не повинна розцінюватися як випадкове лабораторне відхилення. Вона може відображати локальні особливості мікробіологічного середовища стаціонару, попередній вплив антибактеріальної терапії, селекцію госпітально асоційованих штамів або специфіку маршрутизації пацієнтів.

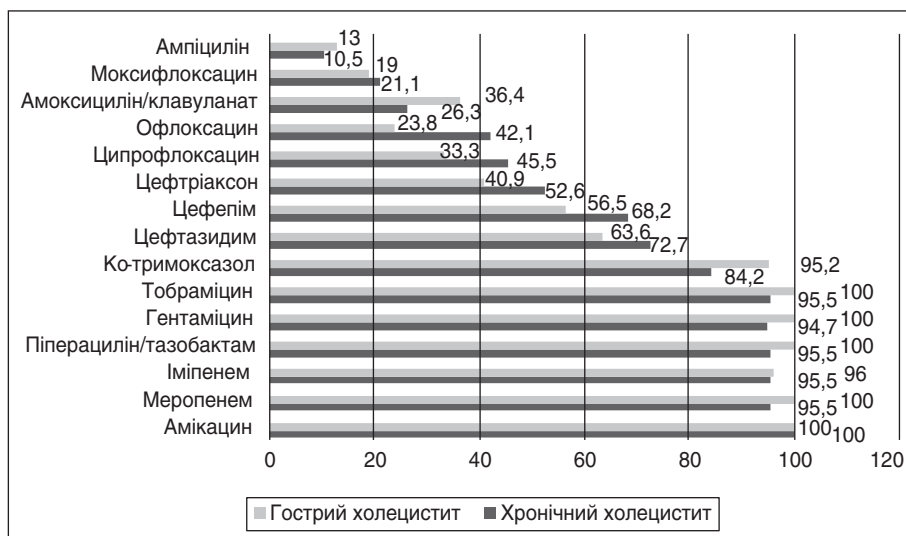


Рисунок 3. Порівняння частки ізолятів із категорією S + I при гострому і хронічному холециститі, %

З практичної точки зору це означає, що екстраполяція середнього літературного збудника на конкретний центр може бути хибною. Якщо лікар орієнтується лише на очікуване домінування *Escherichia coli*, він ризикує недооцінити частку *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa* або *Enterobacter cloacae*. Для невідкладної біліарної хірургії це має особливе значення, оскільки рішення про антибіотикотерапію найчастіше приймається до отримання остаточної антибіотикограми [8, 9, 11, 17]. Саме тому локальні антибіограми мають бути частиною стандартного перегляду емпіричних схем у відділеннях невідкладної хірургії [13–15].

Не менш цікавими є дані щодо тяжкості гострого холециститу. Хоча через відсутність III ступеня тяжкості у нашій когорті ми не можемо побудувати повний градієнт від легкого до важкого перебігу, навіть порівняння I та II ступенів тяжкості демонструє принципову тенденцію: зі зростанням тяжкості процесу спектр бактеріобілії стає ширшим. II ступінь тяжкості характеризувався появою *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis* і *Achromobacter denitrificans*, яких не було у пацієнтів з I ступенем тяжкості. Це важливе спостереження, оскільки воно свідчить, що прогресування гострого холециститу супроводжується не лише зростанням ймовірності бактеріальної колонізації, а й мікробіологічним ускладненням самої культури.

У певному сенсі II ступінь тяжкості можна розглядати як стан, у якому бактеріобілія стає не просто частішою, а менш передбачуваною. Для клініциста це означає, що при помірно тяжкому гострому холециститі емпіричне покриття повинне враховувати ширший мікробний спектр. Наші результати не дають підстав стверджувати, що кожен випадок II ступеня тяжкості потребує максимально широкої антибактеріальної схеми, однак вони переконливо показують, що мікробіологічна простота, властива частині випадків I ступеня тяжкості, для II ступеня тяжкості вже не є типовою.

Отримані результати також дають підстави по-іншому розглядати полімікробність. У контексті гострого холециститу вона може бути не лише мікробіоло-

гічною характеристикою, а й непрямим індикатором більш вираженого запалення, застою жовчі, транслокації кишкової флори або попередньої експозиції до антибіотиків. У таких ситуаціях роль адекватної стартової антибактеріальної терапії зростає, а користь локальних антибіограм стає особливо очевидною [6, 7, 9, 10, 19, 21].

Додатковий аналіз антибіотикочутливості робить клінічне значення нашої серії значно конкретнішим. Якщо мікробний спектр уже сам по собі відрізнявся від типового літературного профілю через домінування *Serratia marcescens*, то антибіограми показали ще одну важливу особливість: емпіричне покриття препаратами, які традиційно використовують як стандартні, у нашому матеріалі є ненадійним. Найбільш вразливими позиціями виявилися ампіцилін, амоксицилін/клавуланат і фторхінолони, тоді як найкращу активність зберігали амікацин, карбапенеми і в більшості випадків піперацилін/тазобактам.

Такі результати добре узгоджуються з сучасними літературними даними. У роботі de Miguel-Palacio та співавт. майже 37 % пацієнтів з гострим калькульозним холециститом отримували неадекватну емпіричну терапію, а головними причинами були ESBL-продукуючі ентеробактерії та *Enterococcus spp.* [13]. Obleaga та співавт. у семирічному дослідженні також продемонстрували значну резистентність до цефалоспоринів і хінолонів при збереженій активності амікацину та карбапенемів [15]. Наші дані фактично повторюють цю ж логіку, але на локальному рівні й у власній мікробіологічній конфігурації.

Не менш показовою є робота Lee та співавт., у якій автори пов'язали вибір стартових антибіотиків із конкретним видом мікроорганізму та клінічними факторами ризику [11]. У нашій когорті підхід, заснований на локальних антибіограмах, видається ще більш обґрунтованим, оскільки навіть поділ на гострий і хронічний холецистит або на I і II ступінь тяжкості не усуває гетерогенності ізолятів. Це означає, що клінічна тяжкість повинна використовуватися як орієнтир для ширини стартового покриття, але остаточний вибір антибактеріальної схеми має спиратися на реальний локальний мікробіологічний профіль.

Водночас сучасні дані змушують уникати спрощеного висновку, що інтраопераційний посів жовчі завжди прямо змінює ранні клінічні результати. Utsumi та співавт. підтвердили його корисність для опису профілю росту та резистентності, тоді як Shibata та співавт. показали, що рутинне виконання посіву не завжди поліпшує результати або змінює антибактеріальну тактику після належного контролю джерела інфекції [12, 17]. Для нашого матеріалу це означає, що клінічна цінність посіву полягає насамперед у формуванні локальної антибіограми й оптимізації майбутньої емпіричної тактики, а не лише у веденні конкретного прооперованого випадку.

Наше дослідження має низку обмежень. По-перше, вибірка є невеликою, тому статистична сила міжгрупових порівнянь обмежена. По-друге, йдеться про одноцентрову серію, яка може відображати локальну епідеміологічну специфіку і не бути цілком репрезентативною для інших хірургічних стаціонарів.

Попри це, практична цінність отриманих даних є дуже важливою. Для невідкладної хірургії жовчного міхура важливо розуміти, що бактеріобілія при гострому і хронічному холециститі — це не один і той самий мікробіологічний феномен. У першому випадку переважають полімікробність і ширший спектр грамнегативних, інколи нетипових або госпітально значущих збудників. У другому — частіше формується відносно стабільний профіль із більшою роллю *Escherichia coli* та інших ентеробактерій. Така різниця повинна враховуватися і при інтерпретації інтраопераційного посіву, і при побудові локальних алгоритмів антибактеріального супроводу.

Клінічні наслідки для практики невідкладної хірургії

З позицій медицини невідкладних станів результати цієї роботи мають кілька безпосередніх наслідків. По-перше, позитивний посів жовчі не слід трактувати однаково при гострому й хронічному холециститі. При гострому процесі він частіше відображає мікробіологічно складніше середовище з полімікробними асоціаціями та ширшим грамнегативним спектром, тоді як при хронічному холециститі частіше йдеться про тривалішу колонізацію з більшою участю класичної ентеробактеріальної флори.

По-друге, навіть у межах гострого холециститу клініцисту варто орієнтуватися не лише на сам факт бактеріобілії, а й на тяжкість захворювання. Підгрупа II ступеня тяжкості у нашому матеріалі демонструвала більшу мікробіологічну різноманітність, що підвищує ймовірність емпіричного промаху при надто вузькому початковому антибактеріальному покритті. Це не означає необхідності універсального розширення антибіотикотерапії, але підкреслює важливість локальних даних і раціонального індивідуального підходу.

По-третє, отримані результати підтримують доцільність накопичення локальних мікробіологічних баз у відділеннях, які регулярно виконують невідкладні лапароскопічні холецистектомії. Саме такі локальні бази дозволяють побачити реальні зрушення спектра патогенів і своєчасно адаптувати емпіричні підходи. Для хірурга це означає перехід від абстрактної середньої антибактеріальної схеми до тактики, заснованої на даних власного центру.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розширення вибірки, багатофакторну оцінку предикторів позитивного посіву жовчі та формування динамічних локальних карт антибіотикочутливості. Перспективним є також зіставлення мікробіологічного профілю жовчі з післяопераційними інфекційними ускладненнями, тривалістю госпіталізації та потребою в зміні емпіричної терапії.

Окремо слід підкреслити необхідність серійного мікробіологічного моніторингу. Виявлене домінування *Serratia marcescens* не можна розглядати як незмінну характеристику стаціонару. Спектр бактеріобілії є динамічним і потенційно чутливим до антибіотичного тиску, змін потоків пацієнтів, ендоскопічної активності та внутрішньолікарняної циркуляції окремих штамів.

Отже, створення разової локальної карти бактеріобілії є лише першим кроком; значно ціннішою була б побудова динамічної системи спостереження з періодичним оновленням даних.

Висновки

У дослідженні когорти бактеріобілія була дуже частою як при гострому, так і при хронічному холециститі: 86,7 і 94,1 % відповідно. Основна різниця між формами холециститу полягала не у частоті позитивного посіву жовчі, а в характері мікробного обсіменіння. Для хронічного холециститу був типовішим відносно стабільний ентеробактеріальний профіль із більшою часткою *Escherichia coli* та *Klebsiella pneumoniae*. Гострий холецистит частіше супроводжувався полімікробними культурами та ширшим спектром грамнегативних збудників. У межах гострого холециститу перехід від I до II ступеня тяжкості супроводжувався розширенням спектра ізолятів і появою додаткових клінічно значущих патогенів.

За доступними антибіограмами найвищу активність зберігали амікацин, меропенем, тобраміцин, іміпенем та піперацилін/тазобактам, тоді як ампіцилін, амоксицилін/клавуланат і фторхінолони виявилися найменш надійними. Отримані результати підтверджують необхідність орієнтації на локальний мікробний спектр і локальні антибіограми під час вибору емпіричної антибактеріальної терапії у пацієнтів із підозрою на інфіковану жовч.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Список літератури

1. Yan Q, Zhang S, Li S, et al. Cultivation and Genomic Characterization of the Bile Bacterial Species From Cholecystitis Patients. *Front Microbiol.* 2021 Nov 1;12:739621. doi: 10.3389/fmicb.2021.739621.
2. Choi SJ, Kim Y, Jeon J, et al. Association of Microbial Dysbiosis with Gallbladder Diseases Identified by Bile Microbiome Profiling. *J Korean Med Sci.* 2021 Jul 19;36(28):e189. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e189.
3. Limberg J, Egan CE, Mora HA, et al. Metagenomic Sequencing of the Gallbladder Microbiome: Bacterial Diversity Does Not Vary by Surgical Pathology. *J Gastrointest Surg.* 2022 Nov;26(11):2282–2291. doi: 10.1007/s11605-022-05418-6.
4. Otsuka T, Ishizaki Y, Yoshimoto J, Takamori K, Watanabe S. Searching for bacteria within acute cholecystitis using next-generation sequencers. *Surg Open Sci.* 2025 May 26;26:113–118. doi: 10.1016/j.sopen.2025.05.006.
5. Galili O, Eldar S Jr, Matter I, et al. The effect of bactibilia on the course and outcome of laparoscopic cholecystectomy. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2008 Sep;27(9):797–803. doi: 10.1007/s10096-008-0504-8.
6. Gomi H, Solomkin JS, Schlossberg D, et al. Tokyo Guidelines 2018: antimicrobial therapy for acute cholangitis and cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2018 Jan;25(1):3–16. doi: 10.1002/jhbp.518.
7. Yoon JH, Paik KY, Chung HY, Oh JS. Clinical implication of bactibilia in moderate to severe acute cholecystitis undergone cholecys-

tomy following cholecystectomy. *Sci Rep.* 2021 Jun 4;11(1):11864. doi: 10.1038/s41598-021-91261-9.

- 8. Ozturk-Engin D, Agalar C, et al. Microorganisms isolated from the bile of the patients who have undergone cholecystectomy and their antibiotic resistance pattern: multicenter prospective study. *Int Microbiol.* 2022 Nov;25(4):759–767. doi: 10.1007/s10123-022-00251-y.
- 9. Pašić F, Delibegović S. The Use of Microbiological and Laboratory Data in the Choice of Empirical Antibiotic Therapy in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy — the Role of Local Antibigrams. *Acta Clin Croat.* 2022 Aug;61(2):171–176. doi: 10.20471/acc.2022.61.02.01.
- 10. Moon DK, Kang JS, Byun Y, et al. Incidence of bactibilia and related factors in patients who undergo cholecystectomy. *Ann Surg Treat Res.* 2023 Jan;104(1):10–17. doi: 10.4174/astr.2023.104.1.10.
- 11. Lee JM, Kang JS, Choi YJ, et al. Suggested use of empirical antibiotics in acute cholecystitis based on bile microbiology and antibiotic susceptibility. *HPB (Oxford).* 2023 May;25(5):568–576. doi: 10.1016/j.hpb.2023.01.017.
- 12. Utsumi M, Inagaki M, Omoto K, et al. Clinical impact of bile culture from gallbladder in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy for acute cholecystitis. *Surg Today.* 2025 Nov;55(11):1655–1662. doi: 10.1007/s00595-025-03069-z.
- 13. de Miguel-Palacio M, González-Castillo AM, Martín-Ramos M, et al. Microbiological etiology and current resistance patterns in acute calculous cholecystitis. *Cir Esp (Engl Ed).* 2024 Jul;102(7):373–380. doi: 10.1016/j.cireng.2024.04.003.
- 14. Fico V, Cozza V, Cudazzo E, Tarasconi A, Ansaloni L, Catenena F. Updates on Antibiotic Regimens in Acute Cholecystitis. *Medicina (Kaunas).* 2024 Jul 10;60(7):1040. doi: 10.3390/medicina60071040.
- 15. Obleaga CV, Zlatian OM, Cristea OM, et al. The Microbiological Spectrum and Antibiotic Resistance in Acute Acalculous and Calculous Cholecystitis: A Seven-Year Study in a Tertiary Center. *Medicina (Kaunas).* 2025 Nov 18;61(11):2028. doi: 10.3390/medicina61112028.
- 16. Pagani MA Jr, Dolfini PM, et al. Incidence of Bacteriobilia and the Correlation with Antibiotic prophylaxis in Low-Risk Patients Submitted to Elective Videolaparoscopic Cholecystectomy: A Randomized Clinical Trial. *Antibiotics (Basel).* 2023 Sep 25;12(10):1480. doi: 10.3390/antibiotics12101480.
- 17. Shibata J, Hattori M, Hirata A, et al. An intraoperative bile culture does not improve the outcomes or guide antibiotic management in acute cholecystitis: A Propensity-Weighted analysis. *Surg Today.* 2026 Jan 20. doi: 10.1007/s00595-026-03234-y.
- 18. Yokoe M, Hata J, Takada T, et al. Tokyo Guidelines 2018: diagnostic criteria and severity grading of acute cholecystitis (with videos). *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2018 Jan;25(1):41–54. doi: 10.1002/jhbp.515.
- 19. Ramírez-Giraldo C, Rodríguez Barbosa C, Avendaño-Morales V, et al. Predictive factors associated with bile culture positivity: a model development and diagnostic test accuracy study. *Surg Endosc.* 2026 Feb;40(2):1157–1166. doi: 10.1007/s00464-025-12291-2.
- 20. The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 15.0. Basel: EUCAST; 2025. Available from: <https://www.eucast.org>.
- 21. Mude NN, Dasarathan S, Sundaramurthi S, et al. Prevalence of Bactibilia in Patients Undergoing Cholecystectomy for Gallbladder Diseases: An Observational Study. *Cureus.* 2025 Nov 19;17(11):e97280. doi: 10.7759/cureus.97280.

Отримано/Received 29.04.2026

Рецензовано/Revised 07.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 18.07.2026

Information about author

Serhii S. Chuklin, MD, Surgeon, Surgical Center, Mammology Center, Saint Paraskeva Medical Center, Lviv, Ukraine; e-mail: serhii.chuklin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8979-721X>

Conflicts of interests. Author declares the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The study was conducted without external funding.

S.S. Chuklin

Saint Paraskeva Medical Center, Lviv, Ukraine

Microbial landscape of bile in cholecystitis: what determines the rational choice of antibacterial therapy

Abstract. Background. Bacteriobilia in cholecystitis is clinically relevant because the local pathogen spectrum and antimicrobial susceptibility influence empirical antibiotic selection. Objective: to characterize bacteriobilia in acute and chronic cholecystitis and across different severity grades of acute cholecystitis. **Materials and methods.** We analyzed 32 intraoperative bile cultures with corresponding antibiograms obtained from patients who underwent laparoscopic cholecystectomy. Culture positivity, mono- and polymicrobial growth, species distribution, and antimicrobial susceptibility patterns were assessed. **Results.** Positive bile cultures were detected in 29 of 32 patients (90.6 %): 86.7 % in acute cholecystitis and 94.1 % in chronic cholecystitis. Acute cholecystitis was more often associated with polymicrobial growth (61.5 % of positive cultures) and a broader gram-negative spectrum, whereas chronic cholecystitis showed a

relatively more stable enterobacterial profile with a greater contribution of *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*. Within acute cholecystitis, grade II disease showed greater microbiological diversity than grade I, including additional clinically relevant pathogens. The highest activity was observed for amikacin (100.0 %), meropenem (97.8 %), tobramycin (97.8 %), gentamicin (97.6 %), piperacillin/tazobactam (97.7 % S + I), and imipenem (95.7 % S + I). The lowest activity was found for ampicillin, amoxicillin/clavulanate, and fluoroquinolones. **Conclusions.** In cholecystitis, the clinical value lies not only in culture positivity itself but also in the microbial structure and local resistance profile. Empirical antibiotic therapy should therefore be guided by local antibiograms and severity stratification. **Keywords:** bacteriobilia; bile; acute cholecystitis; chronic cholecystitis; antibiotic susceptibility

УДК 616.94-036.1:615.032:611.14:616-089:616.24

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2040>Матолінець Н.В.¹, Якименко І.І.^{1,2}¹ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», м. Львів, Україна²Перше територіальне медичне об'єднання міста Львова, м. Львів, Україна

PPV-керована персоналізована стратегія інфузійної терапії при ранньому септичному шоці: рандомізоване контрольоване дослідження

Резюме. Актуальність. Оптимальна стратегія інфузійної ресусцитації при септичному шоці залишається дискусійною: фіксовані об'ємні підходи асоціюються з ризиком рідинного перевантаження, тоді як динамічні показники, зокрема варіабельність пульсового тиску (pulse pressure variation, PPV), дозволяють індивідуалізувати інфузійну терапію. **Мета:** порівняти ефективність і безпеку інфузійної ресусцитації, керованої PPV, зі стандартизованим фіксованим об'ємним підходом у пацієнтів із раннім септичним шоком на інвазивній штучній вентиляції легень (ШВЛ). **Матеріали та методи.** Проведено одноцентрове проспективне рандомізоване контрольоване дослідження не меншої ефективності (non-inferiority; межа – 15 %; n = 120). Пацієнтів рандомізовано у співвідношенні 1 : 1 у групу PPV-керованої ресусцитації або фіксованого введення кристалоїду 30 мл/кг протягом 3 годин. Первинна кінцева точка — кліренс лактату ≥ 10 % через 6 годин. Вторинні точки: рідинний баланс, показники застою (venous excess ultrasound score, VExUS; В-лінії; внутрішньочеревний тиск), динаміка шкали Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), клінічні результати, безпека. Аналіз — за принципом наміру лікувати (intention-to-treat) із застосуванням лінійної змішаної моделі для повторних вимірювань. **Результати.** Кліренсу лактату ≥ 10 % досягли 75,0 % пацієнтів групи PPV проти 58,3 % контрольної групи (різниця +16,7 %; нижня межа 95% ДІ +2,5 %; $p < 0,001$), що підтвердило не меншу ефективність з ознаками потенційної переваги. У групі PPV були нижчими об'єм інфузії, кумулятивний рідинний баланс, прояви венозного (VExUS ≥ 2 : 16,7 % проти 48,3 %), легеневого й абдомінального застою. Скоротилися тривалість ШВЛ та перебування у відділенні інтенсивної терапії. Профіль безпеки — порівнянний або кращий у групі PPV. **Висновки.** PPV-керована інфузійна ресусцитація забезпечує адекватну перфузію при меншому рідинному навантаженні та зменшенні застою. Результати одноцентрового дослідження потребують мультицентрової валідації перед широким клінічним впровадженням.

Ключові слова: септичний шок; інфузійна терапія; варіабельність пульсового тиску; гемодинамічний моніторинг; персоналізована медицина; рідинний баланс; ультразвукова оцінка венозного застою

Вступ

Септичний шок залишається однією із провідних причин смерті у відділеннях інтенсивної терапії (ВІТ) та характеризується глибокими циркуляторними і метаболічними порушеннями, що потребують негайної гемодинамічної ресусцитації [1]. Сучасні рекомендації передбачають раннє застосування кристалоїдів, вазопресорної підтримки та динамічну оцінку відповіді на інфузійну терапію, однак оптимальний спосіб індивіду-

алізації рідинної ресусцитації при септичному шоці досі залишається предметом дискусії [2].

Попри ключову роль інфузійної терапії у відновленні переднавантаження та тканинної перфузії, надмірне введення рідини асоціюється з розвитком венозного застою, інтерстиціального набряку та погіршенням функцій органів [3, 4]. У зв'язку з цим зростає значення концепції не лише чутливості до інфузійного навантаження (fluid responsiveness), а й переносимості ріди-

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Якименко Іван Ігорович, аспірант, кафедра анестезіології та інтенсивної терапії ФПДО, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», вул. Пекарська, 69, м. Львів, 79010, Україна; e-mail: doc.yakim@gmail.com; тел.: +380 (63) 780-13-22, +380 (66) 864-63-29; лікар-анестезіолог, Перше територіальне медичне об'єднання міста Львова, вул. Івана Миколайчука, 9, м. Львів, 79059, Україна

For correspondence: Ivan I. Yakymenko, PhD-student, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska st., 69, Lviv, 79010, Ukraine; e-mail: doc.yakim@gmail.com; phone: +380 (63) 780-13-22, +380 (66) 864-63-29; Anesthesiologist, First Lviv Territorial Medical Union, Ivan Mykolaichuk st., 9, Lviv, 79059, Ukraine

Full list of authors information is available at the end of the article.

ни (fluid tolerance), що відображає здатність пацієнта переносити додаткове введення рідини без розвитку шкідливих наслідків [3, 5].

Варіабельність пульсового тиску (pulse pressure variation, PPV) є одним із найбільш валідованих динамічних показників відповіді на інфузію у пацієнтів на контрольованій штучній вентиляції легень (ШВЛ) за відсутності спонтанних дихальних спроб та аритмій [2, 6]. Водночас ультразвукова оцінка венозного застою, зокрема за шкалою VExUS (Venous excess ultrasound score), дозволяє оцінювати не лише потребу в рідині, а й її переносимість [7, 8], відкриваючи можливість переходу від фіксованих схем ресусcitaції до фізіологічно обґрунтованої персоналізованої тактики.

Однак ефективність інфузійної стратегії, керованої PPV, при ранньому септичному шоку з одночасною оцінкою перфузійного ефекту та ризику рідинного перевантаження залишається недостатньо вивченою [6, 9].

Мета: порівняти ефективність інфузійної ресусcitaції, керованої PPV, зі стандартизованим фіксованим об'ємним підходом у пацієнтів із раннім септичним шоком на інвазивній ШВЛ.

Матеріали та методи

Проспективне рандомізоване контрольоване однокентрове клінічне дослідження проведено на базі відділення анестезіології та інтенсивної терапії КНП «Перше територіальне медичне об'єднання м. Львова», ВП «Лікарня Святого Пантелеймона» (березень 2023 — березень 2025 року). Протокол схвалено локальним комітетом із біоетики; дослідження відповідає принципам Гельсінської декларації. Усі пацієнти або їхні законні представники надали письмову інформовану згоду.

До дослідження послідовно включали дорослих пацієнтів із раннім септичним шоком упродовж першої години від встановлення діагнозу. Критерії включення: вік ≥ 18 років; сепсис і септичний шок за критеріями Sepsis-3; потреба у вазопресорній підтримці для утримання середнього артеріального тиску (САТ) ≥ 65 мм рт.ст. при лактаті > 2 ммоль/л після початкової ресусcitaції; інвазивна ШВЛ у контрольованому режимі з дихальним об'ємом ≥ 6 мл/кг ідеальної маси тіла; наявність інвазивного артеріального катетера. Критерії виключення: нерегулярний серцевий ритм, що унеможливував визначення PPV; середньотяжкий або тяжкий ГРДС; активна кровотеча або геморагічний шок; внутрішньочеревна чи внутрішньочерепна гіпертензія; тяжка гостра серцево-судинна патологія; вагітність; термінальні супутні захворювання; включення пізніше 1 години від встановлення діагнозу.

Усім пацієнтам після підтвердження критеріїв включення проводили стандартизовану початкову ресусcitaцію: болюс збалансованого кристаліду 10 мл/кг упродовж 15–20 хвилин із одночасним призначенням норадреналіну для досягнення САТ ≥ 65 мм рт.ст. Антибактеріальну терапію розпочинали в межах першої години; контроль джерела інфекції здійснювали відповідно до рекомендацій Surviving Sepsis Campaign 2021. Рандомізацію проводили у співвідношенні 1 : 1 за допомогою комп'ютерно згенерованої послідовності із

застосуванням послідовно пронумерованих непрозорих запечатаних конвертів, які відкривав дослідник, не залучений до генерації послідовності.

Інтервенційний період тривав 3 години після рандомізації. У групі PPV рішення про болюсне введення рідини ґрунтувалося на значенні PPV: при $PPV \geq 12\%$ [10] вводили 500 мл збалансованого кристаліду з повторною оцінкою через 10 хвилин; при $PPV < 12\%$ інфузію припиняли з переоцінкою кожні 15 хвилин або негайно — при ознаках гіперперфузії (САТ < 65 мм рт.ст. попри титрацію норадреналіну, зростання його дози). У контрольній групі досягали кумулятивного об'єму 30 мл/кг (включно зі стартовим болюсом 10 мл/кг) шляхом послідовних болюсів по 500 мл. В обох групах норадреналін титрували для підтримання САТ ≥ 65 мм рт.ст. Введення рідини припиняли при появі ознак непереносимості (погіршення оксигенації, набряку легень), нових аритмій або клінічно значущої крововтрати. Після завершення протоколу подальшу інфузійну терапію визначав персональний лікар.

PPV визначали автоматично приліжковим монітором на підставі інвазивного артеріального тиску. Вимірювання PPV вважали валідними лише за умов контрольованої ШВЛ без спонтанних дихальних спроб, регулярного синусового ритму, дихального об'єму ≥ 6 мл/кг ідеальної маси тіла, позитивного тиску наприкінці видиху ≤ 10 см H_2O , незмінних параметрів вентиляції та стабільної дози вазопресора протягом щонайменше 5 хвилин до вимірювання [10]. З огляду на можливе зниження діагностичної точності PPV при нижчих дихальних об'ємах інтерпретацію показника здійснювали лише за наявності повного комплексу умов валідності.

Рівень лактату вимірювали в артеріальній крові в точках T0, T3, T6, T12 і T24; кліренс розраховували за формулою:

$$\text{Кліренс} = \frac{\text{Лактат}_{T0} - \text{Лактат}_{Tn}}{\text{Лактат}_{T0}} \times 100\%.$$

Венозний застій оцінювали за шкалою VExUS [7] у точках T0, T6, T24. Легеневе УЗД виконували за 8-зонним протоколом із підрахунком В-ліній. Внутрішньочеревний тиск вимірювали трансвезикальним методом відповідно до рекомендацій WSACS. Кумулятивний рідинний баланс розраховували як різницю між введеною рідиною та її виведенням (діурез, дренажні втрати).

Первинна кінцева точка — частка пацієнтів із кліренсом лактату $\geq 10\%$ через 6 годин після рандомізації. Вторинні кінцеві точки: об'єм кристаліду за 3 і 24 години; кумулятивний рідинний баланс за 24 і 48 годин; частка пацієнтів із VExUS grade ≥ 2 на 24-й годині; B-line score; внутрішньочеревний тиск; динаміка шкали SOFA; погодинний діурез; рівень креатиніну; потреба в замісній нирковій терапії; тривалість ШВЛ; тривалість перебування у ВІТ; летальність. Додатково оцінювали комбінований показник адекватності перфузії на 6-й годині (≥ 2 з 3 критеріїв: кліренс лактату $\geq 10\%$, зниження дози норадреналіну $\geq 20\%$ при САТ ≥ 65 мм рт.ст., час капілярного наповнення ≤ 3 с).

Дослідження було сплановано як проспективне рандомізоване контрольоване випробування на підтвер-

дження не меншої ефективності (non-inferiority) з межею –15 % для різниці часток (PPV — контроль). Межу не меншої ефективності (–15 %) було визначено *a priori* як клінічно прийнятний поріг, який зберігає більшу частину очікуваного перфузійного ефекту стандартної терапії та водночас дозволяє виявити потенційну перевагу персоналізованої стратегії за рахунок зниження рідинного навантаження.

Розмір вибірки розраховували, виходячи з очікуваної частки пацієнтів із кліренсом лактату $\geq 10\%$ у контрольній групі 75 %, одностороннього $\alpha = 0,05$ і потужності 80 %; необхідний розмір становив 52 пацієнти на групу, з урахуванням 15% можливого відсіву — 60 пацієнтів на групу, загалом 120 хворих.

Статистичний аналіз виконували у R 4.x та Python 3.12. Нормальність розподілу оцінювали тестом Шапіро — Уїлка. Безперервні змінні подавали як $M \pm SD$ або медіану [25-й; 75-й перцентилі], категоріальні — як n (%). Для міжгрупових порівнянь застосовували t -критерій Стюдента (Welch) або U -критерій Манна — Уїтні (безперервні змінні) та χ^2 -критерій Пірсона або точний критерій Фішера (категоріальні). Non-inferiority оцінювали методом Farrington-Manning (одностороннє $\alpha = 0,05$); нижню межу 95% ДІ для різниці часток розраховували методом Newcombe hybrid-score. Не меншу ефективність вважали підтвердженою, якщо нижня межа перевищувала –15 %. Динаміку безперервних показників аналізували за допомогою MMRM із неструк-

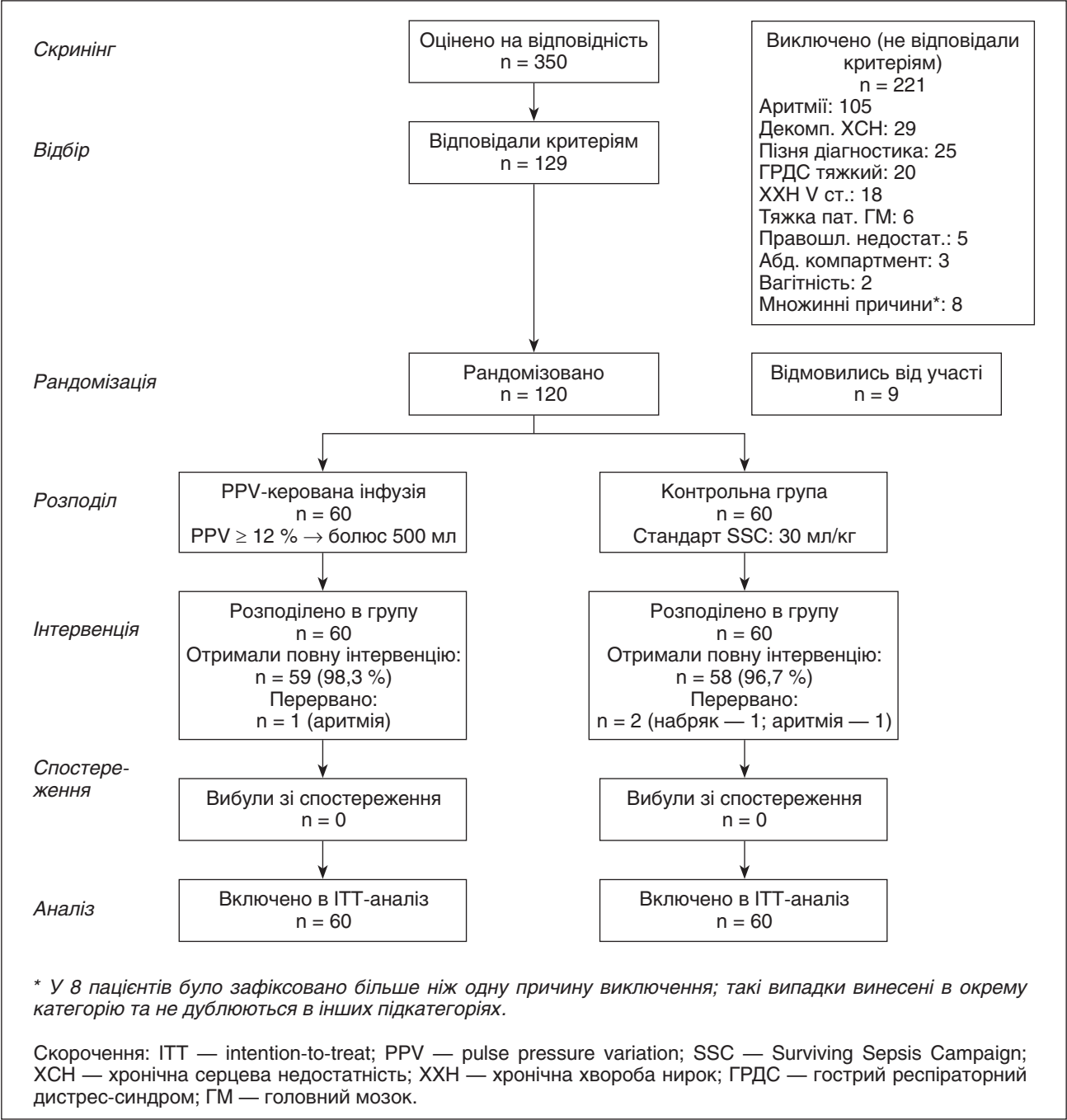


Рисунок 1. Діаграма потоку учасників дослідження за стандартом CONSORT

турованою коваріаційною матрицею й апроксимацією ступенів свободи за Kenward-Roger; модель включала фіксовані ефекти групи, часу та їх взаємодії, а також коваріати: вік, стать, джерело інфекції, об'єм інфузії до рандомізації (для лактату та SOFA — базове значення T0). Аналіз чутливості первинної кінцевої точки виконували методом логістичної регресії з тими ж коваріатами; множинна імпутація не застосовувалася через відсутність пропущених значень. Вторинні кінцеві точки тестували в ієрархічному порядку після підтвердження non-inferiority. Рівень статистичної значущості — $p < 0,05$ (двостороннє), окрім тесту non-inferiority (одностороннє).

Результати
Характеристика включених пацієнтів
і хід дослідження

До дослідження включено 120 пацієнтів із раннім септичним шоком, які відповідали критеріям включення та виключення. Пацієнтів рандомізовано у співвідношенні 1 : 1 до групи інфузійної ресусcitaції, керованої PPV ($n = 60$), і групи стандартизованої фіксованої об'ємної ресусcitaції ($n = 60$). Усі рандомізовані пацієнти увійшли до аналізу за принципом intention-to-treat; випадків відсіву не зареєстровано.

Протокол інтервенційного періоду виконано у 59/60 (98,3 %) пацієнтів групи PPV та 58/60 (96,7 %) контрольної групи. Причини дострокового припинення

протоколу були порівнянними: у групі PPV — 1 випадок (аритмія), у контрольній — 2 випадки (набряк легень — 1, аритмія — 1) (рис. 1).

Демографічні характеристики пацієнтів були порівнянними між групами: вік становив 61,5 [43,0; 71,0] та 61,5 [44,5; 71,0] року, маса тіла — 79,3 [70,3; 90,6] і 80,0 [72,9; 86,5] кг у групах PPV та контролю відповідно. Розподіл за джерелом інфекції також не відрізнявся: переважали абдомінальні, м'яких тканин і легеневі інфекції.

На момент рандомізації пацієнти обох груп перебували у стані вираженого шоку: медіана середнього артеріального тиску становила 70 [68; 73] мм рт.ст. у групі PPV та 68 [68; 70,5] мм рт.ст. у контрольній групі, частота серцевих скорочень — 122,4 $\pm$ 15,4 та 123,5 $\pm$ 16,7 уд/хв, рівень лактату — 4,85 [4,30; 5,86] та 4,55 [4,20; 5,24] ммоль/л у групах PPV та контролю відповідно.

Показник PaO₂/FiO₂ (PaO₂ — partial pressure of arterial oxygen, парціальний тиск кисню в артеріальній крові; FiO₂ — fraction of inspired oxygen, фракція кисню у вдихуваній суміші) становив 204,9 $\pm$ 32,9 та 201,7 $\pm$ 36,3, що відповідало легкому ступеню гіпоксемії. Рівень позитивного тиску в кінці видиху (positive end-expiratory pressure, РЕЕР) був однаковим у групах (9,6 $\pm$ 1,2 см H₂O). Медіана дози норадреналіну на момент рандомізації становила 0,30 [0,20; 0,30] мкг/кг/хв в обох групах, що відображало значну тяжкість гемодинамічних порушень (табл. 1).

Таблиця 1. Базові характеристики пацієнтів

Показник	PPV-керована (n = 60)	Контрольна (n = 60)	p-value
1	2	3	4
Демографічні характеристики			
Вік, роки	61,5 [43,0; 71,0]	61,5 [44,5; 71,0]	0,927
Чоловіча стать, n (%)	37 (61,7)	38 (63,3)	1,000
Маса тіла, кг	80,6 $\pm$ 15,4	80,7 $\pm$ 11,1	0,980
Зріст, м	1,8 [1,7; 1,8]	1,8 [1,7; 1,8]	0,784
Індекс маси тіла, кг/м ²	24,3 [22,4; 30,7]	24,6 [23,0; 27,8]	0,877
Ідеальна маса тіла, кг	75,2 [61,7; 77,9]	73,0 [64,4; 77,0]	0,875
Шкали тяжкості стану			
APACHE II, бали	21,8 $\pm$ 4,6	21,2 $\pm$ 4,9	0,524
SOFA, бали	10,0 [8,8; 11,0]	9,0 [8,0; 11,0]	0,298
Шкала коми Глазго, бали	12,0 [11,0; 13,0]	12,0 [10,0; 13,0]	0,186
Джерело госпіталізації			
З дому, n (%)	18 (30,0)	20 (33,3)	0,333*
З відділення стаціонару, n (%)	35 (58,3)	28 (46,7)	—
Переведений у ВІТ, n (%)	7 (11,7)	12 (20,0)	—
Джерело інфекції			
Центральна нервова система (ЦНС), n (%)	3 (5,0)	6 (10,0)	0,815*
М'які тканини, n (%)	16 (26,7)	15 (25,0)	—
Черевна порожнина, n (%)	22 (36,7)	18 (30,0)	—
Легенева, n (%)	14 (23,3)	16 (26,7)	—

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
Урогенітальна, n (%)	5 (8,3)	5 (8,3)	–
Супутні захворювання			
Артеріальна гіпертензія, n (%)	38 (63,3)	39 (65,0)	1,000
Ішемічна хвороба серця, n (%)	39 (65,0)	38 (63,3)	1,000
Анемія, n (%)	14 (23,3)	18 (30,0)	0,536
Цукровий діабет, n (%)	18 (30,0)	13 (21,7)	0,404
ХХН (I–IV ст.), n (%)	8 (13,3)	12 (20,0)	0,462
Хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), n (%)	12 (20,0)	18 (30,0)	0,292
Ожиріння, n (%)	21 (35,0)	24 (40,0)	0,706
Онкологічна патологія (I–III ст.), n (%)	7 (11,7)	10 (16,7)	0,601
Цироз печінки (Child-Pugh A/B), n (%)	10 (16,7)	4 (6,7)	0,153
Наслідки гострого порушення мозкового кровообігу, n (%)	2 (3,3)	6 (10,0)	0,272
Інфаркт міокарда в анамнезі, n (%)	2 (3,3)	5 (8,3)	0,439
Базові гемодинамічні показники			
Середній артеріальний тиск, мм рт.ст.	70 [68; 73]	68 [68; 70,5]	0,0653
Частота серцевих скорочень, уд/хв	122,4 ± 15,4	123,5 ± 16,7	0,717
SpO ₂ , %	94,0 [93,8; 95,0]	94,0 [93,0; 95,0]	0,679
Температура тіла, °C	38,0 [37,6; 38,2]	37,9 [37,5; 38,4]	0,954
Швидкість капілярного наповнення, с	3,5 [3,0; 4,0]	4,0 [3,0; 4,0]	0,393
PPV, %	13,0 ± 2,9	12,0 ± 2,8	0,067
Доза норадреналіну, мкг/кг/хв	0,3 [0,2; 0,3]	0,3 [0,2; 0,3]	0,922
Серцевий викид, л/хв	4,0 [3,1; 4,6]	3,8 [3,0; 4,6]	0,347
Об'єм рідини до рандомізації, мл	800,0 [700,0; 900,0]	800,0 [700,0; 900,0]	0,871
Базові лабораторні показники			
Лактат, ммоль/л	4,8 [4,3; 5,9]	4,5 [4,2; 5,2]	0,192
Креатинін, мкмоль/л	169,5 [117,2; 277,2]	140,5 [95,7; 205,8]	0,061
Гематокрит, %	34,6 ± 8,7	33,5 ± 7,4	0,462
Тромбоцити, ×10 ⁹ /л	167,0 [108,0; 235,5]	209,5 [112,0; 327,0]	0,143
Лейкоцити, ×10 ⁹ /л	12,4 ± 3,9	12,5 ± 5,0	0,917
Білірубін, мкмоль/л	17,6 [11,4; 32,4]	17,9 [11,1; 24,3]	0,560
С-реактивний білок, мг/л	152,5 [128,8; 195,0]	162,5 [123,8; 230,0]	0,935
Прокальцитонін, нг/мл	6,3 [3,8; 12,4]	6,6 [4,0; 15,2]	0,821
Параметри ШВЛ			
Дихальний об'єм, мл/кг ідеальної маси тіла	6,9 ± 0,3	6,8 [6,6; 7,0]	0,162
РЕЕР, см H ₂ O	10,0 [8,0; 10,0]	10,0 [8,0; 10,0]	0,802
FiO ₂	0,6 [0,5; 0,6]	0,6 [0,5; 0,6]	0,359
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт.ст.	204,9 ± 32,9	201,7 ± 36,3	0,608

Примітки: кількісні змінні подано як: $M \pm SD$ — за нормального розподілу (тест Шапіро — Уїлка, $p > 0,05$); $Me [Q1; Q3]$ — за ненормального розподілу; категоріальні змінні — як абсолютна частота та відсоток, n (%). Для порівняння кількісних показників використано t-критерій Стюдента або U-критерій Манна — Уїтні; для категоріальних — χ^2 -критерій Пірсона або точний критерій Фішера. APACHE II — Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II; SOFA — Sequential Organ Failure Assessment; PEEP — positive end-expiratory pressure (позитивний тиск у кінці видиху); FiO₂ — fraction of inspired oxygen (фракція кисню у вдихуваній суміші); * — p-значення для всієї категоріальної змінної загалом (загальний χ^2 -критерій для крос-таблиці), а не для окремих рівнів категорії.

Первинна кінцева точка

Кліренсу лактату $\geq 10\%$ через 6 годин після рандомізації досягли 45/60 (75,0 %) пацієнтів групи PPV і 35/60 (58,3 %) пацієнтів контрольної групи. Різниця часток (PPV — контроль) становила +16,7 %, а нижня межа одностороннього 95% довірчого інтервалу (+2,5 %; метод Newcombe hybrid-score) перевищувала заздалегідь визначену межу не меншої ефективності (–15 %) ($p < 0,001$ за тестом Farrington-Manning).

Таким чином, інфузійна стратегія, керована PPV, відповідала критеріям не меншої ефективності щодо первинної кінцевої точки та демонструвала ознаки потенційної переваги.

Аналіз чутливості з коваріатною корекцією (логістична регресія з урахуванням віку, статі, SOFA на T0, джерела інфекції, об'єму рідини до рандомізації та базового рівня лактату) підтвердив стійкість ефекту: скориговане відношення шансів (odds ratio, OR) досягнення кліренсу лактату

$\geq 10\%$ становило 2,82 (95% ДІ 1,18–6,72; $p = 0,019$). Відсутність пропущених значень для первинної кінцевої точки не потребувала застосування методів множинної імпутації (табл. 2, рис. 2).

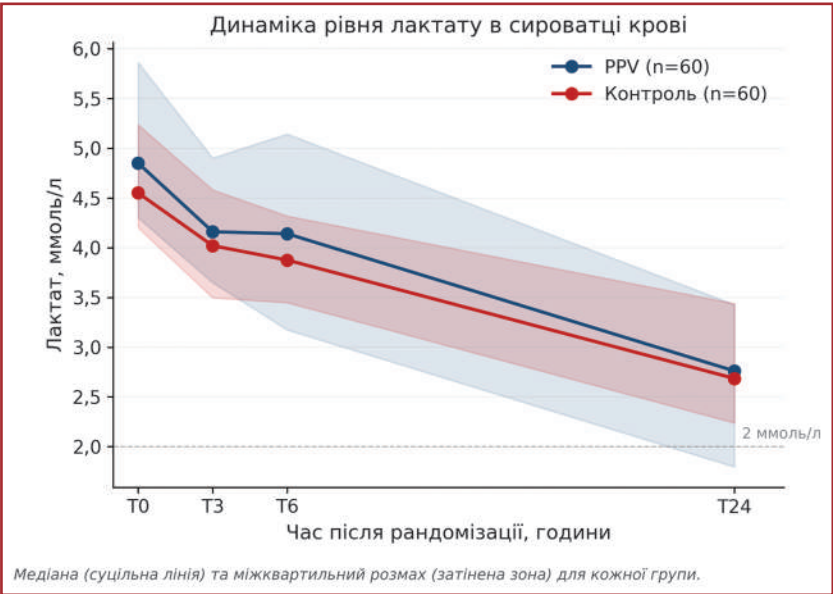


Рисунок 2. Динаміка лактату в сироватці крові

Таблиця 2. Первинна кінцева точка: кліренс лактату $\geq 10\%$ через 6 годин (аналіз не меншої ефективності) та аналіз чутливості

Показник	PPV (n = 60)	Контроль (n = 60)	Ефект (95% ДІ)	Межа NI	p-value
Кліренс лактату $\geq 10\%$ на T6, n (%)	45 (75,0)	35 (58,3)	$\Delta = +16,7\%$ (LB: +2,5 %)*	–15 %	< 0,001*
Аналіз чутливості: скориговане OR**	–	–	OR = 2,82 (1,18; 6,72)	–	0,019

Примітки: * — різниця часток (PPV — контроль) з нижньою межею (LB, lower bound) одностороннього 95% довірчого інтервалу (метод Newcombe hybrid-score); # — односторонній тест Farrington-Manning для гіпотези H_0 : різниця $\leq -15\%$. Не меншу ефективність (non-inferiority, NI) підтверджено, оскільки нижня межа одностороннього 95% ДІ (+2,5 %) перевищує межу –15 %; ** — логістична регресія з корекцією на вік, стать, SOFA на T0, джерело інфекції, об'єм рідини до рандомізації, базовий рівень лактату. OR — odds ratio (відношення шансів); ДІ — довірчий інтервал.

Таблиця 3. Об'єм інфузійної терапії, кумулятивний рідинний баланс і показники застою

Показник	PPV (n = 60)	Контроль (n = 60)	Δ або різниця (95% ДІ)#	p-value
Об'єм інфузії та баланс				
Об'єм кристалоїдів за 3 год, мл/кг	19,1 $\pm$ 4,8	29,9 [29,3; 30,9]	–	< 0,001**
Об'єм кристалоїдів T0–T24, мл/кг	56,1 $\pm$ 11,4	74,1 [68,2; 84,3]	–	< 0,001**
Кумулятивний баланс T24, мл/кг	36,2 $\pm$ 14,6	59,5 $\pm$ 15,1	–23,2 (–28,6; –17,9)	< 0,001*
Кумулятивний баланс T48, мл/кг	15,7 [1,2; 27,1]	51,0 $\pm$ 19,1	–	< 0,001**
Показники застою на T24				
VExUS ≥ 2 , n (%)	10 (16,7)	29 (48,3)	–	< 0,001#
B-line score (загальний)	6,2 $\pm$ 4,0	12,4 $\pm$ 5,5	–6,2 (–8,0; –4,4)	< 0,001*
Внутрішньочеревний тиск, мм рт.ст.	12,5 $\pm$ 2,3	13,8 $\pm$ 1,9	–1,3 (–2,1; –0,6)	< 0,001*

Примітки: кількісні показники наведено як $M \pm SD$ (за нормального розподілу) або $Me [Q1; Q3]$ (за відхилення від нормальності за тестом Шапіро — Уїлка); * — двосторонній t-критерій Стюдента у модифікації Велча; ** — двосторонній U-критерій Манна — Уїтні; # — χ^2 -критерій Пірсона: Δ — різниця середніх (PPV — контроль) із двостороннім 95% ДІ.

Об'єм інфузійної терапії та кумулятивний рідинний баланс

Сумарний об'єм кристалоїдів за перші 3 години був значно меншим у групі PPV ($19,1 \pm 4,8$ мл/кг) порівняно з контрольною групою ($29,9$ [29,3; 30,9] мл/кг; $p < 0,001$). Аналогічна різниця зберігалася і через 24 години: $56,1 \pm 11,4$ мл/кг у групі PPV проти $74,1$ [68,2; 84,3] мл/кг у контрольній групі ($p < 0,001$).

Кумулятивний рідинний баланс був послідовно нижчим у групі PPV у всіх часових точках. У простих міжгрупових порівняннях баланс на 24-й годині становив $36,2 \pm 14,6$ мл/кг у групі PPV проти $59,5 \pm 15,1$ мл/кг у контрольній групі ($\Delta = -23,2$ мл/кг; 95% ДІ $-28,6$; $-17,9$; $p < 0,001$); на 48-й годині — $15,7$ [1,2; 27,1] проти $51,0 \pm 19,1$ мл/кг ($p < 0,001$).

У заздалегідь запланованому аналізі повторних вимірювань (MMRM) із корекцією на вихідні характеристики скоригована різниця між групами (PPV — контроль) становила $-14,7$ мл/кг на T6 (95% ДІ $-17,2$; $-12,2$), $-23,7$ мл/кг на T24 (95% ДІ $-28,6$; $-18,8$) та $-36,0$ мл/кг на T48 (95% ДІ $-43,4$; $-28,5$) (усі $p < 0,001$). Значущий ефект взаємодії «група $\times$ час» ($p < 0,001$) свідчив про прогресуюче розходження траєкторій рідинного балансу між групами після 24 годин (табл. 3, рис. 3).

PPV-моніторинг і перебіг протокольного періоду

Базове значення PPV на момент рандомізації свідчило про виражену залежність від переднавантаження у більшості пацієнтів: середнє значення PPV на T0 становило $13,0 \pm 2,9$ % у групі PPV і $12,0 \pm 2,8$ % у контрольній групі ($p = 0,067$). До 3-ї години спостерігалася зниження PPV в обох групах — до $8,2$ % [6,0; 10,0] та $8,9$ % [5,6; 12,1] відповідно, що відображало ефективне початкове відновлення переднавантаження.

Кумулятивна доза норадреналіну за 24 години була чисельно нижчою у групі PPV ($287,2$ [174,9; 394,1] мкг/кг) порівняно з контрольною групою ($337,1 \pm 183,6$ мкг/кг; $p = 0,324$, U-критерій Манна — Уїтні). Погодинна доза норадреналіну знижувалася у часі в обох групах, залишаючись послідовно нижчою у групі PPV: на T6 — $0,181$ [0,083; 0,266] мкг/кг/хв у групі PPV проти $0,221 \pm 0,135$ мкг/кг/хв у контрольній групі; на T24 — $0,112$ [0,040; 0,246] проти $0,166$ [0,086; 0,254] мкг/кг/хв.

Критерію зниження дози норадреналіну ≥ 20 % при підтриманні САТ ≥ 65 мм рт.ст. на T6 досягли 39/60 (65,0 %) пацієнтів групи PPV проти 28/60 (46,7 %) у контрольній групі ($p = 0,066$, χ^2 -критерій), тобто спостерігалася тенденція до швидшого зниження потреби у вазопресорній підтримці при персоналізованій інфузійній стратегії.

Транзиторне підвищення дози норадреналіну під час протокольного періоду спостерігали з подібною часто-

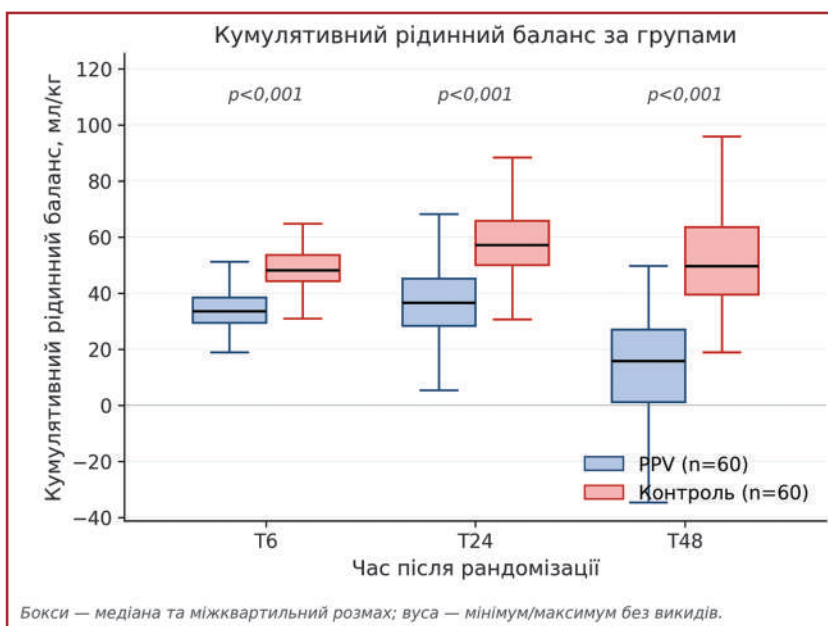


Рисунок 3. Кумулятивний баланс рідини за групами

тою в обох групах (33,3 % проти 41,7 %; $p = 0,45$), що не свідчить про підвищений ризик гемодинамічної нестабільності при обмеженні інфузійного навантаження.

Кліренсу лактату ≥ 10 % на 24-й годині досягли 58/60 (96,7 %) пацієнтів групи PPV та 56/60 (93,3 %) у контрольній групі; медіана кліренсу у групі PPV становила 47,8 % [35,5; 57,6], тоді як у контрольній групі — $39,3 \pm 16,9$ % ($M \pm SD$; $p = 0,028$, U-критерій Манна — Уїтні).

Показники венозного та легеневого застою

На 24-й годині показники системного, легеневого й абдомінального застою були значно нижчими у групі PPV. Розподіл за шкалою VExUS відрізнявся між групами (χ^2 , $p < 0,001$): VexUS ≥ 2 визначено у 10/60 (16,7 %) пацієнтів групи PPV проти 29/60 (48,3 %) у контрольній групі ($p < 0,001$).

Кількість В-ліній на T24 була нижчою у групі PPV ($6,2 \pm 4,0$) порівняно з контрольною групою ($12,4 \pm 5,5$; $\Delta = -6,2$; 95% ДІ $-8,0$; $-4,4$; $p < 0,001$).

Внутрішньочеревний тиск також був нижчим у групі PPV: $12,5 \pm 2,3$ проти $13,8 \pm 1,9$ мм рт.ст. ($\Delta = -1,3$; 95% ДІ $-2,1$; $-0,6$; $p < 0,001$) (рис. 4).

Показники органної дисфункції

У простому міжгруповому порівнянні значення шкали SOFA на T24 не відрізнялося між групами: 6,5 [6,0; 9,0] у групі PPV проти 7,0 [6,0; 10,0] у контрольній групі ($p = 0,25$). Відповідно до заздалегідь визначеного ієрархічного плану аналізу вторинних кінцевих точок подальші прості порівняння розглядали як описові.

Водночас у заздалегідь запланованому аналізі повторних вимірювань (MMRM) з корекцією на вихідні характеристики виявлено статистично значущу різницю на користь групи PPV. Скоригована різниця між групами (PPV — контроль) становила $-1,07$ бала на T24 (95% ДІ $-1,61$; $-0,53$; $p < 0,001$) та $-1,96$ бала на T72 (95% ДІ $-2,86$; $-1,06$; $p < 0,001$).

Значущий ефект взаємодії «група × час» ($p < 0,001$) свідчив про відмінну динаміку органної дисфункції між групами з більш вираженим поліпшенням у групі PPV (табл. 4, рис. 5).

Динаміка рівня лактату

У простих міжгрупових порівняннях рівні лактату на проміжних часових точках не відрізнялися між групами. У заздалегідь запланованому аналізі повторних вимірювань (MMRM) з корекцією на вихідний рівень лактату та інші коваріати скоригована різниця між групами (PPV — контроль) становила $-0,08$ ммоль/л на T3 (95% ДІ $-0,19; 0,02$; $p = 0,125$), $-0,15$ ммоль/л на T6 (95% ДІ $-0,45; 0,16$; $p = 0,340$) та $-0,42$ ммоль/л на T24 (95% ДІ $-0,75; -0,09$; $p = 0,013$).

Скориговані середні значення лактату на T24 становили $2,66$ ммоль/л (95% ДІ $2,42-2,89$) у групі PPV та $3,07$ ммоль/л (95% ДІ $2,84-3,31$) у контрольній групі. Частка пацієнтів із нормалізацією лактату (< 2 ммоль/л)

на T24 була значуще вищою у групі PPV (20/60, 33,3 %) порівняно з контрольною групою (9/60, 15,0 %; $p = 0,033$, χ^2 -критерій).

Додаткові клінічні результати

Нижче наведено описові результати додаткових клінічних показників. Тривалість інвазивної ШВЛ становила $91,5 \pm 46,5$ години у групі PPV проти $115,8 \pm 51,0$ години у контрольній групі ($\Delta = -24,3$; 95% ДІ $-42,0; -6,7$). Тривалість перебування у ВІТ була меншою у групі PPV ($6,0 \pm 2,1$ проти $7,2 \pm 2,4$ доби; $\Delta = -1,2$; 95% ДІ $-2,0; -0,4$).

Погодинний діурез на T24 був чисельно вищим у групі PPV ($0,72 \pm 0,35$ проти $0,64 \pm 0,30$ мл/кг/год).

Летальність у ВІТ становила 23,3 % у групі PPV та 26,7 % у контрольній групі; госпітальна летальність — 50,0 і 45,0 % відповідно. Дослідження не було розраховано для оцінки летальності, тому ці результати мають описовий характер.

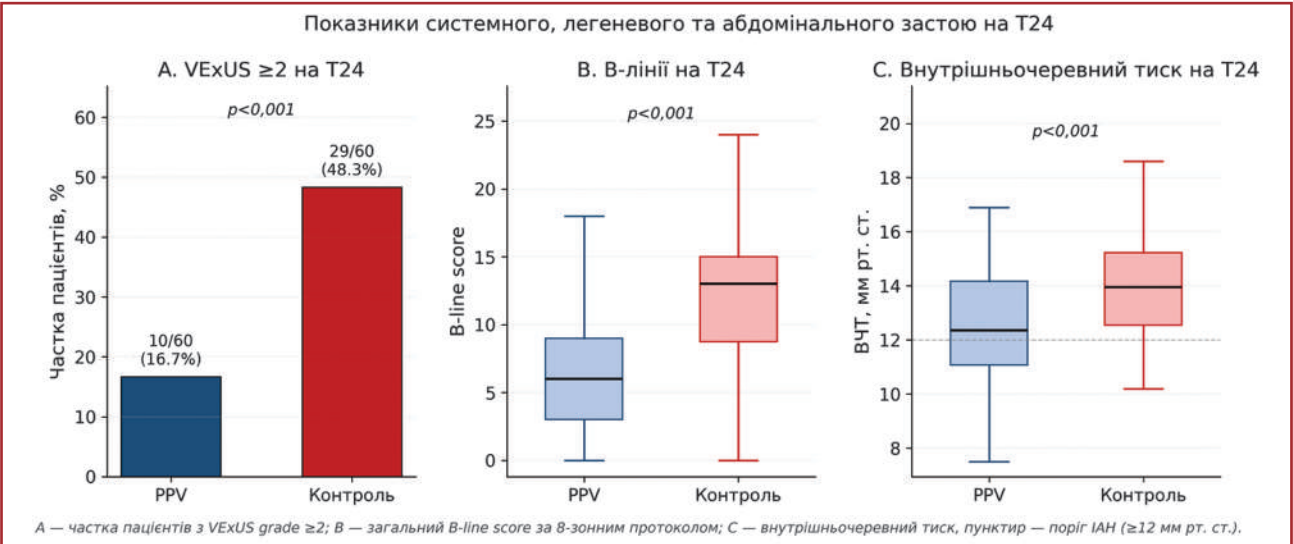


Рисунок 4. Показники системного, легеневого й абдомінального застою на 24-ту годину спостереження

Таблиця 4. Показники органної дисфункції, клінічні результати та комбінований показник адекватності перфузії

Показник	PPV (n = 60)	Контроль (n = 60)	Δ або різниця (95% ДІ)	p-value
SOFA на T24, бали*	6,5 [6,0; 9,0]	7,0 [6,0; 10,0]	—	0,247**
Діурез на T24, мл/кг/год	0,72 ± 0,35	0,64 ± 0,30	+0,08 (−0,04; +0,19)	0,203*
Тривалість ШВЛ, год	91,5 ± 46,5	115,8 ± 51,0	−24,3 (−42,0; −6,7)	0,007*
Тривалість перебування у ВІТ, доби	6,0 ± 2,1	7,2 ± 2,4	−1,2 (−2,0; −0,4)	0,003*
Потреба в нирковозамісній терапії, n (%)	12 (20,0)	11 (18,3)	—	1,000#
Летальність у ВІТ, n (%)	14 (23,3)	16 (26,7)	—	0,833#
Госпітальна летальність, n (%)	30 (50,0)	27 (45,0)	—	0,715#
Адекватність перфузії на T6 (≥ 2/3 критеріїв), n (%)	42 (70,0)	30 (50,0)	—	0,040#

Примітки: • — показник, на якому при простому міжгруповому порівнянні в межах ієрархічного тестування статистичної значущості не досягнуто ($p = 0,247$); у заздалегідь запланованому MMRM-аналізі з корекцією на базове значення SOFA (T0) різниця була значущою; * — двосторонній t-критерій Стьюдента у модифікації Велча; ** — двосторонній U-критерій Манна — Уїтні; # — χ^2 -критерій Пірсона.

Комбінований показник адекватності перфузії

Щонайменше двох із трьох критеріїв адекватності перфузії на Т6 досягли 42/60 (70,0 %) пацієнтів групи PPV та 30/60 (50,0 %) у контрольній групі (p = 0,040).

Функція нирок і динаміка креатиніну

Абсолютні значення креатиніну були вищими у групі PPV на всіх часових точках, однак ці відмінності відповідали тенденції до вихідного дисбалансу між групами (T0: 169,5 [117,3; 277,3] проти 140,5 [95,7; 205,8] мкмоль/л; p = 0,061).

При аналізі змін креатиніну відносно базового рівня статистично значущих відмінностей не виявлено ні на T24 (p = 0,121), ні на T48 (p = 0,143). Потреба у нирковозамісній терапії була порівнянною між групами (20,0 % проти 18,3 %; p = 1,0), тоді як діурез у групі PPV був чисельно вищим, що не підтримує гіпотезу про погіршення ниркової функції (табл. 5).

Безпека та побічні події

Частота розвитку гострого респіраторного дистрес-синдрому (ГРДС) протягом періоду спостереження була нижчою у групі PPV (6/60, 10,0 %) порівняно з контрольною групою (15/60, 25,0 %), однак різниця не досягла статистичної значущості (p = 0,055).

Набряк легень реєстрували у 6/60 (10,0 %) пацієнтів групи PPV та у 12/60 (20,0 %) у контрольній групі (p = 0,20). Абдомінальний компартмент-синдром спостерігали лише у контрольній групі (2/60 [3,3 %] проти 0/60; p = 0,50).

Повнота даних

Частка пропущених значень для ключових змінних була низькою та не перевищувала 3,3 % (4 пропущені

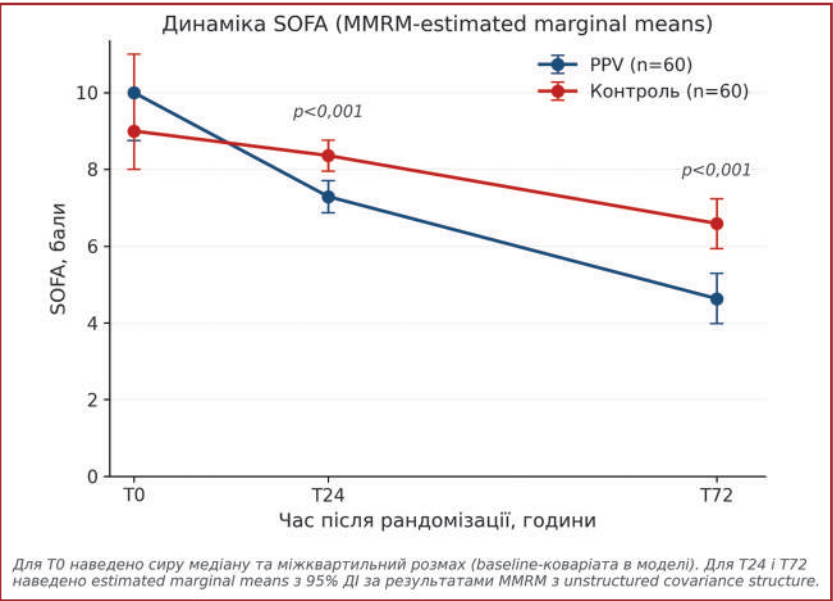


Рисунок 5. Динаміка органної дисфункції

значення для рідинного балансу на T48). У змінних, що використовувалися для аналізу первинної кінцевої точки, пропущені значення відсутні.

Обговорення
Основний результат і його клінічне значення

Інфузійна ресусцитація, керована PPV, у пацієнтів із раннім септичним шоком на ШВЛ виявилася не менш ефективною, ніж стандартизована стратегія 30 мл/кг, за часткою досягнення кліренсу лактату ≥ 10 % через 6 годин. Нижня межа одностороннього 95% довірчого інтервалу (+2,5%) перевищила як межу не меншої ефективності (–15 %), так і нуль, що може вказувати на можливу перевагу персоналізованого підходу. Отриманий результат слід розглядати у контексті досліджень CLASSIC [11] і CLOVERS [12], а також FRESH [9], де використання динамічних показників залежності від переднавантаження дозволило зменшити сумарний об'єм інфузії без шкоди для клінічних результатів. У великих рандомізованих дослідженнях обмеження

Таблиця 5. Динаміка креатиніну та ниркова функція

Показник	PPV (n = 60)	Контроль (n = 60)	Порівняння	p-value
Креатинін T0 (базовий), мкмоль/л	169,5 [117,3; 277,3]	140,5 [95,7; 205,8]	Між групами	0,061*
Креатинін T24, мкмоль/л	175,9 [108,7; 333,1]	120,6 [83,3; 236,2]	Між групами	0,028 *
Креатинін T48, мкмоль/л	154,4 [82,7; 360,9]	95,7 [66,0; 255,8]	Між групами	0,030*
Δ креатиніну T24–T0, мкмоль/л	+6,3 [–13,4; 58,4]	+2,9 [–19,4; 23,9]	Δ між групами	0,121*
Δ креатиніну T48–T0, мкмоль/л	+6,6 [–29,6; 76,0]	–11,6 [–33,5; 31,8]	Δ між групами	0,143 *
Потреба в нирковозамісній терапії, n (%)	12 (20,0)	11 (18,3)	–	1,000 [#]

Примітки: показники наведено як медіану [Q1; Q3]; * — двосторонній U-критерій Манна — Уїтні; [#] — χ^2 -критерій Пірсона. Відсутність значущої різниці у зміні креатиніну відносно базового рівня (Δ) між групами поряд із відсутністю різниці у потребі в нирковозамісній терапії та чисельно вищим діурезом у групі PPV свідчить, що міжгрупові відмінності абсолютних значень креатиніну значною мірою зумовлені випадковим дисбалансом на вихідному етапі.

об'єму виявилось безпечним, але не дало переваги щодо летальності — імовірно, через неоднорідність популяції з сепсисом і відсутність індивідуалізації [3, 13]. Ключове значення має не стільки сам обсяг рідини, скільки спосіб його визначення: стратегія, керована PPV, що ґрунтується на сучасних принципах динамічної оцінки гемодинамічного резерву [6], забезпечує необхідний об'єм пацієнтам, залежним від переднавантаження, водночас уникаючи надлишку у тих, хто не очікує на відповідь. Це відповідає принципу «правильна рідина для правильного пацієнта у правильний час» [5] та узгоджується з результатами ANDROMEDA-SHOCK [14].

Менше рідини — менше застою

Менший об'єм інфузії та нижчий кумулятивний баланс у групі PPV супроводжувалися значним зниженням системного, легеневого й абдомінального застою, що відповідає концепції фазової інфузійної терапії (ресусцитація — оптимізація — стабілізація — дересусцитація, ROS-D) [4]. Раннє розпізнавання та запобігання застою має ключове значення, оскільки накопичення позасудинної рідини часто розпочинається ще до клінічно очевидних проявів і важко піддається корекції на пізніх стадіях. Зменшення частки пацієнтів зі шкалою VExUS ≥ 2 , інтегральним маркером венозного застою [7], узгоджується з даними про прогностичне значення цього показника у критично хворих [15–17] навіть з огляду на неоднорідність результатів у популяціях із сепсисом [18]. Сучасні підходи до моніторингу мультиорганного застою на основі ультразвукової оцінки органного кровотоку додатково підтверджують клінічну цінність такого підходу [8]. Менша кількість В-ліній відображає зв'язок між інфузійним навантаженням і позасудинною рідиною легень [19, 20] і може пояснювати тенденцію до меншої частоти ГРДС. Нижчий внутрішньочеревний тиск відповідає відомому зв'язку між позитивним балансом та інтраабдомінальною гіпертензією [4]. У сукупності ці результати формують цілісний патофізіологічний ланцюг: менший об'єм → менший застій → краща органна функція.

Перфузія, лактат і вазопресорна підтримка

Незважаючи на менше рідинне навантаження, стратегія, керована PPV, не компрометувала перфузію — навпаки, асоціювалася з її покращенням. У моделі змішаних ефектів для повторних вимірювань (MMRM) з корекцією на вихідне значення лактату виявлено значуще нижчий його рівень на 24-й годині (різниця $-0,42$ ммоль/л; $p = 0,013$), а частка пацієнтів із повною нормалізацією лактату (< 2 ммоль/л) була більш ніж удвічі вищою (33,3 % проти 15,0 %; $p = 0,033$). Комбінованого показника адекватності перфузії на Т6 досягнуто у 70,0 % проти 50,0 % пацієнтів ($p = 0,040$). Критерію зниження дози норадреналіну ≥ 20 % при підтриманні середнього артеріального тиску ≥ 65 мм рт.ст. на Т6 досягли 65,0 % проти 46,7 % ($p = 0,066$) — у поєднанні з нижчою кумулятивною дозою норадреналіну за 24 години це вказує на швидшу гемодинамічну стабілізацію. Ефективність перфузії визначається не обсягом рідини, а адекватністю її введення у пацієнтів, залежних від

переднавантаження [21]. Така картина відповідає концепції гемодинамічної невідповідності (hemodynamic incoherence) [13, 22]: додаткова рідина у пацієнтів із мікроциркуляторною дисфункцією не поліпшує перфузії, а лише генерує надлишок позасудинної води.

Органна дисфункція та клінічні наслідки

Просте порівняння шкали SOFA на 24-й годині не виявило значущої різниці ($p = 0,247$), тоді як заздалегідь специфікований MMRM із корекцією на вихідне значення SOFA показав значуще зниження як на Т24 (різниця $-1,07$; $p < 0,001$), так і на Т72 (різниця $-1,96$; $p < 0,001$) на користь групи PPV. Цю розбіжність пояснюють чисельно вищим вихідним значенням SOFA у групі PPV: випадковий вихідний дисбаланс маскує справжній ефект втручання у простих порівняннях. Аналогічна картина спостерігалася для рівня лактату. Важливо підкреслити, що аналіз MMRM був заздалегідь визначений у статистичному плані як основний інструмент оцінки динаміки повторних вимірювань, а не апостеріорним аналізом для порятунку негативного результату. У відповідних рекомендаціях для клінічних випробувань із повторними вимірюваннями [23] коваріатно скориговані моделі є основним, а не додатковим інструментом аналізу — саме через здатність коректно враховувати випадкові вихідні дисбаланси при невеликих вибірках. Клінічно це проявилось у скороченні тривалості ШВЛ і перебування у ВІТ — результати, які відповідають концепції, що менша органна дисфункція пов'язана з меншою потребою в органній підтримці [1].

Функція нирок

Чисельно вищі рівні креатиніну в групі PPV відображали вихідний дисбаланс, а не ефект втручання: відсутність значущої різниці у зміні (Δ) креатиніну, подібна частота нирково-замісної терапії (20,0 % проти 18,3 %) і вищий діурез у групі PPV свідчать про відсутність негативного впливу персоналізованої стратегії на функцію нирок. Це узгоджується з підгруповими даними CLOVERS у пацієнтів із нирковою патологією [12] та з сучасним уявленням про роль венозного застою в патогенезі сепсис-асоційованого ушкодження нирок [16, 18].

Методологічні особливості

Інтерпретація результатів вимагає врахування кількох методологічних рішень. Межу не меншої ефективності -15% обрано як компроміс між клінічною значущістю стандартної стратегії та потенційними перевагами меншого об'єму [23, 24]. Обмеження інтервенційного протоколу першими 3 годинами було навмисним і відповідало концепції критичного вікна ранньої гемодинамічної ресусцитації [2, 4, 5, 25]. Застосування PPV у пацієнтів на протективній вентиляції з дихальним об'ємом ≥ 6 мл/кг ідеальної маси тіла потребує окремого коментаря: вищі дихальні об'єми лише для підвищення точності PPV суперечили би принципам легенезахисної вентиляції, тому PPV інтерпретували виключно за повного дотримання умов валідності — контрольованої вентиляції, регулярного ритму, стабільних параметрів вентиляції та незмінної вазопресорної підтримки [22—

25]. Такий підхід відповідає сучасним уявленням про використання динамічних показників не ізольовано, а в контрольованому клінічному контексті [13, 26].

Обмеження дослідження

Дослідження є одноцентровим, що обмежує можливість поширення висновків на ширшу популяцію; критерії включення (контрольована вентиляція легень, синусовий ритм, умови валідності PPV) звужують зовнішню валідність результатів. Відкритий дизайн міг бути джерелом систематичної похибки виявлення (detection bias) для частини вторинних кінцевих точок, хоча цей ризик пом'якшено застосуванням переважно об'єктивних показників і заздалегідь визначених кінцевих точок [24, 27]. Розмір вибірки розрахований для первинної кінцевої точки та не забезпечував достатньої потужності для оцінки летальності, тому тверді клінічні наслідки мають описовий характер. Випадкові вихідні дисбаланси було враховано у коваріатно скоригованому аналізі, однак у багатоцентровому дослідженні-наступнику доцільною була би стратифікована рандомізація. Коротка тривалість інтервенційного протоколу та відсутність тривалого спостереження не дозволяють дійти висновків щодо віддалених клінічних результатів [28].

Клінічні наслідки

Отримані результати не заперечують необхідності ранньої початкової ресусцитації, але ставлять під сумнів доцільність її ведення за фіксованими об'ємними схемами після стабілізації. Стратегія, керована PPV, може розглядатися як спосіб персоналізації гемодинамічної ресусцитації, що дозволяє досягати адекватної перфузії при меншому рідинному навантаженні та потенційно зменшувати тягар органної дисфункції. Це підтримує перехід від моделі ресусцитації, орієнтованої на об'єм, до моделі, орієнтованої на фізіологічні показники, у якій динамічна оцінка чутливості до інфузії використовується для обґрунтування рішень. Скорочення тривалості ШВЛ і перебування у ВІТ має не лише пацієнт-орієнтоване, а й системне значення для системи охорони здоров'я: менші ризики ускладнень тривалої інтубації, нижче навантаження на персонал ВІТ і потенційне вивільнення ліжкового фонду. Подальші дослідження мають оцінити, чи здатні мультимодальні стратегії, що поєднують PPV з іншими маркерами перфузії, покращувати клінічно значущі результати, включно з виживаністю [13, 29, 30].

Висновки

1. PPV-керована інфузійна ресусцитація не поступається стандартизованій стратегії 30 мл/кг за частотою досягнення кліренсу лактату ≥ 10 % через 6 годин у пацієнтів із раннім септичним шоком на ШВЛ. Отримані дані додатково вказують на можливу перевагу персоналізованого підходу.

2. Персоналізована стратегія дозволила вводити істотно менше рідини протягом 48 годин, причому різниця в об'ємах між групами наростала у часі — від ранньої фази ресусцитації до фази стабілізації та дересусцитації.

3. Менше рідини — менше застою. У групі PPV втричі зменшилася частка пацієнтів із венозним застоєм за шкалою VExUS, удвічі — кількість В-ліній у легенях, нижчим був і внутрішньочеревний тиск. Це формує цілісний фізіологічний ефект на всіх рівнях.

4. Менший об'єм рідини не погіршив, а поліпшив органну функцію. В аналізі з урахуванням вихідних значень виявлено зниження шкали SOFA на 24-й і 72-й годинах, нижчий рівень лактату на 24-й годині та удвічі вищу частку повної нормалізації лактату.

5. Клінічна користь проявилася у скороченні тривалості ШВЛ приблизно на 24 години та перебування у ВІТ на 1,2 доби, а також у швидшому зниженні потреби у вазопресорній підтримці. Це має значення як для пацієнта, так і для ефективного використання ресурсів охорони здоров'я.

6. Профіль безпеки персоналізованого підходу був не гірший від стандартного: однакова потреба у нирково-замісній терапії при вищому діурезі, менша частота ГРДС і набряку легень, жодного випадку абдомінального компартмент-синдрому.

7. У пацієнтів із раннім септичним шоком на контрольованій вентиляції та синусовому ритмі спосіб прийняття рішення про інфузію має не менш важливе значення, ніж її обсяг. Для широкого впровадження PPV-керованої стратегії потрібні багатоцентрові дослідження та її інтеграція з іншими маркерами перфузії.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Етичні норми. Протокол дослідження схвалено Комісією з питань етики наукових досліджень, експериментальних розробок і наукових творів Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (протокол № 13 від 15 грудня 2023 року). Дослідження проведено відповідно до етичних принципів Гельсінської декларації та загальноприйнятих норм біоетики. Від усіх пацієнтів отримано інформовану добровільну згоду на участь у дослідженні.

Схвалення до публікації. Усі автори брали участь в обговоренні результатів, ознайомилися та схвалили остаточний варіант рукопису

Внесок авторів. Матолінець Н.В. — розробка концепції та дизайну дослідження, статистичний аналіз даних; Якименко І.І. — підготовка тексту рукопису, оформлення таблиць, опрацювання та статистичний аналіз даних.

Список літератури

1. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801-10. doi: 10.1001/jama.2016.0287.
2. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Cooper-smith CM, French C, et al. *Surviving sepsis campaign: international*

guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med.* 2021;47(11):1181-247. doi: 10.1007/s00134-021-06506-y.

3. Vincent JL. Fluid management in the critically ill. *Kidney Int.* 2019;96(1):52-7. doi: 10.1016/j.kint.2018.11.047.

4. Malbrain MLNG, Marik PE, Witters I, Cordemans C, Kirkpatrick AW, Roberts DJ, et al. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2014;46(5):361-80. doi: 10.5603/AIT.2014.0060.

5. Vandervelden S, Malbrain MLNG. Initial resuscitation from severe sepsis: one size does not fit all. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2015;47(Suppl 1):S44-55. doi: 10.5603/AIT.a2015.0075.

6. Monnet X, Shi R, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: what's new? *Ann Intensive Care.* 2022;12(1):46. doi: 10.1186/s13613-022-01022-8.

7. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying systemic congestion with point-of-care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J.* 2020;12:16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.

8. Jury D, Shaw AD. Utility of bedside ultrasound-derived hepatic and renal parenchymal flow patterns to guide management of acute kidney injury. *Curr Opin Crit Care.* 2021;27(6):587-92. doi: 10.1097/MCC.0000000000000899.

9. Douglas IS, Alapat PM, Corl KA, Exline MC, Forni LG, Holder AL, et al. Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial. *Chest.* 2020;158(4):1431-45. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.025

10. Chaves RCF, Barbas CSV, Queiroz VNF, Serpa Neto A, De-liberato RO, Pereira AJ, et al. Assessment of fluid responsiveness using pulse pressure variation, stroke volume variation, plethysmographic variability index, central venous pressure, and inferior vena cava variation in patients undergoing mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2024;28(1):289. doi: 10.1186/s13054-024-05078-9.

11. Meyhoff TS, Hjortrup PB, Wetterslev J, Sivapalan P, Laake JH, Cronhjort M, et al. Restriction of intravenous fluid in ICU patients with septic shock. *N Engl J Med.* 2022;386(26):2459-70. doi: 10.1056/NEJMoa2202707.

12. Shapiro NI, Douglas IS, Brower RG, et al. Early Restrictive or Liberal Fluid Management for Sepsis-Induced Hypotension. *N Engl J Med.* 2023;388(6):499-510. doi: 10.1056/NEJMoa2212663.

13. De Backer D, Cecconi M, Chew MS, Hajjar L, Monnet X, Ospina-Tascón GA, et al. A plea for personalization of the hemodynamic management of septic shock. *Crit Care.* 2022;26(1):372. doi: 10.1186/s13054-022-04255-y.

14. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a resuscitation strategy targeting peripheral perfusion status vs serum lactate levels on 28-day mortality among patients with septic shock: the ANDROMEDA-SHOCK randomized clinical trial. *JAMA.* 2019;321(7):654-64. doi: 10.1001/jama.2019.0071.

15. Klompaker P, Mousa A, Allard DJ, Hagen BS, Banki T, Vermeulen W, et al. The association between venous excess ultrasound grading system (VExUS) and major adverse kidney events after 30 days in critically ill patients: a prospective cohort study. *J Crit Care.* 2025;86:154089. doi: 10.1016/j.jccr.2025.155097.

16. Beaubien-Souligny W, Galarza L, Buchannan B, Lau VI, Adhikari NK, Deschamps J, et al. Prospective study of ultrasound

markers of organ congestion in critically ill patients with acute kidney injury. *Kidney Int Rep.* 2024;9(3):694-702. doi: 10.1016/j.ekir.2023.12.018.

17. Melo RH, Gioli-Pereira L, Melo E, et al. Venous excess ultrasound score association with acute kidney injury in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ultrasound J.* 2025;17(1):16. doi: 10.1186/s13089-025-00413-9.

18. Song J, Liu X, Zhai Q, Chen J, Huang Y, Wu Z, et al. Association between the venous excess ultrasound (VExUS) score and acute kidney injury in critically ill patients with sepsis: a multicenter prospective observational study. *Ann Intensive Care.* 2025;15(1):105. doi: 10.1186/s13613-025-01529-w.

19. Theerawit P, Touman N, Sutherasan Y, Kiatboonsri S. Trans-thoracic ultrasound assessment of B-lines for identifying the increment of extravascular lung water in shock patients requiring fluid resuscitation. *Indian J Crit Care Med.* 2014;18(4):195-9. doi: 10.4103/0972-5229.130569.

20. Wang RJ, Katha G, Phiri M, Delbridge P, Gordon SB, Calfee CS, et al. Sonographic B-lines, fluid resuscitation, and hypoxemia in Malawian patients with suspected sepsis. *Ann Am Thorac Soc.* 2020;17(9):1135-42. doi: 10.1164/rccm.202003-0640LE.

21. Malbrain MLNG, Van Regenmortel N, Saugel B, et al. Principles of fluid management and stewardship in septic shock: it is time to consider the four D's and the four phases of fluid therapy. *Ann Intensive Care.* 2018;8:66. doi: 10.1186/s13613-018-0402-x.

22. Ince C. Hemodynamic coherence and the rationale for monitoring the microcirculation. *Crit Care.* 2015;19(Suppl 3):S8. doi: 10.1186/cc14726.

23. Mallinckrodt CH, Lane PW, Schnell D, Peng Y, Mancuso JP. Recommendations for the primary analysis of continuous endpoints in longitudinal clinical trials. *Drug Inf J.* 2008;42(4):303-19. doi: 10.1177/009286150804200402.

24. Piaggio G, Elbourne DR, Pocock SJ, Evans SJW, Altman DG; CONSORT Group. Reporting of noninferiority and equivalence randomized trials: extension of the CONSORT statement. *JAMA.* 2006;295(10):1152-60. doi: 10.1001/jama.295.10.1152.

25. Marik PE. Fluid responsiveness and the six guiding principles of fluid resuscitation. *Crit Care Med.* 2016;44(10):1920-2. doi: 10.1097/CCM.0000000000001483.

26. Monnet X, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care.* 2016;6:111. doi: 10.1186/s13613-016-0216-7.

27. Schulz KF, Grimes DA. Blinding in randomised trials: hiding who got what. *Lancet.* 2002;359(9307):696-700. doi: 10.1016/S0140-6736(02)07816-9.

28. Pocock SJ, Stone GW. The primary outcome fails — what next? *N Engl J Med.* 2016;375(9):861-70. doi: 10.1056/NEJMr1510064.

29. Kattan E, Bakker J, Estenssoro E, Ospina-Tascón GA, Biasi Cavalcanti A, De Backer D, et al. Hemodynamic phenotype-based, capillary refill time-targeted resuscitation in early septic shock: the ANDROMEDA-SHOCK-2 randomized clinical trial study protocol. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2022;34(1):96-106. doi: 10.5935/0103-507X.20220004-en.

30. Ospina-Tascón GA, Teboul JL, Hernandez G, et al. How I personalize fluid therapy in septic shock. *Crit Care.* 2023;27:123. doi: 10.1186/s13054-023-04363-3.

Отримано/Received 29.04.2026

Рецензовано/Revised 04.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 15.07.2026

Information about authors

Nataliia V. Matolinets, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Postgraduate Education Faculty, Vice-Rector for Science, Pedagogical and Medical Work, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; e-mail: nmatolinets@gmail.com; phone: +380 (67) 774-13-48; <http://orcid.org/0000-0001-6656-3621>

Ivan I. Yakymenko, PhD-student, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; e-mail: doc.yakim@gmail.com; phone: +380 (63) 780-13-22, +380 (66) 864-63-29; Anesthesiologist, First Lviv Territorial Medical Union, Lviv, Ukraine; <http://orcid.org/0009-0008-3494-2764>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. This research was conducted without external funding.

Ethical norms. The study protocol was approved by the Commission on Ethics of Scientific Research, Experimental Developments and Scientific Works of Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Protocol No. 13, December 15, 2023). The study was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki and generally accepted bioethical standards. Informed consent was obtained from all participants prior to inclusion in the study.

Approval for publication. All authors participated in the discussion of the results, reviewed, and approved the final version of the manuscript

Authors' contribution. N. Matolinets — development of the study concept and design, statistical data analysis; I. Yakymenko — manuscript preparation, table formatting, data processing and statistical analysis.

N.V. Matolinets¹, I.I. Yakymenko^{1,2}

¹Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

²First Lviv Territorial Medical Union, Lviv, Ukraine

PPV-guided personalized fluid strategy for early septic shock: a randomized controlled trial

Abstract. Background. The optimal fluid resuscitation strategy in septic shock remains controversial: fixed-volume approaches are associated with the risk of fluid overload, whereas dynamic indices such as pulse pressure variation (PPV) enable individualized fluid therapy. This study aimed to compare the efficacy and safety of PPV-guided fluid resuscitation with a standardized fixed-volume approach in patients with early septic shock requiring mechanical ventilation. **Materials and methods.** A single-center prospective randomized controlled non-inferiority trial (margin –15 %; n = 120) was conducted. Patients were randomized 1 : 1 to PPV-guided resuscitation or fixed-volume crystalloid administration (30 ml/kg over 3 hours). The primary endpoint was lactate clearance ≥ 10 % at 6 hours. Secondary outcomes included fluid balance, congestion markers (venous excess ultrasound score, VExUS; B-lines; intra-abdominal pressure), Sequential Organ Failure Assessment dynamics, clinical outcomes, and safety. Data were analyzed on an intention-

to-treat basis using a linear mixed-effects model for repeated measures. **Results.** Lactate clearance ≥ 10 % was achieved in 75.0 % of patients in the PPV group versus 58.3 % in the control group (difference +16.7 %; lower bound of 95% CI +2.5 %; $p < 0.001$), confirming non-inferiority with a trend toward superiority. The PPV group had lower fluid volume, lower cumulative fluid balance, and reduced venous (VExUS ≥ 2 : 16.7 vs 48.3 %), pulmonary, and abdominal congestion. Duration of mechanical ventilation and intensive care unit stay were shorter. Safety outcomes were comparable or favored the PPV group. **Conclusions.** PPV-guided fluid resuscitation provides adequate perfusion with reduced fluid burden and congestion. These single-center findings warrant multicenter validation before broader clinical implementation.

Keywords: septic shock; fluid therapy; pulse pressure variation; hemodynamic monitoring; precision medicine; fluid balance; venous congestion ultrasound

Литвиненко А.О.¹, Лісний І.І.²¹Київська міська клінічна лікарня № 7, м. Київ, Україна²Національний інститут раку, м. Київ, Україна

Рання післяопераційна когнітивна дисфункція після операцій на верхній кінцівці

Резюме. Актуальність. Раннє післяопераційне когнітивне зниження може ускладнювати активізацію пацієнта та виконання реабілітаційних рекомендацій після ортопедичних втручань на верхній кінцівці. **Метою** роботи було оцінити когнітивну динаміку, біль, сон, стрес-реакцію, NSE та гемодинаміку в ранньому післяопераційному періоді. **Матеріали та методи.** Проведено проспективний клінічний аналіз 45 до-рослих пацієнтів після планових ортопедичних операцій на верхній кінцівці в умовах комбінованої анестезії із застосуванням пропофолу, фентанілу та регіонарного компонента. Когнітивні функції оцінювали до операції, на першу, третю і сьому добу за MoCA, MMSE, FAB, TMT-B та SDMT. Додатково аналізували біль, якість сну за RCSQ, глюкозу, кортизол, NSE та гемодинамічні показники. Використовували критерій Фрідмана, критерій Вілкоксона з поправкою Holm, Kendall's W та Spearman's rho. **Результати.** На першу добу зареєстровано односпрямоване погіршення всіх когнітивних тестів. Найбільші зміни стосувалися SDMT і TMT-B: SDMT знизився на 7,38 бала, а час TMT-B збільшився на 19,53 с порівняно з доопераційним рівнем ($p < 0,001$). Найбільший розмір ефекту був для SDMT (Kendall's $W = 0,797$) і TMT-B ($W = 0,625$). Клінічно значуще погіршення за SDMT на першу добу виявлено у 77,8 % пацієнтів, а за TMT-B — у 48,9 %. На третю добу показники частково відновлювалися, а на сьому добу MoCA і TMT-B статистично не відрізнялися від вихідного рівня. Якість сну за RCSQ найбільше знижувалася на першу добу (на 18,49 мм; $p < 0,001$). Погіршення RCSQ було пов'язане з погіршенням TMT-B ($\rho = 0,551$; p Holm = 0,0016). Інтра-операційний приріст кортизолу також асоціювався з погіршенням TMT-B ($\rho = 0,440$; p Holm = 0,043). Гемодинаміка залишалася стабільною, потреба в морфіні була низькою (4,4 %), стійкого зв'язку NSE з когнітивними тестами не встановлено. **Висновки.** Після ортопедичних операцій на верхній кінцівці в умовах комбінованої анестезії спостерігалось раннє транзиторне зниження когнітивної функції. Найчутливішими тестами були SDMT і TMT-B. Приріст кортизолу та погіршення сну були асоційовані з погіршенням TMT-B.

Ключові слова: післяопераційна когнітивна дисфункція; ортопедична хірургія; регіонарна анестезія; SDMT; TMT-B; післяопераційний сон

Вступ

Ортопедичні операції на верхній кінцівці часто виконують пацієнтам середнього та старшого віку. У цій категорії хворих результат лікування залежить не лише від техніки оперативного втручання. Значення мають перебіг анестезії, якість анальгезії, стабільність гемодинаміки, вираженість стрес-реакції, сон у перші післяопераційні дні та збереження когнітивних функцій. Навіть короточасне післяопераційне погіршення уваги, швидкості мислення або виконавчих функцій може

ускладнювати ранню активізацію пацієнта, виконання реабілітаційних рекомендацій і загальне відновлення.

Для опису когнітивних змін після операції нині частіше використовують термін «періопераційні нейрокогнітивні розлади». Він об'єднує гострі та відстрочені когнітивні порушення, пов'язані з анестезією і хірургічним втручанням [1]. У клінічних дослідженнях також зберігається термін «післяопераційна когнітивна дисфункція», яким позначають погіршення когнітивних показників після операції порівняно з доопераційним рівнем [2].

Практична цінність цього підходу полягає в тому, що когнітивний стан оцінюють не суб'єктивно, а за динамікою стандартизованих нейропсихологічних тестів.

Післяопераційні когнітивні порушення не завжди мають тривалий характер, однак їх не можна розглядати як другорядне явище. У дослідженні T.G. Monk та співавт. вік, нижчий освітній рівень, цереброваскулярні захворювання в анамнезі та когнітивне зниження на момент виписки були пов'язані з вищим ризиком когнітивних порушень через 3 місяці після великої некардіальної операції [3]. Інші огляди також вказують, що післяопераційне когнітивне зниження може асоціюватися з повільнішим функціональним відновленням, зниженням якості життя, збільшенням тривалості госпіталізації та більшою потребою у сторонній допомозі [2, 4].

Механізми післяопераційних когнітивних змін залишаються багатофакторними. Їх не можна пояснити лише дією анестетика. На когнітивний результат впливають вихідний стан пацієнта, супутня патологія, обсяг хірургічної травми, системне запалення, нейроендокринна відповідь, інтраопераційна гемодинаміка, біль і порушення сну. Хірургічна травма активує запальну відповідь, зокрема через прозапальні медіатори, які можуть впливати на гематоенцефалічний бар'єр, мікрогліальну активацію і синаптичну пластичність [5]. У пацієнтів старшого віку та хворих із серцево-судинною патологією такі зміни можуть мати більший клінічний ефект через зниження церебрального і метаболічного резерву.

Анестезіологічне забезпечення при ортопедичних операціях доцільно оцінювати ширше, ніж лише за показниками інтраопераційної безпеки. Важливо враховувати його зв'язок із післяопераційним болем, потребою в опіоїдах, якістю сну, стрес-реакцією та ранньою когнітивною динамікою. Тотальна внутрішньовенна анестезія на основі пропофолу й фентанілу дає змогу керувати глибиною анестезії та забезпечувати прогнозоване пробудження. Водночас ефективність такого підходу залежить від адекватного контролю ноцицептивного потоку. Додавання регіонарної анестезії може зменшувати больову імпульсацію, знижувати потребу в системних опіоїдах і полегшувати раннє післяопераційне ведення.

Проте дані щодо нейрокогнітивних переваг регіонарної анестезії залишаються неоднозначними. У дослідженні REGAIN у пацієнтів старшого віку з переломом стегна спінальна анестезія не мала переваги над загальною анестезією щодо виживаності та відновлення ходьби через 60 днів [6]. У дослідженні RAGA регіонарна анестезія без седації також не знизила частоту післяопераційного делірію порівняно із загальною анестезією [7]. Ці результати показують, що сама наявність регіонарної методики не гарантує кращого когнітивного результату. Значення мають тип операції, вік, коморбідність, рівень болю, глибина седації, стабільність артеріального тиску та організація післяопераційного знеболювання.

Для операцій на плечовому суглобі, ключиці та інших сегментах верхньої кінцівки контроль болю має окреме значення. Такі втручання можуть супроводжуватися помірним або вираженим болем у перші години після опе-

рації, особливо під час рухів. Рекомендації PROSPECT для операцій на ротаторній манжеті розглядають регіонарні анагетичні методики, зокрема міждрабинчастий блок або надлопатковий блок із блокадою пахового нерва чи без неї, як важливий компонент мультимодального знеболювання [9]. Це має пряме клінічне значення, оскільки післяопераційний біль може впливати на сон, рухову активність, потребу в опіоїдах і когнітивну продуктивність. Систематичний огляд M. Khaled та співавт. показав зв'язок між післяопераційним болем і ризиком делірію після некардіальних операцій, хоча зв'язок болю саме з післяопераційною когнітивною дисфункцією потребує подальшого уточнення [8].

В українській літературі проблема післяопераційної когнітивної дисфункції також вивчалася в ортопедичних пацієнтів, зокрема після ендопротезування кульшового суглоба [10]. Водночас менше даних стосується операцій на верхній кінцівці. Ця група втручань є неоднорідною. Вона включає артроскопічні операції на плечовому суглобі, реконструктивні втручання, металоостеосинтез плечової кістки, ключиці, ліктьового відростка та кісток передпліччя. Через таку клінічну різноманітність важливо оцінювати не лише загальний факт когнітивного зниження, а й те, які саме когнітивні домени змінюються після операції.

Для цього недостатньо лише глобальних скринінгових шкал. MoCA і MMSE дають загальну оцінку когнітивного стану, але можуть бути менш чутливими до окремих доменних порушень. FAB відображає лобові та виконавчі функції. TMT-B оцінює переключення уваги, когнітивну гнучкість і швидкість виконання складного завдання. SDMT є чутливим до змін швидкості обробки інформації, уваги та психомоторного темпу. Поєднання цих тестів дає змогу точніше описати профіль ранніх післяопераційних змін.

Актуальність цієї роботи полягає в оцінці раннього післяопераційного періоду як єдиної клінічної системи. Когнітивні зміни доцільно аналізувати разом із болем, якістю сну, рівнем кортизолу, глюкози, нейронспецифічної енолази та показниками гемодинаміки. Такий підхід зменшує ризик спрощеного пояснення результатів лише видом анестезії або лише віком пацієнта. У пацієнтів після ортопедичних втручань на верхній кінцівці ці чинники діють одночасно і можуть по-різному впливати на раннє відновлення.

Метою роботи було оцінити особливості раннього післяопераційного перебігу у пацієнтів ортопедичного профілю після втручань на верхній кінцівці в умовах комбінованого анестезіологічного забезпечення із застосуванням пропофолу, фентанілу та регіонарної анестезії. Основну увагу приділено динаміці когнітивних функцій, інтенсивності післяопераційного болю, якості сну, періопераційній стрес-реакції, рівню нейронспецифічної енолази та гемодинамічній стабільності протягом раннього післяопераційного періоду.

Матеріали та методи

Дослідження виконано як проспективний клінічний аналіз пацієнтів ортопедичного профілю, яким проводили оперативні втручання на верхній кінцівці. У цій

статті проаналізовано групу хворих, до якої увійшли 45 пацієнтів, оперованих в умовах комбінованого анестезіологічного забезпечення із застосуванням пропофолу, фентанілу та регіонарної анестезії.

Усі пацієнти перебували на лікуванні в одному клінічному підрозділі. Передопераційна підготовка, анестезіологічне забезпечення, оперативне втручання та післяопераційне спостереження проводилися за єдиним клінічним підходом. Це зменшувало вплив організаційних відмінностей на результати спостереження.

До аналізу було включено дорослих пацієнтів, яким виконували планові ортопедичні втручання на верхній кінцівці. Обов'язковими умовами були фізичний статус за ASA I–III, здатність пацієнта виконувати нейропсихологічні тести та наявність письмової інформованої згоди. Пацієнтів не включали у дослідження за наявності діагностованої деменції, виражених когнітивних порушень, тяжких психічних розладів, залежності від психоактивних речовин, декомпенсованої соматичної патології, алергії на заплановані препарати або відмови від участі у дослідженні.

У хворих виконували втручання з приводу травматичних і дегенеративних уражень верхньої кінцівки. До цієї групи належали пацієнти після операцій на плечовому суглобі, плечовій кістці, ключиці, акроміально-ключичному зчленуванні, ліктьовому відростку, передпліччі та променевій кістці. У структурі втручань були артроскопічні операції на плечовому суглобі, реконструктивні втручання, металоостеосинтез кісток верхньої кінцівки, окремі випадки ендопротезування плечового суглоба та видалення металофіксаторів.

Анестезіологічне забезпечення включало тотальну внутрішньовенну анестезію на основі пропофолу і фентанілу в поєднанні з регіонарним компонентом. Пропофол вводили інфузійно з корекцією швидкості введення залежно від клінічної ситуації та показників моніторингу. Фентаніл застосовували як опіоїдний компонент анестезії. Регіонарну анестезію виконували з використанням ультразвукової навігації. Тип блокади визначали відповідно до анатомічної зони оперативного втручання. Для блокад застосовували місцеві анестетики тривалої дії.

Під час операції проводили стандартний моніторинг: артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, сатурація крові киснем, капнографія та електрокардіографія. Глибину анестезії оцінювали за біспектральним індексом. У пацієнтів із регіонарним компонентом підтримували рівень седатії, достатній для операційного комфорту, без надмірного пригнічення. Реєстрували сумарні дози пропофолу, фентанілу, міорелаксантів, обсяг інфузійної терапії, тривалість анестезії, інтраопераційну крововтрату, діурез та епізоди гемодинамічної нестабільності.

Оцінку когнітивних функцій проводили до операції, на першу, третю та сьому добу післяопераційного періоду. Використовували п'ять нейропсихологічних тестів: Montreal Cognitive Assessment, Mini-Mental State Examination, Frontal Assessment Battery, Trail Making Test Part B та Symbol Digit Modalities Test. MoCA і MMSE застосовували для загальної оцінки когнітивного стану.

FAB використовували для оцінки лобових і виконавчих функцій. TMT-B відображав здатність до переключення уваги, когнітивну гнучкість і швидкість виконання складного завдання. SDMT застосовували для оцінки швидкості обробки інформації, уваги та психомоторного темпу. Для TMT-B більший час виконання тесту розцінювали як гірший результат. Для інших тестів нижчий бал відповідав гіршому когнітивному показнику.

Клінічно значущим післяопераційним погіршенням вважали зниження показника за MoCA, MMSE або FAB на 2 бали й більше від доопераційного рівня, зниження SDMT на 5 балів і більше, а також збільшення часу виконання TMT-B на 20 % і більше. Додатково розраховували інтегральний когнітивний індекс. Для цього результати MoCA, MMSE, FAB, TMT-B та SDMT стандартизували у z-значення. Для TMT-B напрямок шкали інвертували, оскільки збільшення часу виконання означало погіршення. Інтегральний індекс розраховували як середнє значення стандартизованих показників.

Для оцінки періопераційної стрес-реакції визначали рівні глюкози та кортизолу. Забір крові проводили до операції, інтраопераційно та після операції. Глюкозу визначали біохімічним методом. Кортизол визначали методом імуноферментного аналізу з використанням комерційного набору Cortisol ELISA Kit, DRG Instruments GmbH, Німеччина. Отримані значення використовували для оцінки вираженості гормонально-метаболічної відповіді на операційну травму.

Нейронспецифічну енолазу визначали як біохімічний маркер нейронального стресу або ушкодження. Концентрацію NSE вимірювали методом імуноферментного аналізу. Для аналізу використовували набір Human NSE ELISA Kit, Elabscience, США. Забір венозної крові проводили з подальшою підготовкою зразків відповідно до протоколу лабораторного дослідження. Результати NSE аналізували в динаміці разом із показниками нейропсихологічного тестування.

Інтенсивність післяопераційного болю оцінювали за числовою рейтинговою шкалою болю від 0 до 10 балів. Значення 0 відповідало відсутності болю, 10 балів відповідало максимально можливому болю. Оцінку проводили через 1, 2, 6, 12, 18 та 24 години після операції. Окремо враховували біль у спокої та біль під час руху. У післяопераційному періоді також реєстрували потребу в додатковому введенні морфіну протягом перших 24 годин.

Якість сну оцінювали за Richards-Campbell Sleep Questionnaire. Оцінювання проводили до операції, на першу, третю та сьому добу післяопераційного періоду. Вищий показник відповідав кращій суб'єктивній якості сну. Цей показник аналізували окремо та разом із ранньою когнітивною динамікою.

У післяопераційному періоді також реєстрували систолічний і діастолічний артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, післяопераційну нудоту і блювання, потребу в додаткових анагетиках та тривалість післяопераційного перебування в стаціонарі. Гемодинамічні показники оцінювали через 2, 4, 6, 12 та 24 години після операції.

Статистичний аналіз проводили з використанням IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, США).

Кількісні змінні описували як середнє значення та стандартне відхилення ($M \pm SD$), медіану з міжквартильним діапазоном $Me [Q1; Q3]$, а також мінімальне та максимальне значення. Для окремих показників додатково розраховували 95% довірчі інтервали. Категоріальні змінні подавали як абсолютну кількість спостережень і частку у відсотках. Нормальність розподілу кількісних показників перевіряли за критерієм Шапіро — Уїлка. З огляду на характер повторних вимірювань у межах однієї групи та відсутність підтвердженої нормальності розподілу для частини показників, динаміку когнітивних тестів, якості сну, болю, гемодинамічних показників, глюкози, кортизолу та NSE аналізували переважно непараметричними методами.

Для оцінки змін показників у кількох часових точках застосовували критерій Фрідмана. Після встановлення загальної статистично значущої динаміки попарні порівняння з доопераційним або вихідним рівнем виконували за критерієм Вілкоксона для пов'язаних вибірок із поправкою Holm на множинні порівняння. Розмір ефекту для повторних вимірювань оцінювали за Kendall's W. Для когнітивних тестів додатково розраховували абсолютну зміну показника від доопераційного рівня. Для TMT-B збільшення часу виконання розцінювали як погіршення, тоді як для MoCA, MMSE, FAB і SDMT погіршенням вважали зниження бала.

Частоту клінічно значущого післяопераційного когнітивного погіршення визначали відповідно до попередньо заданих критеріїв: зниження MoCA, MMSE або FAB на 2 бали і більше, зниження SDMT на 5 балів і більше, а також збільшення часу виконання TMT-B на 20 % і більше від доопераційного рівня. Окремо визначали частку пацієнтів із погіршенням хоча б за одним тестом і за двома або більше тестами. Для узагальнення динаміки когнітивних функцій розраховували інтегральний когнітивний індекс: результати MoCA, MMSE, FAB, SDMT і TMT-B переводили у z-значення,

для TMT-B напрямок шкали інвертували, після чого обчислювали середнє стандартизоване значення.

Зв'язки між раннім когнітивним погіршенням і періопераційними чинниками оцінювали за коефіцієнтом рангової кореляції Spearman's rho. Кореляційний аналіз мав пошуковий характер і включав показники якості сну, приросту кортизолу, глюкози та NSE, сумарної дози фентанілу і тривалості післяопераційного перебування. Для контролю помилки множинних порівнянь у кореляційному аналізі також застосовували поправку Holm. Статистично значущими вважали результати при $p < 0,05$ після відповідної корекції, якщо вона застосовувалася.

Дослідження проводили відповідно до принципів Гельсінської декларації. Усі пацієнти перед включенням у дослідження отримували інформацію про мету, методи та обсяг обстеження і підписували інформовану згоду. Персональні дані пацієнтів обробляли у знеособленому вигляді. Дослідження було схвалено комісією з питань біоетики Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця, протокол № 186 від 24.06.2024 р.

Результати

У дослідження було включено 45 пацієнтів. Середній вік становив $56,8 \pm 16,3$ року, медіана 59 років, міжквартильний діапазон 47–69 років. Вік пацієнтів коливався від 21 до 84 років. У групі переважали жінки: 27 пацієнтів, або 60,0 %. Чоловіків було 18, що становило 40,0 %.

Середня маса тіла дорівнювала $80,1 \pm 15,3$ кг, медіана 78 кг. Індекс маси тіла становив $27,2 \pm 4,6$ кг/м². У більшості хворих було зареєстровано надмірну масу тіла або ожиріння. За фізичним статусом переважали пацієнти з ASA II. Серед супутніх захворювань найчастіше траплялися артеріальна гіпертензія та ішемічна хвороба серця (табл. 1).

За хірургічним профілем група була неоднорідною. Найбільшу частку становили артроскопічні втручання

Таблиця 1. Загальна характеристика пацієнтів, включених у дослідження

Показник	Значення
Кількість пацієнтів	45
Вік, років	$56,8 \pm 16,3$; Me 59 [47; 69]; 21–84
Жінки / чоловіки, n (%)	27 (60,0) / 18 (40,0)
Маса тіла, кг	$80,1 \pm 15,3$; Me 78 [72; 90]
ІМТ, кг/м ²	$27,2 \pm 4,6$; Me 26,6 [24,2; 29,6]
Нормальний ІМТ, n (%)	12 (27,0)
Надмірна маса тіла, n (%)	24 (53,0)
Ожиріння, n (%)	9 (20,0)
Гіпертонічна хвороба I ступеня, n (%)	6 (13,3)
Гіпертонічна хвороба II ступеня, n (%)	13 (28,9)
Ішемічна хвороба серця, n (%)	11 (24,4)
Цукровий діабет, n (%)	3 (6,7)
ASA I / ASA II / ASA III, n (%)	6 (13,3) / 29 (64,4) / 10 (22,2)

Примітка: дані наведено як $M \pm SD$, Me [Q1; Q3], min–max або n (%).

на плечовому суглобі та металоостеосинтез плечової кістки. Менше було операцій на ключиці, акроміально-ключичному зчленуванні, ліктьовому відростку, передпліччі та променевої кістці (табл. 2).

Усім пацієнтам проводили комбіновану анестезію із внутрішньовенним компонентом і регіонарним знеболюванням. Обсяг інтраопераційної інфузії сольових розчинів у більшості хворих був близьким до 1400 мл. Сумарна доза пропофолу найчастіше перебувала в межах 600–1000 мг. Фентаніл у більшості спостережень застосовували в дозі 200–300 мкг. Міорелаксанти використовували не у всіх пацієнтів (табл. 3).

Тривалість анестезії мала асиметричний розподіл за рахунок окремих триваліших втручань. У 23 із 45 пацієнтів (51,1 %) тривалість анестезії не перевищувала 90 хв. У 8 пацієнтів (17,8 %) вона становила 120 хв і більше.

Під час операції середній артеріальний тиск і частота серцевих скорочень залишалися у вузькому діапазоні. На 10-й хвилині середній артеріальний тиск становив 89,47 мм рт.ст., 95% ДІ 86,78–92,17 мм рт.ст. У подальших точках середні значення коливалися в межах 87,06–89,90 мм рт.ст. Частота серцевих скорочень змінювалася в межах 69,84–72,91 уд/хв. На груповому рівні

не зафіксовано епізодів, які б вказували на тенденцію до тахікардії або брадикардії (рис. 1).

У перші 24 години після операції систолічний і діастолічний артеріальний тиск та частота серцевих скорочень також залишалися стабільними. За критерієм Фрідмана статистично значущої динаміки не встановлено для систолічного артеріального тиску ($\chi^2 = 2,22$; $p = 0,696$; Kendall's $W = 0,012$), діастолічного артеріального тиску ($\chi^2 = 3,61$; $p = 0,461$; $W = 0,020$) і частоти серцевих скорочень ($\chi^2 = 1,61$; $p = 0,806$; $W = 0,009$) (табл. 4).

Біль при рухах мав найбільшу інтенсивність у перші 6 годин після операції. Через 1 годину середній показник становив $3,38 \pm 1,28$ бала, через 2 години $3,33 \pm 0,98$ бала, через 6 годин $3,36 \pm 0,96$ бала. Після цього біль поступово зменшувався. Через 24 години середній показник становив $1,82 \pm 0,72$ бала (табл. 5).

Загальна динаміка болю була статистично значущою: $\chi^2 = 96,09$; $p < 0,001$; Kendall's $W = 0,427$. Порівняно з показником через 1 годину рівень болю через 2 та 6 годин статистично не відрізнявся. Через 12, 18 та 24 години біль був нижчим, ніж через 1 годину після операції ($p < 0,001$ для всіх трьох порівнянь після поправки Holm).

Таблиця 2. Структура хірургічних втручань у пацієнтів, включених у дослідження

Тип втручання	n	%
Артроскопічне втручання на плечовому суглобі	19	42,2
Відкрита стабілізація плечового суглоба або рефіксація ротаторної манжети плеча	3	6,7
Ендопротезування плечового суглоба	2	4,4
Металоостеосинтез плечової кістки	14	31,1
Металоостеосинтез ключиці або акроміально-ключичного зчленування	1	2,2
Металоостеосинтез ліктьового відростка, передпліччя або променевої кістки	4	8,9
Шов сухожилка трицепса	1	2,2
Видалення металофіксаторів	1	2,2
Разом	45	100,0

Таблиця 3. Інтраопераційні показники анестезіологічного забезпечення у пацієнтів, включених у дослідження

Показник	M ± SD	Me [Q1; Q3]	Min–max
Сольові розчини, мл	1284,44 ± 384,92	1400 [1100; 1400]	400–2000
Пропофол, мг	862,22 ± 291,77	800 [600; 1000]	400–1800
Фентаніл загальний, мкг	271,11 ± 132,50	300 [200; 300]	0–600
Фентаніл, мкг/кг/год	2,41 ± 1,15	2,22 [1,60; 3,00]	0,73–5,12
Атракуріуму бесилат, мг	27,67 ± 26,12	35 [0; 50]	0–70
Крововтрата, мл	331,33 ± 125,33	300 [250; 400]	100–700
Діурез, мл	432,22 ± 106,13	400 [400; 500]	200–700
Тривалість анестезії, хв	96,89 ± 30,59	90 [70; 110]	50–180

Примітка: фентаніл у мкг/кг/год розраховано для пацієнтів, які отримували препарат; атракуріуму бесилат застосовано у 25 із 45 пацієнтів (55,6 %).

Додаткове знеболювання морфіном знадобилося 2 із 45 пацієнтів (4,4 %). У 43 пацієнтів (95,6 %) потреби в морфіні не було. Післяопераційна нудота або блювання були зареєстровані в одного пацієнта (2,2 %) через 12 годин після операції. У решти пацієнтів таких епізодів у перші 24 години не було.

Тривалість післяопераційного перебування в стаціонарі становила $6,49 \pm 4,92$ ліжко-дня, Ме 5 [3; 8] ліжко-днів, діапазон 1–22 ліжко-дні. Медіана краще описує цей показник, оскільки у вибірці були окремі триваліші госпіталізації.

За шкалою Richards-Campbell Sleep Questionnaire якість сну знижувалася на першу добу після операції, після чого поступово відновлювалася. До операції середній показник становив $69,67 \pm 10,34$ мм. На першу добу він знижувався до $51,18 \pm 12,64$ мм, на третю добу підвищувався до $61,22 \pm 12,19$ мм, на 7-му добу становив $66,73 \pm 12,13$ мм (табл. 6).

Загальна динаміка RCSQ була статистично значущою: $\chi^2 = 87,33$; $p < 0,001$; Kendall's $W = 0,647$. Найбільше зниження

було на першу добу після операції: різниця з доопераційним рівнем становила $-18,49$ мм ($p < 0,001$). На третю добу різниця зменшувалася до $-8,44$ мм, на сьому добу — до $-2,93$ мм. Формально відмінність від доопераційного рівня зберігалася, однак абсолютне відхилення на сьому добу було невеликим.

Глюкоза і кортизол мали односпрямовану динаміку: підвищувалися під час операції та знижувалися після її завершення. Для глюкози післяопераційний показник

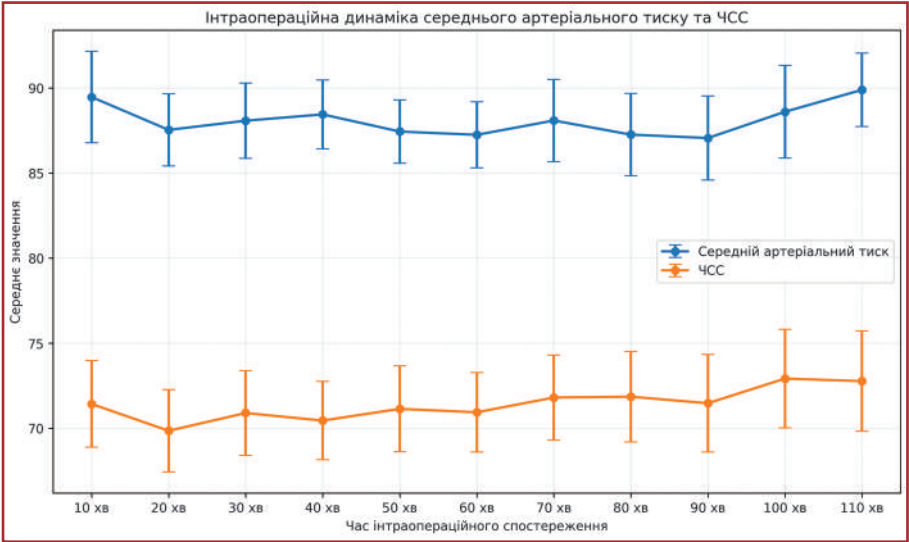


Рисунок 1. Інтраопераційна динаміка середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень у пацієнтів, включених у дослідження

Таблиця 4. Динаміка гемодинамічних показників у ранньому післяопераційному періоді у пацієнтів, включених у дослідження

Показник	2 год	4 год	6 год	12 год	24 год
АТ сист., мм рт.ст.	127,64 ± 10,16 Ме 130 [121; 134] 98–150	127,69 ± 9,68 Ме 128 [121; 134] 103–156	127,27 ± 11,00 Ме 127 [118; 136] 100–161	125,80 ± 12,55 Ме 127 [121; 134] 94–157	126,87 ± 8,18 Ме 126 [119; 134] 117–152
АТ діаст., мм рт.ст.	79,09 ± 9,22 Ме 80 [71; 84] 57–100	79,89 ± 9,35 Ме 82 [74; 87] 63–107	77,56 ± 8,64 Ме 80 [71; 83] 58–104	77,49 ± 9,45 Ме 78 [71; 84] 55–103	78,20 ± 9,05 Ме 78 [70; 86] 65–98
ЧСС, уд/хв	74,67 ± 8,51 Ме 75 [70; 81] 55–90	74,58 ± 9,09 Ме 75 [70; 81] 53–91	74,87 ± 8,04 Ме 75 [70; 80] 55–93	74,31 ± 7,92 Ме 75 [70; 80] 53–90	75,24 ± 6,33 Ме 75 [71; 78] 62–90

Примітка: дані наведено у вигляді $M \pm SD$, Ме [Q1; Q3] та min–max.

Таблиця 5. Динаміка болю при рухах за ВАШ протягом перших 24 годин

Час	$M \pm SD$	Ме [Q1; Q3]	Min–max	ВАШ ≥ 4 , n (%)	ВАШ ≥ 7 , n (%)
1 год	3,38 ± 1,28	3 [3; 4]	1–8	17/45 (37,8)	2/45 (4,4)
2 год	3,33 ± 0,98	3 [3; 4]	1–7	16/45 (35,6)	1/45 (2,2)
6 год	3,36 ± 0,96	3 [3; 4]	1–7	19/45 (42,2)	1/45 (2,2)
12 год	2,58 ± 0,94	2 [2; 3]	н/д	6/45 (13,3)	0
18 год	2,29 ± 0,94	2 [2; 3]	н/д	7/45 (15,6)	0
24 год	1,82 ± 0,72	2 [1; 2]	н/д	0	0

Примітка: н/д — дані min–max для цієї часової точки у вихідному матеріалі не наведені.

залишався вищим за доопераційний рівень. Для кортизолу післяопераційне значення вже не відрізнялося від вихідного. NSE змінювалася вгору, але абсолютна величина приросту була невеликою (табл. 7).

Інтраопераційне підвищення глюкози було статистично значущим порівняно з доопераційним рівнем ($p < 0,001$). Після операції глюкоза знижувалася порівняно з інтраопераційним значенням, але залишалася вищою за вихідний рівень ($p < 0,001$). Попри статистичну значущість, ці зміни не виходили за межі помірної метаболічної відповіді.

Кортизол зростав інтраопераційно ($p < 0,001$), а після операції знижувався до рівня, статистично співставного з доопераційним показником ($p = 0,075$). NSE мала невелику, але статистично значущу висхідну динаміку. Через малу абсолютну різницю цей маркер не слід оцінювати окремо від нейропсихологічних тестів.

Когнітивні функції оцінювали за п'ятьма тестами: МоСА, MMSE, FAB, TMT-B та SDMT. На першу добу

після операції зафіксовано односпрямоване погіршення: зниження показника за МоСА, MMSE, FAB і SDMT та збільшення часу виконання TMT-B. На третю добу показники частково відновлювалися. На сьому добу більшість тестів наближалася до доопераційного рівня (табл. 8).

За критерієм Фрідмана динаміка була статистично значущою для всіх когнітивних показників. Найбільший розмір ефекту був для SDMT і TMT-B. Саме ці тести краще відображали зміни уваги, швидкості обробки інформації, психомоторного темпу та виконавчого контролю (табл. 9).

На першу добу після операції найбільше відхилення було для SDMT і TMT-B. SDMT знизився на 7,38 бала, час виконання TMT-B збільшився на 19,53 с. На третю добу ці відхилення зменшувалися (табл. 10).

На сьому добу МоСА та TMT-B вже не відрізнялися від доопераційного рівня. Для MMSE, FAB і SDMT формальна статистична різниця зберігалася,

Таблиця 6. Динаміка якості сну за RCSQ

Період	M ± SD	Me [Q1; Q3]
До операції	69,67 ± 10,34	70 [64; 75]
Перша доба	51,18 ± 12,64	54 [42; 60]
Третя доба	61,22 ± 12,19	62 [52; 69]
Сьома доба	66,73 ± 12,13	67 [57; 74]

Примітка: вищий показник відповідає кращій суб'єктивній якості сну.

Таблиця 7. Динаміка глюкози, кортизолу та NSE

Показник	До операції	Інтраопераційно	Після операції	Загальна динаміка
Глюкоза, ммоль/л	4,64 ± 0,88 Me 4,5 [4,3; 4,8]	5,60 ± 0,80 Me 5,7 [5,3; 6,0]	5,21 ± 0,72 Me 5,2 [4,8; 5,7]	$\chi^2 = 47,32$; $p < 0,001$
Кортизол, мкг/дл	15,17 ± 2,49 Me 14,6 [13,5; 17,2]	18,32 ± 3,36 Me 17,8 [15,6; 20,8]	15,57 ± 3,21 Me 14,7 [13,0; 17,6]	$\chi^2 = 68,04$; $p < 0,001$
NSE, нг/мл	9,89 ± 1,93 Me 10,20 [8,40; 11,20]	10,03 ± 2,03 Me 10,35 [8,50; 11,62]	10,29 ± 2,10 Me 10,60 [8,78; 11,82]	$\chi^2 = 54,39$; $p < 0,001$

Примітка: NSE — нейронспецифічна енолаза.

Таблиця 8. Динаміка когнітивних тестів у пацієнтів, включених у дослідження

Показник	До операції	Перша доба	Третя доба	Сьома доба
МоСА, бали	26,60 ± 2,00 Me 26 [25; 28]	25,53 ± 1,95 Me 25 [24; 27]	26,07 ± 1,95 Me 26 [25; 28]	26,64 ± 1,87 Me 27 [26; 28]
MMSE, бали	27,89 ± 1,71 Me 28 [27; 29]	26,71 ± 2,37 Me 27 [26; 29]	26,91 ± 2,75 Me 28 [26; 29]	27,58 ± 2,22 Me 28 [26; 29]
FAB, бали	15,71 ± 1,22 Me 16 [15; 17]	14,73 ± 1,30 Me 15 [14; 16]	15,27 ± 1,39 Me 15 [14; 16]	15,60 ± 1,19 Me 16 [15; 16]
TMT-B, с	105,93 ± 30,03 Me 107 [85; 130]	125,47 ± 33,50 Me 129 [104; 147]	115,71 ± 33,14 Me 120 [91; 139]	107,51 ± 30,35 Me 110 [89; 132]
SDMT, бали	47,00 ± 9,96 Me 46 [39; 57]	39,62 ± 11,25 Me 39 [31; 50]	43,56 ± 10,75 Me 44 [35; 54]	45,89 ± 10,51 Me 46 [37; 55]

Примітка: для TMT-B більше значення часу означає гірший результат; для інших тестів більше значення бала означає кращий результат.

але для MMSE і FAB її абсолютна величина була малою (табл. 11).

Клінічно значуще погіршення хоча б за одним когнітивним тестом на першу добу було у 43 із 45 пацієнтів. На третю добу цей показник зменшувався до 25 із 45, на сьому добу до 6 із 45. Погіршення за двома і більше тестами зменшилося з 62,2 % на першу добу до 2,2 % на сьому добу (рис. 2).

Для узагальнення нейрокогнітивної динаміки було розраховано інтегральний когнітивний індекс. До нього включали MoCA, MMSE, FAB, TMT-B та SDMT. Доопераційний рівень приймали за нульову точку групового відліку. Нижчі значення індексу відповідали гіршому загальному когнітивному профілю (табл. 12).

Індекс мав статистично значущу динаміку: $\chi^2 = 113,08$; $p < 0,001$; Kendall's $W = 0,838$. Найбільше

Таблиця 9. Загальна динаміка когнітивних показників за критерієм Фрідмана

Показник	χ^2	p	Kendall's W
MoCA	75,55	< 0,001	0,560
MMSE	63,28	< 0,001	0,469
FAB	79,73	< 0,001	0,591
TMT-B	84,32	< 0,001	0,625
SDMT	107,60	< 0,001	0,797

Таблиця 10. Порівняння когнітивних показників з доопераційним рівнем

Показник	Перша доба vs до операції	Третя доба vs до операції	Сьома доба vs до операції
MoCA	$\Delta -1,07$; $p < 0,001$	$\Delta -0,53$; $p = 0,001$	$\Delta +0,04$; $p = 0,742$
MMSE	$\Delta -1,18$; $p < 0,001$	$\Delta -0,98$; $p < 0,001$	$\Delta -0,31$; $p = 0,031$
FAB	$\Delta -0,98$; $p < 0,001$	$\Delta -0,44$; $p < 0,001$	$\Delta -0,11$; $p = 0,025$
TMT-B	$\Delta +19,53$; $p < 0,001$	$\Delta +9,78$; $p < 0,001$	$\Delta +1,58$; $p = 0,056$
SDMT	$\Delta -7,38$; $p < 0,001$	$\Delta -3,44$; $p < 0,001$	$\Delta -1,11$; $p < 0,001$

Примітка: Δ розраховано як післяопераційне значення мінус доопераційне значення; для TMT-B додатне Δ означає погіршення, для інших тестів від'ємне Δ означає погіршення.

Таблиця 11. Частота клінічно значущого когнітивного погіршення, n (%)

Показник	Перша доба	Третя доба	Сьома доба
MoCA	11/45 (24,4)	7/45 (15,6)	1/45 (2,2)
MMSE	15/45 (33,3)	11/45 (24,4)	4/45 (8,9)
FAB	6/45 (13,3)	1/45 (2,2)	0/45 (0,0)
TMT-B	22/45 (48,9)	3/45 (6,7)	0/45 (0,0)
SDMT	35/45 (77,8)	12/45 (26,7)	2/45 (4,4)
Хоча б один тест	43/45 (95,6)	25/45 (55,6)	6/45 (13,3)
Два і більше тести	28/45 (62,2)	9/45 (20,0)	1/45 (2,2)

Примітка: критерії погіршення: MoCA, MMSE, FAB — зниження на ≥ 2 бали; SDMT — зниження на ≥ 5 балів; TMT-B — збільшення часу виконання на ≥ 20 % від доопераційного рівня.

Таблиця 12. Динаміка інтегрального когнітивного індексу

Період	M $\pm$ SD	Me [Q1; Q3]	95% ДІ
До операції	- 0,00 $\pm$ 0,85	- 0,04 [- 0,55; 0,62]	- 0,25 до 0,25
Перша доба	- 0,68 $\pm$ 0,95	- 0,82 [- 1,41; 0,08]	- 0,97 до - 0,40
Третя доба	- 0,37 $\pm$ 1,00	- 0,44 [- 1,10; 0,53]	- 0,67 до - 0,08
Сьома доба	- 0,08 $\pm$ 0,88	- 0,10 [- 0,65; 0,57]	- 0,35 до 0,18

зниження було на 1-шу добу після операції. На третю добу індекс підвищувався, а на сьому добу наближався до вихідного рівня. Статистична різниця з доопераційним рівнем на сьому добу відображала невеликий залишковий груповий зсув, а не виражене стійке порушення (рис. 3).

Кореляційний аналіз мав пошуковий характер. Після поправки Holm статистично значущими залишилися два зв'язки. Перше співвідношення стосувалося погіршення якості сну на першу добу за RCSQ і погіршення TMT-B на першу добу: Spearman's $\rho = 0,551$; p Holm = 0,0016. Друге співвідношення було між інтраопераційним приростом кортизолу та погіршенням TMT-B на першу добу: $\rho = 0,440$; p Holm = 0,043 (рис. 4).

Асоціація між погіршенням RCSQ та зниженням SDMT на першу добу мала помірну силу, але після корекції не залишалася статистично значущою: $\rho = 0,400$;

p Holm = 0,103. Для приросту NSE, приросту глюкози, сумарної дози фентанілу та тривалості післяопераційного перебування статистично стійких асоціацій із раннім когнітивним погіршенням не встановлено. Ці результати не доводять причинно-наслідкових зв'язків, але вказують на можливу роль сну і гормональної стрес-реакції у ранньому погіршенні тесту, чутливого до уваги та виконавчих функцій.

Обговорення

У групі пацієнтів після ортопедичних операцій на верхній кінцівці виявлено раннє зниження когнітивної продуктивності. Найбільше відхилення від доопераційного рівня припадало на першу добу. На третю добу показники переважно поліпшувалися, а до сьомої доби загальний когнітивний профіль наближався до вихідного стану. Така послідовність змін описує перебіг раннього післяопераційного періоду в умовах комбінованого анестезіологічного забезпечення із застосуванням пропофолу, фентанілу та регіонарного компонента. За наявного дизайну ці дані не можна тлумачити як прямий негативний вплив анестезії, оскільки дослідження не мало групи порівняння з іншим методом анестезіологічного забезпечення.

Більш обґрунтованим є багатофакторне пояснення ранньої когнітивної динаміки. На неї могли впливати операційна травма, біль, якість сну, гормонально-метаболічна відповідь, вік, серцево-судинна коморбідність, вихідний когнітивний резерв і глибина седатії. Такий підхід відповідає сучасній концепції періопераційних нейрокогнітивних розладів, згідно з якою післяопераційне зниження розглядають як результат взаємодії кількох клінічних і біологічних чинників, а не як наслідок одного ізольованого впливу [1, 2, 4]. У досліджуваній вибірці це мало практичне значення, оскільки когнітивні зміни збігалися в часі з транзиторним погіршенням сну, інтраопераційним підвищенням кортизолу, помірним больовим синдромом у перші години після операції та стабільними показниками гемодинаміки. Така сукупність ознак робить однолінійне пояснення малопереконливим і потребує обережної клінічної інтерпретації.



Рисунок 2. Частота клінічно значущого погіршення когнітивних показників у пацієнтів, включених у дослідження

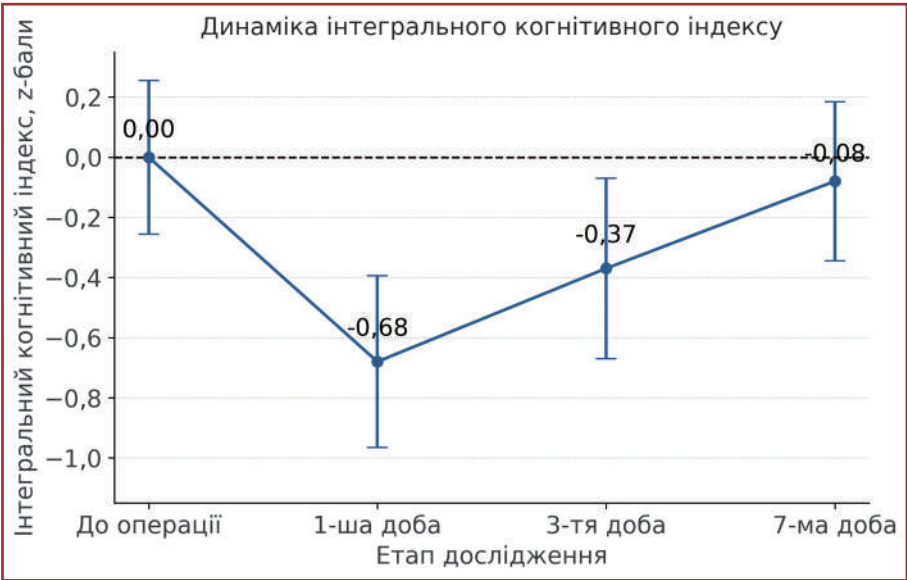


Рисунок 3. Динаміка інтегрального когнітивного індексу в післяопераційному періоді

За характером перебігу післяопераційне зниження у більшості пацієнтів не відповідало грубому або стійкому когнітивному дефіциту. Максимальні зміни реєструвалися на першу добу, після чого відзначалося послідовне відновлення. Тому ранні порушення доцільно описувати як транзиторні. Водночас саме перша доба має клінічну вагу: у цей період пацієнт починає виконувати інструкції персоналу, адаптується до післяопераційного режиму, оцінює біль, бере участь у початковій активізації та потребує збереженої уваги, достатньої швидкості реакції і здатності переключатися між завданнями.

Профіль когнітивних змін був нерівномірним. На першу добу погіршувалися всі досліджувані показники, але найбільші відхилення стосувалися не глобальної орієнтації чи грубого зниження пам'яті. Найбільше змінювалися функції, пов'язані зі швидкістю когнітивної роботи, увагою, психомоторним темпом і виконавчим контролем. Ці домени краще відображалися SDMT і TMT-B. MoCA, MMSE і FAB також демонстрували статистично значущу динаміку, однак їх внесок у деталізацію раннього доменного профілю був менш специфічним. Саме тому в інтерпретації результатів важливішим є не лише факт зниження балів, а співвідношення між окремими тестами.

Такий результат узгоджується з методологічними роботами щодо оцінки післяопераційної когнітивної функції. L.S. Rasmussen та співавт. вказували, що для оцінки післяопераційних змін потрібна не одна глобальна шкала, а батарея тестів, які охоплюють різні когнітивні домени [11]. У систематичному огляді F. Borchers та співавт. показано, що дослідження післяопераційної когнітивної дисфункції істотно відрізняються за набором тестів, часовими точками оцінювання і критеріями діагностики; це знижує порівняльність результатів між роботами [12]. Тому для цієї статті принциповим було не тільки зафіксувати факт післяопераційного зниження, а й встановити, які саме функціональні компоненти погіршувалися найбільше.

J. Liu та співавт. зазначають, що MMSE і MoCA придатні для первинного скринінгу, але можуть бути недостатніми для виявлення тонких доменних змін після операції [13]. Це добре пояснює структуру наших даних. MoCA і MMSE відображали за-

гальне зниження на першу добу, проте не формували такого чіткого функціонального профілю, як SDMT і TMT-B. FAB підтверджував залучення лобових і виконавчих функцій, але абсолютне відхилення за цим тестом було меншим, ніж за тестами, чутливими до швидкості обробки інформації та переключення уваги.

SDMT виявився найчутливішим показником раннього післяопераційного зниження. Саме для нього було отримано найбільший розмір ефекту за Kendall's W і найвищу частоту клінічно значущого погіршення на першу добу. Зниження SDMT не потрібно ототожнювати з ізольованою втратою пам'яті або дезорієнтацією. Воно краще відповідає уповільненню обробки інформації, зниженню зорово-моторної продуктивності, уваги та психомоторного темпу. Така інтерпретація відповідає нейропсихологічній характеристиці SDMT як чутливого інструмента для оцінки когнітивної ефективності та швидкості обробки інформації [14].

TMT-B доповнював SDMT, оскільки оцінював близький, але не тотожний домен. Збільшення часу ви-

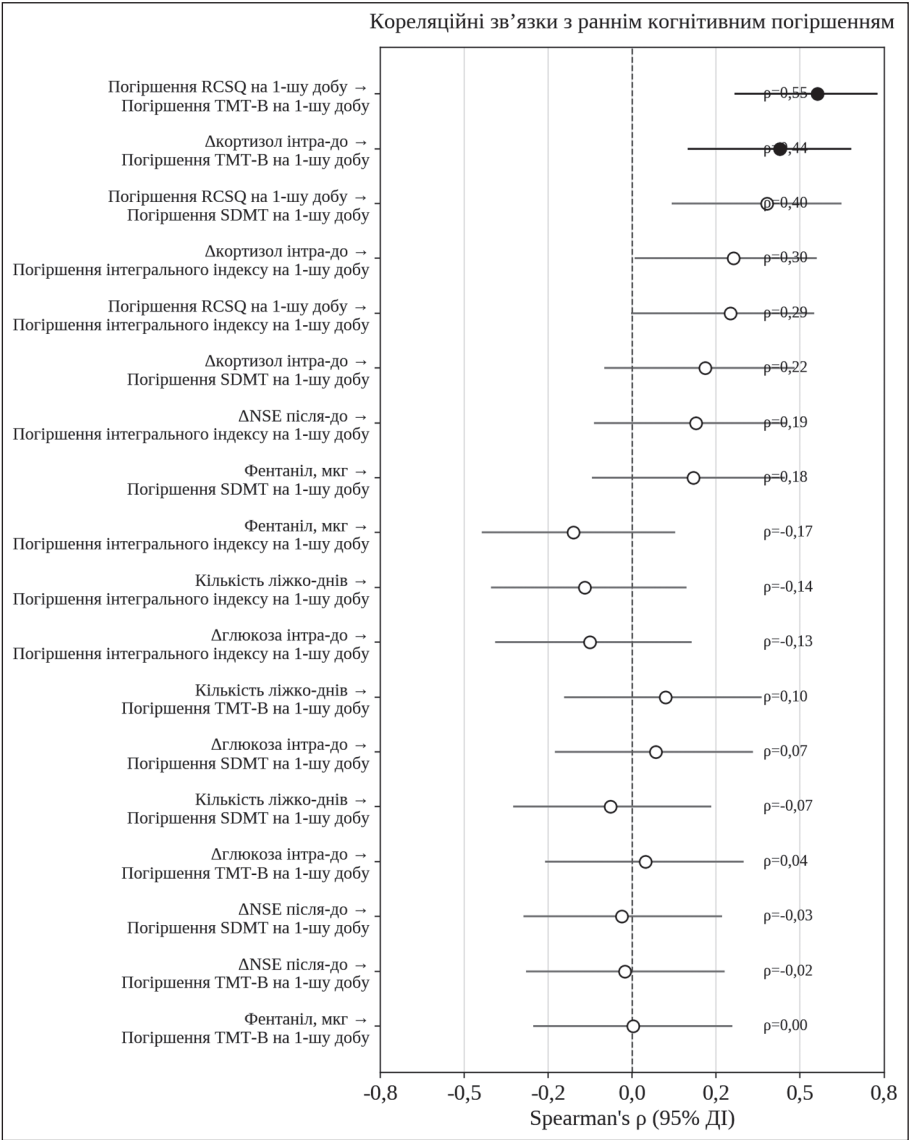


Рисунок 4. Кореляційні зв'язки між періопераційними факторами та раннім когнітивним погіршенням

конання TMT-B на першу добу відображало погіршення когнітивної гнучкості, переключення уваги, контролю послідовності дій і виконавчого контролю. K. Arbuthnott і J. Frank показали, що TMT-B пов'язаний не лише зі швидкістю виконання, а й із set-shifting, тобто здатністю переходити між правилами виконання завдання [15]. У цій вибірці TMT-B мав додаткову аналітичну цінність, оскільки саме його погіршення було асоційоване з нижчою якістю сну та більшим інтраопераційним приростом кортизолу.

Відновлення когнітивних показників також не було однаковим для всіх тестів. До сьомої доби МоСА та TMT-B статистично не відрізнялися від доопераційного рівня. Для MMSE, FAB і SDMT формальна різниця зберігалася, але для MMSE і FAB її абсолютна величина була малою. Найбільш стійким залишковим відхиленням залишалося зниження SDMT. Отже, швидкість обробки інформації та психомоторний темп у частини пацієнтів відновлювалися повільніше, ніж загальний когнітивний статус або здатність до переключення уваги.

Гормонально-метаболічна відповідь у досліджуваній групі була помірною і мала транзиторийний характер. Рівень глюкози та кортизолу зростав інтраопераційно, після чого знижувався. Післяопераційний рівень кортизолу вже не відрізнявся від вихідного, тоді як глюкоза залишалася статистично вищою, ніж доопераційний показник. Така динаміка відповідає типовій відповіді на хірургічну травму, яка включає активацію гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової системи, симпатичної нервової системи та метаболічних механізмів адаптації [16].

Для пояснення ранньої когнітивної динаміки найбільше значення мав не сам факт підвищення кортизолу, а його зв'язок із TMT-B. Більший інтраопераційний приріст кортизолу асоціювався з більшим погіршенням TMT-B на першу добу. Причинного впливу кортизолу на когнітивні функції ці дані не доводять. Вони, однак, узгоджуються з роботою L.S. Rasmussen та співавт., у якій зміни добового профілю кортизолу після великої некардіальної операції були пов'язані з післяопераційною когнітивною дисфункцією на першому тижні спостереження [17]. У нашому матеріалі цей зв'язок був не глобальним, а доменним: він стосувався тесту на увагу, когнітивну гнучкість і виконавчий контроль.

Якість сну мала подібну часову закономірність. Найнижчий показник RCSQ припадав на першу добу, тобто на період максимального когнітивного зниження. Погіршення сну мало статистично стійкий зв'язок із погіршенням TMT-B. Цей результат також не є доказом причинності, проте він показує, що раннє когнітивне відновлення залежало не тільки від перебігу операції та анестезії, а й від якості нічного відновлення. В огляді X. Wang та співавт. періопераційні порушення сну розглядаються як фактор, здатний брати участь у формуванні післяопераційних нейрокогнітивних розладів через нейрозапалення, окисний стрес, зміни гематоенцефалічного бар'єра, лімфатичної функції та процесів пам'яті [18].

Огляд C. Chen та співавт. також підтримує зв'язок між порушеннями сну і періопераційними нейроког-

нітивними розладами в осіб старшого віку [19]. У нашій групі середній вік становив 56,8 року, але частина пацієнтів належала до старших вікових категорій. Тому зниження RCSQ на першу добу не варто розглядати як другорядний післяопераційний симптом. Воно може відображати той компонент раннього відновлення, який пов'язаний з увагою, контролем послідовності дій і здатністю пацієнта точно виконувати інструкції в післяопераційному періоді.

Динаміка NSE потребує стриманої оцінки. У групі було зареєстровано невелике статистично значуще підвищення NSE, але після корекції на множинні порівняння стійкого зв'язку між приростом цього маркера та погіршенням SDMT, TMT-B або інтегрального когнітивного індексу не встановлено. Тому NSE не може бути поданий як самостійний доказ нейронального ушкодження. Метааналіз X. Wang та співавт. показав, що післяопераційні рівні S100 β , NSE та A β можуть бути пов'язані з післяопераційною когнітивною дисфункцією, але прогностична цінність цих маркерів залежить від часу забору, дизайну дослідження і клінічного контексту [20]. Це відповідає нашій інтерпретації: лабораторний маркер має оцінюватися разом із нейропсихологічними тестами, а не замінювати їх.

Окремого розгляду потребує специфіка операцій на плечовому суглобі та верхній кінцівці. Частина пацієнтів перенесла артроскопічні втручання на плечовому суглобі або операції на плечовій кістці. Для цієї хірургічної зони значення мають положення пацієнта, гемодинамічна стабільність, регіонарне знеболювання і потенційний ризик церебральної гіперперфузії при втручаннях у положенні beach-chair. У рандомізованому подвійному сліпому дослідженні N. Kim та співавт. у пацієнтів віком понад 60 років після артроскопії плеча в положенні beach-chair інтраопераційна інфузія декс-медетомідину не зменшила частоту ранньої післяопераційної когнітивної дисфункції і не знизила рівень післяопераційного нейрозапального маркера S100 β порівняно з контролем [21]. Цей факт важливий для дискусії, оскільки навіть цілеспрямована фармакологічна модуляція синапсів та симпатичної відповіді не завжди змінює частоту ранніх когнітивних розладів при хірургічних втручаннях на плечі.

Інше дослідження в цій клінічній зоні стосується нейрозапалення і делірію після артроскопії плеча. F. Xu та співавт. у рандомізованому дослідженні показали, що преінфузія 3% гіпертонічного розчину в гериатричних пацієнтів після артроскопії плеча знижувала частоту післяопераційного делірію і показники імунізапальної відповіді [22]. Це не прямий аналог нашої роботи, оскільки первинною кінцевою точкою там був делірій, а не доменна когнітивна продуктивність за SDMT або TMT-B. Водночас робота підтверджує значення запального та стресового компонента саме в хірургії плеча.

Порівняння загальної анестезії та міждрабинчастого блоку при реверсивному ендопротезуванні плечового суглоба наведено в дослідженні S.M. Rhee та співавт. Автори повідомили про нижчу частоту післяопераційного делірію і меншу інтенсивність болю у групі interscalene block порівняно із загальною анестезією [23]. Це джере-

ло близьке до нашої теми за анатомічною ділянкою і типом регіонарної методики, але воно використовує іншу клінічну кінцеву точку. У нашій статті не аналізували делірій за спеціалізованою шкалою, тому результати Rhee та співавт. не можна прямо переносити на динаміку SDMT або TMT-B. Їх доречно використовувати як підтвердження ролі регіонарної анестезії у зменшенні болю та нейропсихічного навантаження при хірургічних втручаннях на плечі.

Дані К. Takayama та співавт. доповнюють це питання з позиції безпеки міждрабинчастого блоку при артроскопічних операціях на плечі в положенні beach-chair. У великій серії пацієнтів, яким виконували артроскопію плеча під ультразвуковою контрольованою одноразовим interscalene block, автори не виявили значущого погіршення когнітивної функції за DRS-R98 у віддаленому спостереженні [24]. Ці дані узгоджуються з нашими результатами в частині відсутності грубого або стійкого когнітивного дефіциту в більшості пацієнтів. Водночас наша робота фіксує тонші ранні доменні зміни, які можуть залишатися непомітними при оцінці лише делірію або грубого когнітивного порушення.

Роль периферичних нервових блоків у профілактиці післяопераційної когнітивної дисфункції після ортопедичних операцій узагальнено в систематичному огляді та метааналізі L. Deng та співавт. Автори включили 12 рандомізованих досліджень із 1488 пацієнтами і показали, що поєднання периферичного нервового блоку із загальною анестезією знижувало частоту післяопераційної когнітивної дисфункції порівняно із загальною анестезією, але не супроводжувалося вірогідним зниженням частоти післяопераційного делірію [25]. У групах із периферичним блоком також була нижчою інтра- й післяопераційна потреба в опіоїдах та меншою частота післяопераційної нудоти й блювання [25]. У наших пацієнтів низька потреба в морфії та поодинокі епізоди нудоти і блювання відповідають цій логіці, хоча когнітивні зміни на першу добу все одно реєструвалися.

Сучасний метааналіз X. Zhang та співавт. щодо дексметомідину в ортопедичній хірургії показав потенційне поліпшення післяопераційного болю і нейрокогнітивних показників при періопераційному застосуванні препарату [26]. У нашому протоколі дексметомідин не використовувався, тому ці дані не пояснюють власні результати. Їх значення полягає в іншому: вони демонструють, що модифікація стрес-реакції, седатії та анагезії залишається одним із напрямів профілактики нейрокогнітивних порушень в ортопедичних пацієнтів. На цьому тлі асоціація між приростом кортизолу і TMT-B у нашій вибірці виглядає клінічно значущою, хоча причинного механізму вона не доводить.

Комбінована анестезія в досліджуваній групі поєднувала внутрішньовенний компонент із регіонарним знеболюванням. Така схема могла зменшувати ноцицептивне навантаження й потребу в додаткових опіоїдах, що підтверджується низькою частотою застосування морфіну протягом перших 24 годин. Проте короточасне зниження когнітивної продуктивності

спостерігалось навіть за контрольованого болю і низької частоти післяопераційної нудоти та блювання. Це обмежує пояснення ранніх когнітивних змін лише болювим або опіоїдним фактором.

У межах мультимодальної анагезії доречно враховувати й попередні дані щодо pre-emptive застосування НПЗП. У рандомізованому подвійному сліпому плацебо-контрольованому дослідженні [27] було показано, що pre-emptive застосування НПЗП може зменшувати інтенсивність післяопераційного болю і потребу в додатковому знеболюванні без збільшення інтраопераційної крововтрати. Для цієї роботи це має контекстуальне значення: зменшення ноцицептивного та опіоїдного навантаження є важливою частиною періопераційного ведення, але воно не пояснює повністю доменний профіль раннього когнітивного зниження.

Глибина седатії залишається окремим чинником, який слід враховувати при аналізі нейрокогнітивних результатів. У рандомізованому дослідженні F.E. Sieber та співавт. легша седатія під час спінальної анестезії при операціях з приводу перелому стегна була пов'язана з нижчою частотою післяопераційного делірію порівняно з глибшою седатцією [28]. F.M. Radtke та співавт. показали, що BIS-керована анестезія зменшувала частоту делірію, але не знижувала частоту POCD [29]. Для нашої статті це методологічно важливо. Контроль глибини анестезії підвищує безпеку і може впливати на окремі нейропсихічні ускладнення, але не усуває всі доменні когнітивні зміни, які виявляються спеціалізованими тестами.

Гемодинамічна нестабільність не виглядала провідним поясненням отриманої когнітивної динаміки. Інтраопераційний середній артеріальний тиск і частота серцевих скорочень залишалися у вузькому діапазоні, а післяопераційні показники систолічного й діастолічного артеріального тиску та частоти серцевих скорочень не мали статистично значущої динаміки. Це зменшує ймовірність того, що раннє когнітивне зниження було зумовлене вираженими системними гемодинамічними порушеннями. Література також не дає однозначної відповіді. У пілотному рандомізованому дослідженні T. Langer та співавт. інтраопераційна гіпотензія не була пов'язана з POCD або делірієм у пацієнтів старшого віку після некардіальних операцій [30]. Систематичний огляд M.L. van Zuylen та співавт. не підтвердив остаточного зв'язку між інтраопераційною гіпотензією і POCD через значні методологічні відмінності між дослідженнями [31].

Клінічна цінність отриманих даних полягає в тому, що рання післяопераційна оцінка після операцій на верхній кінцівці не повинна обмежуватися болем, гемодинамікою і потребою в анагетиках. У цій групі найбільш помітні зміни стосувалися швидкості когнітивної роботи, уваги й виконавчого контролю. Саме ці функції потрібні пацієнту для розуміння інструкцій, безпечної активізації, дотримання ортопедичних обмежень і участі в ранній реабілітації. Тому SDMT і TMT-B мають практичну перевагу над використанням лише глобальних скринінгових шкал, якщо метою є виявлення тонких ранніх змін.

Ця позиція узгоджується з сучасними рекомендаціями щодо perioperative brain health. Експертний консенсус C.J. Peden та співавт. наголошує на виявленні когнітивної вразливості, контролі болю, уникненні надмірної седатії та мультидисциплінарному веденні пацієнта в періопераційному періоді [32]. Рекомендації Fifth International Perioperative Neurotoxicity Working Group також підкреслюють значення передопераційного когнітивного скринінгу, оптимізації аналгезії, профілактики делірію і післяопераційного спостереження за пацієнтами з ризиком нейрокогнітивних ускладнень [33]. Наші результати конкретизують ці положення для операцій на верхній кінцівці: у ранні строки після втручання найбільш інформативними були тести, орієнтовані на швидкість обробки інформації та виконавчий контроль.

Дослідження має кілька обмежень. По-перше, проаналізовано одну клінічну групу без прямого порівняння з іншими варіантами анестезіологічного забезпечення. Через це результати не можна використовувати як доказ переваги або недоліку конкретної методики анестезії. По-друге, вибірка була відносно невеликою, а структура оперативних втручань неоднорідною. До неї входили артроскопічні операції, реконструктивні втручання, металоостеосинтез і окремі випадки ендопротезування плечового суглоба. Така різноманітність відображає реальну клінічну практику, але зменшує точність узагальнення результатів.

По-третє, спостереження обмежувалося першими 7 післяопераційними добами. Такий період достатній для оцінки раннього відновлення, але не дає відповіді щодо віддалених когнітивних наслідків. По-четверте, повторне виконання нейропсихологічних тестів могло супроводжуватися ефектом навчання. Це слід враховувати при інтерпретації позитивної динаміки на третю і сьому добу. По-п'яте, біохімічна оцінка включала лише глюкозу, кортизол і NSE. Ці показники характеризують окремі компоненти стресової та нейрональної відповіді, але не замінюють ширшу панель маркерів нейрозапалення або нейронального ушкодження.

Окремим методичним аспектом є деталізація регіонарного компонента анестезії. У цій статті регіонарну анестезію описано як частину комбінованого анестезіологічного забезпечення, однак подальші дослідження мають передбачати більш стандартизовану фіксацію параметрів кожного блоку. Міжнародний Delphi-консенсус Н.М. Ahmed та співавт. визначає документацію регіонарної анестезії як важливий складник клінічної якості, навчання та досліджень. До ключових елементів автори відносять назву регіонарної процедури, сторону блоку, метод локалізації голки, використаний місцевий анестетик, рівень седатії, моніторинг, ускладнення та післяпроцедурні інструкції [34]. Для нашої роботи це має значення не як пояснення когнітивних результатів, а як умова відтворюваності анестезіологічної методики та коректного порівняння подібних досліджень у майбутньому.

Безпековий аспект комбінованої анестезії також потребує окремого врахування. У роботі N. Semenko та співавт. на експериментальній моделі системної

токсичності бупівакаїну показано, що при поєднанні загальної анестезії з регіонарними методами нейротоксичні прояви LAST можуть бути менш очевидними через седатію або міорелаксацію, тоді як ЕКГ-моніторинг залишається основним методом раннього виявлення клінічно значущої кардіотоксичності [35]. Автори також показали, що при внутрішньовенному введенні бупівакаїну у кролів перші ЕКГ-зміни та асистолія виникали раніше на тлі пропофолу, ніж на тлі севофлурану [35]. Ці дані не можна прямо переносити на клінічні когнітивні результати нашого дослідження, однак вони підкреслюють необхідність уважного моніторингу при поєднанні регіонарної анестезії з внутрішньовенною анестезією.

Кореляційний аналіз мав пошуковий характер. Зв'язок між якістю сну, приростом кортизолу й погіршенням TMT-B не є доказом причинно-наслідкового механізму. Ці асоціації варто розглядати як підставу для подальших досліджень із більшими вибірками, контрольними групами та довшим спостереженням. У майбутніх роботах доцільно окремо оцінювати внесок типу операції, тривалості анестезії, глибини седатії, якості регіонарного блоку, післяопераційного сну, болю і біомаркерів стрес-реакції у формування раннього когнітивного профілю. Такий дизайн дав би змогу відокремити власне ефект анестезіологічної методики від загального періопераційного навантаження.

Висновки

1. У пацієнтів після ортопедичних операцій на верхній кінцівці в умовах комбінованої анестезії встановлено раннє транзиторне зниження когнітивної продуктивності з максимальними змінами на першу добу після втручання.
2. На третю добу відзначалося часткове відновлення когнітивних показників, а на сьому добу більшість показників наближалася до доопераційного рівня.
3. Найбільші післяопераційні зміни були зареєстровані за SDMT і TMT-B, що визначає ці тести як найбільш чутливі для виявлення раннього когнітивного зниження.
4. Інтраопераційний приріст кортизолу та зниження якості сну на першу добу були асоційовані з погіршенням TMT-B.
5. Інтра- та післяопераційна гемодинаміка залишалася стабільною; потреба в додатковому введенні морфіну була низькою; стійкого зв'язку між динамікою NSE і погіршенням когнітивних тестів не встановлено.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Фінансування статті власним коштом.

Внесок авторів. Литвиненко А.О. — набір матеріалу, статистична обробка отриманого матеріалу, написання тексту статті; Лісний І.І. — редагування статті.

Список літератури

1. Evered L., Silbert B., Knopman D.S., et al. Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia

and surgery-2018. *Br. J. Anaesth.* 2018. Vol. 121(5). P. 1005-1012. doi: 10.1016/j.bja.2017.11.087.

2. Rundshagen I. Postoperative cognitive dysfunction. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2014. Vol. 111(8). P. 119-125. doi: 10.3238/arztebl.2014.0119.

3. Monk T.G., Weldon B.C., Garvan C.W., et al. Predictors of cognitive dysfunction after major noncardiac surgery. *Anesthesiology.* 2008. Vol. 108(1). P. 18-30. doi: 10.1097/01.anes.0000296071.19434.1e.

4. Tasbihgou S.R., Absalom A.R. Postoperative neurocognitive disorders. *Korean J. Anesthesiol.* 2021. Vol. 74(1). P. 15-22. doi: 10.4097/kja.20294.

5. Yang T., Velagapudi R., Terrando N. Neuroinflammation after surgery: from mechanisms to therapeutic targets. *Nat. Immunol.* 2020. Vol. 21(11). P. 1319-1326. doi: 10.1038/s41590-020-00812-1.

6. Neuman M.D., Feng R., Carson J.L., et al. Spinal anesthesia or general anesthesia for hip surgery in older adults. *N. Engl. J. Med.* 2021. Vol. 385(22). P. 2025-2035. doi: 10.1056/NEJMoa2113514.

7. Li T., Li J., Yuan L., et al. Effect of regional vs general anesthesia on incidence of postoperative delirium in older patients undergoing hip fracture surgery: the RAGA randomized trial. *JAMA.* 2022. Vol. 327(1). P. 50-58. doi: 10.1001/jama.2021.22647.

8. Khaled M., Sabac D., Fuda M., et al. Postoperative pain and neurocognitive outcomes after noncardiac surgery: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Br. J. Anaesth.* 2025. Vol. 134(1). P. 89-101. doi: 10.1016/j.bja.2024.08.032.

9. Toma O., Persoons B., Pogatzki-Zahn E., et al. PROSPECT guideline for rotator cuff repair surgery: systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Anaesthesia.* 2019. Vol. 74(10). P. 1320-1331. doi: 10.1111/anae.14796.

10. Свіргун М.В., Семененко А.І. Аналіз виникнення післяопераційної когнітивної дисфункції у пацієнтів із ожирінням після ендопротезування кульшового суглоба під спінальною анестезією. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія.* 2023. Т. 22, № 3. С. 77-83. doi: 10.24061/1727-0847.22.3.2023.33.

11. Rasmussen L.S., Larsen K., Houx P., et al. The assessment of postoperative cognitive function. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2001. Vol. 45(3). P. 275-289. doi: 10.1034/j.1399-6576.2001.045003275.x.

12. Borchers F., Spies C.D., Feinkohl I., et al. Methodology of measuring postoperative cognitive dysfunction: a systematic review. *Br. J. Anaesth.* 2021. Vol. 126(6). P. 1119-1127. doi: 10.1016/j.bja.2021.01.035.

13. Liu J., Huang K., Zhu B., et al. Neuropsychological tests in post-operative cognitive dysfunction: methods and applications. *Front. Psychol.* 2021. Vol. 12. Article 684307. doi: 10.3389/fpsyg.2021.684307.

14. Benedict R.H.B., DeLuca J., Phillips G., et al. Validity of the Symbol Digit Modalities Test as a cognition performance outcome measure for multiple sclerosis. *Mult. Scler.* 2017. Vol. 23(5). P. 721-733. doi: 10.1177/1352458517690821.

15. Arbuthnott K., Frank J. Trail Making Test, Part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 2000. Vol. 22(4). P. 518-528. doi: 10.1076/1380-3395(200008)22:4;1-0;FT518.

16. Desborough J.P. The stress response to trauma and surgery. *Br. J. Anaesth.* 2000. Vol. 85(1). P. 109-117. doi: 10.1093/bja/85.1.109.

17. Rasmussen L.S., O'Brien J.T., Silverstein J.H., et al. Is perioperative cortisol secretion related to post-operative cognitive dysfunction? *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2005. Vol. 49(9). P. 1225-1231. doi: 10.1111/j.1399-6576.2005.00791.x.

18. Wang X., Hua D., Tang X., et al. The role of perioperative sleep disturbance in postoperative neurocognitive disorders. *Nat. Sci. Sleep.* 2021. Vol. 13. P. 1395-1410. doi: 10.2147/NSS.S320745.

19. Chen C., Zhai R.X., Lan X., et al. The influence of sleep disorders on perioperative neurocognitive disorders among the elderly: a narrative review. *iBrain.* 2024. Vol. 10(2). P. 197-216. doi: 10.1002/ibra.12167.

20. Wang X., Chen X., Wu F., et al. Relationship between postoperative biomarkers of neuronal injury and postoperative cognitive dysfunction: a meta-analysis. *PLoS One.* 2023. Vol. 18(4). Article e0284728. doi: 10.1371/journal.pone.0284728.

21. Kim N., Kim K.H., Choi Y.S., et al. Effect of dexmedetomidine on early postoperative cognitive function in patients undergoing arthroscopic shoulder surgery in beach chair position: a randomized double-blind study. *J. Clin. Med.* 2022. Vol. 11(11). Article 2970. doi: 10.3390/jcm11112970.

22. Xu F., Li Y., Wang X., et al. Effect of pre-infusion of hypertonic saline on postoperative delirium in geriatric patients undergoing shoulder arthroscopy: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2023. Vol. 23. Article 405. doi: 10.1186/s12871-023-02340-5.

23. Rhee S.M., Kim S.Y., Kim C.H., et al. Postoperative delirium after reverse total shoulder arthroplasty: interscalene block versus general anesthesia. *Clin. Orthop. Surg.* 2025. Vol. 17(2). P. 283-290. doi: 10.4055/cios24084.

24. Takayama K., Ichimura A., Ito H. Arthroscopic shoulder surgery in the beach chair position under single interscalene block does not affect patients' cognitive function. *JSES Int.* 2025 Oct 14. Vol. 10(1). Article 101387. doi: 10.1016/j.jseint.2025.09.007. eCollection 2026 Jan.

25. Deng L., Jiao B., Cai J., et al. The use of peripheral nerve block decrease incidence of postoperative cognitive dysfunction following orthopedic surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2024. Vol. 24. Article 354. doi: 10.1186/s12871-024-02743-y.

26. Zhang X., Leng Y., Yuan X., et al. Efficacy of perioperative dexmedetomidine in postoperative pain and neurocognitive functions in orthopedic surgery: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Int. J. Surg.* 2025. Vol. 111(5). P. 3525-3542. doi: 10.1097/JS9.0000000000002315.

27. Lisnyy I., Zakalska O., Dmytriiev D., et al. Pre-emptive analgesia with nonsteroidal anti-inflammatory drugs. Randomized, double-blind placebo-controlled study. *Lekársky Obzor.* 2021. Vol. 70(5). P. 195-202.

28. Sieber F.E., Zakriya K.J., Gottschalk A., et al. Sedation depth during spinal anesthesia and the development of postoperative delirium in elderly patients undergoing hip fracture repair. *Mayo Clin. Proc.* 2010. Vol. 85(1). P. 18-26. doi: 10.4065/mcp.2009.0469.

29. Radtke F.M., Franck M., Lendner J., et al. Monitoring depth of anaesthesia in a randomized trial decreases the rate of postoperative delirium but not postoperative cognitive dysfunction. *Br. J. Anaesth.* 2013. Vol. 110, Suppl. 1. P. i98-i105. doi: 10.1093/bja/aet055.

30. Langer T., Santini A., Zadek F., et al. Intraoperative hypotension is not associated with postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing general anesthesia for surgery: results of a randomized controlled pilot trial. *J. Clin. Anesth.* 2019. Vol. 52. P. 111-118. doi: 10.1016/j.jclinane.2018.09.021.

31. Van Zuylen M.L., Gribnau A., Admiraal M., et al. The role of intraoperative hypotension on the development of postoperative cognitive dysfunction: a systematic review. *J. Clin. Anesth.* 2021. Vol. 72. Article 110310. doi: 10.1016/j.jclinane.2021.110310.

32. Peden C.J., Miller T.R., Deiner S.G., et al. Improving perioperative brain health: an expert consensus review of key actions for the perioperative care team. *Br. J. Anaesth.* 2021. Vol. 126(2). P. 423-432. doi: 10.1016/j.bja.2020.10.037.

33. Berger M., Schenning K.J., Brown C.H., et al. Best practices for postoperative brain health: recommendations from the Fifth International Perioperative Neurotoxicity Working Group. *Anesth. Analg.* 2018. Vol. 127(6). P. 1406-1413. doi: 10.1213/ANE.0000000000003841.

34. Ahmed H.M., Atterton B.P., Crowe G.G., et al. Recommendations for effective documentation in regional anesthesia: an expert panel

Delphi consensus project. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2022. Vol. 47(5). P. 301-308. doi: 10.1136/rapm-2021-103136.

35. Semenko N., Kuchyn I., Frank M., et al. Sevoflurane reduces the cardiac toxicity of bupivacaine compared with propofol in rabbits: an experimental study using early electrocardiographic detection and measurement of toxic plasma concentration. *Anaesthesiol. Intensive Ther.* 2024. Vol. 56(4). P. 224-230. doi: 10.5114/ait.2024.145167.

Отримано/Received 11.06.2026

Рецензовано/Revised 03.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 14.07.2026

Information about authors

Artem O. Lytvynenko, Anesthesiologist, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Kyiv City Clinical Hospital 7, Kyiv, Ukraine; e-mail: artem.lytvynenko45621@gmail.com; phone: +380 (95) 595-53-46; <https://orcid.org/0009-0004-8276-203X>

Ivan I. Lisnyy, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Surgery Center, National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine, e-mail: woodmanivan@yahoo.com; phone: +380 (67) 408-47-36; <https://orcid.org/0009-0009-3364-0876>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The study and preparation of the article were self-funded.

Authors' contribution. A.O. Lytvynenko — performed patient recruitment and data collection, carried out the statistical analysis of the obtained data, and drafted the manuscript; I.I. Lisnyy — performed the scientific and editorial revision of the manuscript.

A.O. Lytvynenko¹, I.I. Lisnyy²

¹Kyiv City Clinical Hospital 7, Kyiv, Ukraine

²National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine

Early postoperative cognitive dysfunction after upper limb surgery

Abstract. Background. Early postoperative cognitive decline may interfere with mobilisation of a patient, and rehabilitation recommendations after orthopaedic surgery on the upper limb. The aim of the study was to assess early postoperative cognitive dynamics, pain, sleep quality, stress response, neuron-specific enolase (NSE) and haemodynamics. **Materials and methods.** A prospective clinical analysis included 45 adult patients who underwent elective orthopaedic surgery on the upper limb under combined anaesthesia with propofol, fentanyl and a regional component. Cognitive function was assessed before surgery and on postoperative days 1, 3 and 7 using Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Mini-Mental State Examination, Frontal Assessment Battery, Trail Making Test, Part B (TMT-B) and Symbol Digit Modalities Test (SDMT). Additionally, the following parameters were analysed: pain intensity, sleep quality — by the Richards-Campbell Sleep Questionnaire (RCSQ), glucose, cortisol, NSE and haemodynamic variables. Friedman test, Wilcoxon test with Holm correction, Kendall's W and Spearman's ρ were used. **Results.** On postoperative day 1, all cognitive tests showed unidirectional deterioration. The greatest changes were observed in SDMT and TMT-B: SDMT decreased by 7.38 points, and TMT-B completion time increased by 19.53 s

compared with the preoperative level ($p < 0.001$). The largest effect sizes were found for SDMT (Kendall's $W = 0.797$) and TMT-B ($W = 0.625$). Clinically significant deterioration for SDMT on day 1 was recorded in 77.8 % of patients and in 48.9 % for TMT-B. On day 3, cognitive performance partially recovered; by day 7, MoCA and TMT-B no longer differed statistically from baseline. Sleep quality showed the greatest decrease on day 1, with RCSQ reduced by 18.49 mm ($p < 0.001$). Worsening of RCSQ was associated with deterioration in TMT-B ($p = 0.551$; Holm-adjusted $p = 0.0016$). Intraoperative cortisol increase was also associated with TMT-B deterioration ($p = 0.440$; Holm-adjusted $p = 0.043$). Haemodynamics remained stable, rescue morphine requirement was low (4.4 %), and no persistent association between NSE dynamics and cognitive tests was found. **Conclusions.** Combined anaesthesia for orthopaedic surgery on the upper limb was accompanied by early transient cognitive decline. SDMT and TMT-B were the most sensitive tests. Cortisol increase and reduced sleep quality were associated with deterioration in TMT-B.

Keywords: postoperative cognitive dysfunction; orthopaedic surgery; regional anaesthesia; Symbol Digit Modalities Test; Trail Making Test, Part B; postoperative sleep

Лизогуб К.І.¹, Лизогуб М.В.¹, Одинець І.Ю.², Морозенко Д.В.¹¹ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна²Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

Передопераційна оцінка мозкового притоку як предиктор церебральної десатурації при артроскопіях плечового суглоба

Резюме. Актуальність. Напівсидяче положення під час артроскопії плечового суглоба асоціюється зі змінами системної та церебральної гемодинаміки, що може призводити до розвитку церебральної гіперперфузії та інтраопераційної десатурації. Водночас можливість прогнозування церебральної десатурації на основі передопераційної оцінки мозкового притоку залишається недостатньо вивченою. **Мета:** оцінити взаємозв'язок між передопераційними показниками глобального мозкового кровотоку, визначеного як сумарний об'ємний кровотік у внутрішній сонній артерії та хребтовій артерії, та інтраопераційними змінами церебральної оксигенації за даними *near-infrared spectroscopy* (NIRS) у пацієнтів у напівсидячому положенні. **Матеріали та методи.** У дослідження включено 48 пацієнтів, яким виконували артроскопію плечового суглоба в напівсидячому положенні. Передопераційно проводили ультразвукову оцінку одностороннього мозкового притоку шляхом визначення сумарного об'ємного кровотоку у внутрішній сонній і хребтовій артеріях, а також моніторинг церебральної оксигенації методом *near-infrared spectroscopy*. Оцінювали показники в положенні лежачи та при моделюванні напівсидячого положення у свідомості. Інтраопераційно здійснювали безперервний NIRS-моніторинг, контроль артеріального тиску та частоти серцевих скорочень. Когнітивні функції оцінювали за шкалою МоСА до та після оперативного втручання. **Результати.** У пацієнтів зі зниженим передопераційним мозковим притоком відзначалося більш виражене зниження церебральної оксигенації як під час позиційної проби у свідомості, так і в інтраопераційному періоді. Інтраопераційні показники rSO_2 у II групі становили $82,4 \pm 6,8$ % проти $92,13 \pm 2,69$ % у I групі. Одночасно спостерігалася тенденція до зниження показників артеріального тиску й підвищення частоти серцевих скорочень. У пацієнтів зі зниженим мозковим притоком також виявлено тенденцію до помірного післяопераційного зниження когнітивних функцій за шкалою МоСА. **Висновки.** Передопераційна оцінка мозкового притоку може бути корисною для виявлення пацієнтів з підвищеним ризиком інтраопераційної церебральної десатурації під час артроскопії плечового суглоба в напівсидячому положенні. Знижений церебральний перфузійний резерв асоціюється з більш вираженим зниженням церебральної оксигенації та тенденцією до ранніх післяопераційних когнітивних змін.

Ключові слова: церебральна оксигенація; мозковий кровотік; церебральна авторегуляція; артроскопія плечового суглоба

Вступ

Церебральна перфузія є ключовим фактором забезпечення адекватної оксигенації та функціонування головного мозку в періопераційному періоді. Порушення балансу між доставкою та споживанням кисню може призводити до розвитку церебральної ішемії, когнітивних порушень та інших неврологічних усклад-

нень, що особливо актуально при нейрохірургічних втручаннях [1]. Одним з факторів, що суттєво впливає на церебральну гемодинаміку, є положення тіла пацієнта. Напівсидяче положення (НСП) широко застосовується в хірургічній практиці завдяки покращеному операційному доступу та венозному відтоку. Водночас воно асоціюється зі зниженням перфузійного тиску на

рівні головного мозку через гідростатичний градієнт, що може призводити до розвитку церебральної гіперфузії [2].

Важливим компонентом забезпечення церебральної безпеки під час анестезії є оцінка базового мозкового кровотоку до операції, оскільки саме вихідний рівень перфузії визначає індивідуальний резерв адаптації до інтраопераційних гемодинамічних змін. Дослідження підкреслюють, що об'ємний кровотік у магістральних судинах, зокрема в а. carotis interna, є більш репрезентативним показником глобальної церебральної перфузії, ніж ізольовані показники швидкості кровотоку, і може використовуватися для індивідуалізації періопераційного менеджменту [4]. Оцінка цих параметрів у передопераційному періоді дозволяє ідентифікувати пацієнтів з потенційно обмеженими резервами мозкової перфузії, що має особливе значення при зміні положення тіла під час анестезії. Паралельно near-infrared spectroscopy (NIRS) забезпечує безперервний неінвазивний моніторинг регіонарної церебральної оксигенації, що відображає баланс між доставкою та споживанням кисню в мозку. У сучасних оглядах підкреслюється, що NIRS стає важливим інструментом періопераційного моніторингу, оскільки дозволяє виявляти зміни церебральної перфузії, які не завжди корелюють із системними гемодинамічними параметрами, і може використовуватися для цілеспрямованої корекції перфузії під час операції [4, 5].

Особливої клінічної значущості це набуває при операціях у напівсидячому положенні, що супроводжується вираженими гравітаційними змінами гемодинаміки. Перехід у це положення призводить до формування гідростатичного градієнта між рівнем серця і мозку, що знижує ефективний церебральний перфузійний тиск навіть при стабільному системному артеріальному тиску. Клінічні дослідження демонструють, що така позиція асоціюється зі зниженням церебральної оксигенації (rSO₂) після позиціонування, що свідчить про потенційне зменшення мозкового кровотоку [6]. Водночас вираженість цих змін значною мірою залежить від індивідуальних характеристик церебрального кровотоку та перфузійного резерву, що підкреслює важливість їх передопераційної оцінки.

У цьому контексті особливого значення набуває комбінована передопераційна оцінка глобального мозкового кровотоку та церебральної оксигенації, яка може дозволити ідентифікувати пацієнтів з обмеженим перфузійним резервом до індукції анестезії. Подальший інтраопераційний моніторинг NIRS забезпечує можливість раннього виявлення критичних змін оксигенації мозку, що виникають у відповідь на гравітаційні й гемодинамічні фактори, і може бути ключовим для своєчасної корекції перфузії.

Мета: оцінити взаємозв'язок між передопераційними показниками глобального мозкового кровотоку, визначеного як сумарний об'ємний кровотік у внутрішній сонній артерії (BCA) та хребтовій артерії (XA), та інтраопераційними змінами церебральної оксигенації за даними near-infrared spectroscopy в пацієнтів у напівсидячому положенні.

Матеріали та методи

Роботу виконано в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України». Дослідження було схвалене локальним комітетом з біоетики відповідної установи, протокол № 23 від 04.05.2026, і проведене з дотриманням принципів належної клінічної практики (ICH GCP), Гельсінської декларації з прав людини та біомедицини (редакція 2024 р.), а також вимог чинного законодавства України. До проспективного обсерваційного дослідження було залучено 48 пацієнтів, середній вік яких становив $42,60 \pm 10,10$ року. Фізичний стан пацієнтів у передопераційному періоді оцінювали за шкалою American Society of Anesthesiologists (ASA), причому всі пацієнти належали до I–II класу. Критерії включення: вік понад 18 років, планове оперативне втручання з передбачуваним використанням напівсидячого положення, можливість виконання ультразвукового дослідження (УЗД) магістральних артерій шиї та NIRS-моніторингу, письмова інформована згода на участь у дослідженні. Критерії виключення: гемодинамічна нестабільність, тяжкі порушення серцевого ритму, виражений стеноз або оклюзія досліджуваних судин, неможливість адекватної ультразвукової візуалізації, відмова пацієнта від участі. Залежно від характеру змін сумарного об'ємного кровотоку в а. carotis interna та а. vertebralis пацієнтів було розподілено на дві групи: групу зі збереженим кровотоком ($n = 44$) і групу з порушеною функцією ($n = 4$). Дослідження виконували в передопераційному періоді в пацієнтів при свідомості шляхом послідовної оцінки ультразвукових показників кровотоку в магістральних артеріях шиї та показників церебральної оксигенації за даними NIRS у горизонтальному й імітованому напівсидячому положенні. Після завершення передопераційного етапу дослідження пацієнтів на наступну добу в операційній здійснювали безперервний моніторинг регіонарної церебральної оксигенації методом NIRS, який розпочинали до індукції анестезії та продовжували протягом усього інтраопераційного періоду. Об'ємний кровотік у кожній судині розраховували як добуток середньої швидкості кровотоку, усередненої за серцевий цикл, і площі поперечного перерізу судини з подальшим перерахунком у мл/хв. Сумарний однобічний мозковий притік визначали як суму об'ємного кровотоку у внутрішній сонній артерії та хребтовій артерії. Норма однобічного мозкового притоку становить: внутрішня сонна артерія — 200–300 мл/хв, хребтова артерія — 50–100 мл/хв, сумарно — 250–400 мл/хв, зниження сумарних показників до 220–250 мл/хв оцінювали як показник зниженого мозкового притоку. Оскільки вимірювання проводили з одного боку, отримані значення розглядали як однобічний сурогат мозкового притоку. Регіональну церебральну оксигенацію визначали методом near-infrared spectroscopy. Сенсори розміщували на шкірі лобної ділянки відповідно до рекомендацій виробника перед початком протоколу. Реєстрували базові значення rSO₂ у горизонтальному положенні та повторні значення після переведення пацієнта в імітоване напівсидяче положення. Для аналізу використовували: абсолютні значення rSO₂, зміну rSO₂ після зміни по-

ложення тіла. Оперативні втручання проведені під загальною анестезією. Первинне позиціонування пацієнтів здійснювали в стандартному положенні — лежачи на спині. Напередодні оперативного втручання всі пацієнти отримували прегабалін у дозі 75 мг. Перед індукцією анестезії призначали омепазол 40 мг і сибазон 10 мг. Індукція анестезії включала введення 1% розчину пропофолу в дозі 2 мг/кг і 0,005% розчину фентанілу 0,2 мг. Міоплегію під час інтубації трахеї забезпечували суксаметонієм у дозі 0,1 мг/кг, після чого міорелаксацію підтримували атракурію бесилатом у дозі 0,3 мг/кг. Після забезпечення прохідності дихальних шляхів і переведення пацієнта на штучну вентиляцію легень (апарат Dräger Atlan A300) загальну анестезію підтримували 1% розчином пропофолу з урахуванням показників BIS-моніторингу. Знеболювання забезпечували розчином фентанілу 0,005%. Через 10 хвилин після індукції пацієнтів переводили в НСП. Моніторинг життєвих показників, зокрема сатурації периферичної крові (SpO_2), неінвазивного систолічного (САТ), діастолічного (ДАТ) і середнього артеріального тиску (СерАТ), здійснювали за допомогою монітора Mediana YM 6000. Перше вимірювання проводили при надходженні в операційну, надалі — кожні 5 хвилин. Для контролю глибини анестезії та корекції дози пропофолу застосовували BIS-моніторинг (COVIDIEN). Відповідно до рекомендацій оптимальний рівень глибини анестезії становив 40–60; показники нижче від 40 відповідали глибокому наркозу. Моніторинг кінцево-видихуваного вуглекислого газу ($EtCO_2$) здійснювали безперервно. Оксигенацію головного мозку (rSO_2) оцінювали за допомогою апарата INVOS 5100 Regional Oximeter. Когнітивні функції пацієнтів визначали до оперативного втручання і на третю добу після нього за шкалою МоСА.

Статистичний аналіз проводили з використанням стандартних методів описової та аналітичної статистики. Категоріальні змінні подавали у вигляді абсолютної кількості та відсотків, кількісні змінні — як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення при нормальному розподілі. Інтраопераційну динаміку NIRS аналізували за зміною абсолютних і відносних значень порівняно з вихідним рівнем.

Результати

I етап дослідження.

Аналіз показників об'ємного кровообігу, NIRS, САТ, ДАТ і пульсу в положенні лежачи та у НСП у передопераційному періоді

У результаті дослідження виявлено, що середній показник мозкового притоку в положенні лежачи в 44 пацієнтів становив $297,66 \pm 32,58$ мл/хв і не зазнавав суттєвих змін при переході в НСП ($288,65 \pm 33,06$ мл/хв). Показники церебральної оксигенації також залишалися відносно стабільними: rSO_2 зменшувався незначно, середній показник дорівнював $92,97 \pm 3,23$ %. Систолічний, діастолічний артеріальний тиск і частота серцевих скорочень вірогідно не змінювалися.

У 4 пацієнтів вихідний мозковий притік був нижчим і становив $248,75 \pm 18,46$ мл/хв у положенні лежачи, а при переході в НСП знижувався до $214,25 \pm 4,34$ мл/хв.

Одночасно спостерігалось статистично вірогідне зниження церебральної оксигенації: середній показник rSO_2 в положенні лежачи становив $90,9 \pm 4,39$ %, у НСП — $85,75 \pm 3,30$ % ($p < 0,005$). При цьому системні гемодинамічні показники залишалися відносно стабільними, тоді як частота серцевих скорочень мала тенденцію до підвищення в НСП. Потім ці пацієнти були поділені на дві обсерваційні групи: I група — зі збереженими показниками мозкового притоку та rSO_2 , II — зі зниженими показниками.

II етап дослідження.

Аналіз показників гемодинаміки та rSO_2 у НСП в інтраопераційному періоді

Під час інтраопераційного моніторингу в напівсидячому положенні в пацієнтів I групи показники церебральної оксигенації залишалися відносно стабільними й становили $92,13 \pm 2,69$ %. Показники системної гемодинаміки також перебували в межах задовільної компенсації: систолічний артеріальний тиск становив $115,52 \pm 13,56$ мм рт.ст., діастолічний — $74,39 \pm 10,51$ мм рт.ст., частота серцевих скорочень — $77,42 \pm 11,04$ уд/хв.

У пацієнтів II групи інтраопераційно спостерігалось більш виражене зниження церебральної оксигенації — до $82,4 \pm 6,8$ %, що супроводжувалося нижчими показниками системного артеріального тиску: систолічний артеріальний тиск становив $96,50 \pm 7,59$ мм рт.ст., діастолічний — $65,20 \pm 10,92$ мм рт.ст. Одночасно відзначалося підвищення частоти серцевих скорочень до $91,60 \pm 20,32$ уд/хв.

Отримані результати свідчать, що в пацієнтів зі зниженим передопераційним мозковим притоком інтраопераційне напівсидяче положення асоціюється з більш вираженим зниженням церебральної оксигенації та менш стабільними показниками системної гемодинаміки, що може відображати обмежений церебральний перфузійний резерв.

Аналіз когнітивних функцій

У пацієнтів I групи показники МоСА до операції становили $27,44 \pm 1,34$ бала і суттєво не змінювалися після оперативного втручання — $27,47 \pm 1,17$ бала, що свідчить про відсутність значущого післяопераційного когнітивного погіршення.

У пацієнтів II групи доопераційні показники МоСА становили $27,30 \pm 1,05$ бала, тоді як після операції відзначалося їх зниження до $26,30 \pm 0,94$ бала. Отримані дані можуть свідчити про тенденцію до післяопераційного погіршення когнітивних функцій у пацієнтів зі зниженим мозковим притоком і більш вираженою церебральною десатурацією в інтраопераційному періоді. Клінічно післяопераційні когнітивні зміни проявлялися незначним погіршенням концентрації уваги, короткочасної пам'яті та сповільненням когнітивної обробки інформації без формування вираженого неврологічного дефіциту.

Обговорення

У цьому дослідженні ми визначали, чи супроводжується зміна положення тіла з перебування на спи-

ні до імітованого напівсидячого положення змінами однобічного УЗД-розрахованого мозкового притоку та церебральної оксигенації, а також чи пов'язані передопераційні зміни цих показників з інтраопераційною динамікою NIRS. Основним результатом є те, що позиційна зміна в пацієнтів при свідомості може супроводжуватися зниженням мозкового притоку і/або церебральної оксигенації, а інтраопераційний NIRS-моніторинг дозволяє виявити подальші зміни церебральної перфузії в умовах напівсидячого положення. Такі результати є фізіологічно правдоподібними, оскільки підняття голови формує гідростатичний градієнт між серцем і мозком, що потенційно знижує ефективний церебральний перфузійний тиск, особливо за умов анестезії та позиціонування. Отримані нами спостереження узгоджуються з даними Jones та співавт., які показали, що сидяче положення може зменшувати мозковий кровотік, оцінений за сумою кровотоку у внутрішній сонній і хребтовій артеріях. У їхньому дослідженні вимірювання також виконувалися з одного боку, а загальний мозковий притік оцінювали за формулою на основі внутрішньої судинної артерії та хребтової артерії; при сидінні автори виявили зниження ICA blood flow і total brain blood flow із часом. Це важливо для інтерпретації наших даних, оскільки підтримує саму концепцію використання екстракраніального доплерівського вимірювання BSA+XA як практичного сурогату змін церебрального притоку при позиційному навантаженні [7]. Другий важливий аспект полягає в тому, що зміни церебральної оксигенації не обов'язково повністю дублюють зміни системної гемодинаміки. У сучасному огляді Ryalino та співавт. NIRS розглядається як інструмент реального часу для оцінки церебральної фізіології під час операції, а не лише як відображення артеріального тиску. Це добре пояснює, чому в пацієнтів з нижчим передопераційним мозковим притоком церебральна оксигенація може знижуватися навіть тоді, коли стандартні гемодинамічні параметри залишаються відносно стабільними. З клінічної точки зору це підсилює значення NIRS, здатного раніше за звичайний моніторинг вказати на розвиток церебральної гіперперфузії [4]. Наші результати також співзвучні з даними Dilmen та співавт., які відзначають, що після позиціонування в sitting position спостерігалася помірна зміна церебральної оксигенації за NIRS. Хоча в їхньому дослідженні йшлося про інтраопераційний період і пацієнтів під загальною анестезією, а в нашому дизайні передопераційна позиційна проба проводилася в пацієнтів при свідомості, обидва підходи вказують на той самий механізм: зміна положення тіла сама по собі є гемодинамічним стресом для мозкової перфузії. Отже, передопераційне тестування пацієнтів при свідомості може мати додаткову цінність, оскільки дозволяє виявити обмежений перфузійний резерв ще до індукції анестезії [6]. Окремо слід підкреслити, що в нашому дослідженні використовувався однобічний ультразвуковий розрахунок мозкового притоку. Це є обмеженням, оскільки такий підхід не дорівнює прямому вимірюванню абсолютного загального мозкового кровотоку. Водночас сучасні ультразвукові дослідження показують, що оцінка потоку

в екстракраніальних артеріях може надавати непряму інформацію про мозкову перфузію, а стандартизоване повторне вимірювання в одного пацієнта є придатним для аналізу динаміки. У цьому сенсі наша методика більше спрямована на виявлення відносних змін і зниження резерву при позиційному навантаженні, ніж на визначення абсолютного церебрального кровообігу [8]. Ще один клінічно важливий висновок полягає в тому, що передопераційна позиційна проба може виконувати роль своєрідного стрес-тесту для церебральної перфузії. Якщо в пацієнта при свідомості при імітації напівсидячого положення вже спостерігається зменшення однобічного мозкового притоку і зниження rSO_2 , це може вказувати на обмежений адаптаційний резерв і підвищену вразливість до інтраопераційної десатурації після індукції анестезії та остаточного позиціонування. Така інтерпретація добре узгоджується як з фізіологією sitting/supine transition, так і з сучасною роллю NIRS як трендового моніторингу церебральної оксигенації в нейроанестезії. Практичне значення наших даних полягає в тому, що поєднання передопераційної ультразвукової оцінки мозкового притоку й подальшого інтраопераційного NIRS-моніторингу може допомогти стратифікувати ризик церебральної гіперперфузії при напівсидячому положенні. Це відкриває можливість для більш індивідуалізованого періопераційного менеджменту, зокрема ретельнішого контролю церебрально-релевантного тиску, уважнішої інтерпретації змін rSO_2 після позиціонування і раннього коригування потенційно небезпечних гемодинамічних зсувів.

Висновки

1. Передопераційний УЗД-оцінений мозковий притік може бути використаний як неінвазивний маркер перфузійного резерву мозку.
2. Збережена церебральна авторегуляція під час передопераційної позиційної проби асоціювалася зі стабільними показниками NIRS в інтраопераційному періоді.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Фінансова зацікавленість при підготовці даної статті відсутня.

Внесок авторів. Лизогуб К.І. — розробка концепції, інтерпретація результатів, формування висновків дослідження; Лизогуб М.В. — статистичний аналіз отриманих даних; Одинець І.Ю. — розробка дизайну дослідження; Морозенко Д.В. — клінічний збір матеріалу, аналіз отриманих даних.

Список літератури

1. Baehner T, Perlewitz O, Ellerkmann RK, Menzenbach J, Brand G, Thudium M, Velten M. Preoperative cerebral oxygenation in high-risk noncardiac surgical patients: an observational study on postoperative mortality and complications. *J Clin Monit Comput.* 2023 Jun;37(3):743–752. doi: 10.1007/s10877-022-00964-5. Epub 2023 Jan 6.
2. Emamimeybodi M, Hajikarimloo B, Abbasi F, Tavanaei R, Toudeshki KK, Koohi N, et al. Position-dependent hemodynamic

changes in neurosurgery patients: A narrative review. *Interdisciplinary Neurosurgery*. 2024;36.

3. Liu J, Zhu Y-S, Hill C, Armstrong K, Tarumi T, Hodics T, et al. Cerebral autoregulation of blood velocity and volumetric flow during steady-state changes in arterial pressure. *Hypertension*. 2013 Nov;62(5):973-9. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01867. Epub 2013 Sep 16.

4. Ryalino C, Sahinovic MM, Drost G, Absalom AR. Intraoperative monitoring of the central and peripheral nervous systems: a narrative review. *British Journal of Anaesthesia*. 2024;132(2):285-299. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.11.032>.

5. Yu Y, Zhang K, Zhang L, Zong H, Meng L. Cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) for perioperative monitoring of brain oxygenation in children and adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Jan 17;2018(1):CD010947. doi: 10.1002/14651858.CD010947.pub2.

6. Dilmen OK, Akcil EF, Vehid H, Tunalı Y. Cerebral oxygenation assessed by near-infrared spectroscopy in the sitting and prone positions during posterior fossa surgery: a prospective, randomized clinical study. *Braz J Anesthesiol*. 2021 Oct 7;73(5):589-594. doi: 10.1016/j.bjane.2021.09.016.

7. Jones R, McArthur D, McCoy SM, Stoner L, Fryer SM, Credeur DP. Impact of Acute Uninterrupted Sitting on Cerebrovascular Hemodynamics. *International Journal of Exercise Science*. 2022;15(2):1156-1167. doi: 10.70252/BZQJ6904.

8. Kaszczewski P, et al. Intracranial Flow Volume Estimation in Patients with Internal Carotid Artery Occlusion. *Diagnostics*. 2022;12(3):766; <https://doi.org/10.3390/diagnostics12030766>.

Отримано/Received 29.05.2026

Рецензовано/Revised 02.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 13.07.2026

Information about authors

Kseniia I. Lyzohub, PhD in Medicine, Head of the Department of Pathophysiology, Anesthesiology and Functional Diagnostics, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: kslizogub@gmail.com; phone: +380 (66) 304-55-80; <https://orcid.org/0000-0001-9149-7208>

Mykola V. Lyzohub, MD, DSc, PhD, Professor, Medical Director, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: nlyzohub@gmail.com; phone: +380 (95) 198-32-83; <https://orcid.org/0000-0003-4776-1635>

Ihor Yu. Odynets, PhD in Medicine, Associate Professor, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Pediatric Anesthesiology, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: odynets.ig@gmail.com, iy.odynets@knmu.edu.ua; <https://orcid.org/0009-0003-4468-8740>

Dmytro V. Morozenko, Doctor of Veterinary Sciences, Leading Research Fellow, Senior Researcher, Department of Laboratory Diagnostics and Immunology, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: d.moroz.vet@gmail.com; phone: +380 (67) 722-57-48; <https://orcid.org/0000-0001-6505-5326>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. No financial support or financial interest was involved in the preparation of this article.

Authors' contributions. K.I. Lyzohub — development of the study concept; M.V. Lyzohub — statistical analysis of the obtained data; I.U. Odynets — research design development; D.V. Morozenko — clinical collection of material, analysis of the obtained data.

K.I. Lyzohub¹, M.V. Lyzohub¹, I.Yu. Odynets², D.V. Morozenko¹

¹Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Preoperative assessment of cerebral blood flow as a predictor of cerebral desaturation during shoulder arthroscopy

Abstract. Background. The beach-chair position during shoulder arthroscopy is associated with systemic and cerebral hemodynamic alterations that may contribute to cerebral hypoperfusion and intraoperative desaturation. However, the predictive value of preoperative cerebral blood flow assessment for intraoperative desaturation remains insufficiently investigated. The purpose was to evaluate the relationship between preoperative cerebral blood flow parameters defined as total volumetric flow in the internal carotid and vertebral arteries and intraoperative changes in cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy (NIRS) in the beach-chair position. **Materials and methods.** A total of 48 patients undergoing shoulder arthroscopy in the beach-chair position were included in the study. Preoperative unilateral cerebral blood flow was assessed using duplex ultrasonography by calculating total volumetric flow in the internal carotid and vertebral arteries, as well as monitoring cerebral oxygenation by NIRS. Measurements were obtained in the supine position and during simulated beach-chair positioning in awake patients. Continuous intraoperative NIRS monitoring,

blood pressure, and heart rate assessment were performed. Cognitive function was evaluated using the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) before and after surgery. **Results.** Patients with reduced preoperative cerebral blood flow demonstrated a more pronounced decrease in cerebral oxygenation both during preoperative positional testing and intraoperatively. Intraoperative rSO₂ values in group II were 82.4 ± 6.8 % versus 92.13 ± 2.69 % in group I. Additionally, lower arterial pressure values and higher heart rates were observed. Patients with reduced cerebral perfusion also had a tendency toward mild postoperative cognitive decline according to MoCA scores. **Conclusions.** Preoperative assessment of cerebral blood flow may help identify patients at increased risk of intraoperative cerebral desaturation during shoulder arthroscopy in the beach-chair position. Reduced cerebral perfusion reserve was associated with a greater decrease in cerebral oxygenation and a tendency toward early postoperative cognitive impairment.

Keywords: cerebral oxygenation; cerebral blood flow; cerebral autoregulation; shoulder arthroscopy

УДК 614.88:614.253.8-054.73(477)

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2044>Мазуренко О.В.¹, Боднар Є.В.²¹Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна²КНП «Свято-Михайлівська клінічна лікарня м. Києва», м. Київ, Україна

Досвід превентивної евакуації осіб групи ризику з потенційно небезпечних територій України: ретроспективний аналіз

Резюме. Актуальність. Медичну евакуацію визнано основним заходом збереження життя та здоров'я населення потенційно небезпечних територій при виникненні надзвичайної ситуації. **Мета:** узагальнити власний досвід переведення осіб з обмеженими можливостями та пацієнтів з неспецифічними хронічними захворюваннями закладів охорони здоров'я потенційно небезпечних територій країни та визначити дієвий інструмент моніторингу їх здоров'я під час планування та здійснення транспортування. **Матеріали та методи.** Групу дослідження становили 148 осіб, яких переводили з центральної міської лікарні та будинку-інтернату для громадян похилого віку й осіб з інвалідністю населених пунктів потенційно небезпечних південно-східних територій України. При обробці матеріалу застосовано медико-статистичні методи, зокрема методи зведення та групування в середовищі Excel. Для проведення медичного сортування та клінічної оцінки пацієнтів використано шкалу національної оцінки раннього попередження (National Early Warning Score (NEWS2)) та скринінговий тест — TUG-тест. **Результати.** Оцінку здоров'я, функціонального та психічного стану осіб, яких готують до превентивної евакуації, здійснюють упродовж кількох етапів, зокрема спільно з фахівцями евакуаційної бригади. Ризик падіння виявлено в 11 осіб групи дослідження (7,4 %). **Обговорення.** Результати дослідження підтверджують висновки попередніх авторів про потребу оцінки ймовірних ризиків для здоров'я осіб групи ризику, пов'язаних із тривалим транспортуванням. **Висновки.** Проведення превентивної евакуації дозволяє своєчасно реалізувати життєзберігаючі заходи, прогнозувати та запобігати розвитку потенційних ускладнень; організація превентивної евакуації маломобільних осіб потребує спеціалізованого обладнання, зокрема евакуаційних килимків, інвалідних візків тощо та навченого персоналу. Надійними інструментами клінічної оцінки здоров'я осіб групи ризику з потенційно небезпечних територій можливо вважати шкалу NEWS2 та TUG-тест.

Ключові слова: надзвичайна ситуація; група ризику; превентивна медична евакуація; організація; здоров'я; скринінг

Вступ

На територіях, постраждалих від великомасштабних надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального або воєнного походження, проведення евакуації визнано критично важливим компонентом збереження життя та здоров'я людей [1–3].

Переважає більшість національних та закордонних наукових праць останніх років присвячена питанням організації медичної евакуації поранених військовослужбовців та евакуації осіб, які постраж-

дали від широкомасштабних надзвичайних ситуацій природного характеру. Серед актуальних проблем організації та проведення медичної евакуації в умовах бойових дій визначають, зокрема, брак єдиних стандартів та шкал оцінки тяжкості стану пацієнтів під час транспортування. Серед складнощів евакуації постраждалого від великомасштабних надзвичайних ситуацій населення, зокрема літніх людей, визначають: а) відсутність усвідомлення необхідності залишити свої оселі, б) потребу в додатковому персоналі,

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh состоānij»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Мазуренко Олег Валентинович, кандидат медичних наук, доцент, старший науковий співробітник, кафедра військово-медичної підготовки, реабілітації військовослужбовців та медицини катастроф, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; e-mail: oleg.v.mazurenko@gmail.com; тел.: +380 (50) 589-37-18

For correspondence: Oleh Mazurenko, PhD in Medicine, Associate Professor, Senior Research Fellow, Department of Military Medical Training, Military Personnel Rehabilitation and Disaster Medicine, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine; e-mail: oleg.v.mazurenko@gmail.com; phone: +380 (50) 589-37-18

Full list of authors information is available at the end of the article.

обладнанні та часі для здійснення евакуації маломобільних осіб [4–6].

У нашій роботі наведені терміни вживають у значенні: *евакуація* — організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю; *медична евакуація* — спланований та контрольований медичним персоналом процес переміщення пацієнтів спеціалізованим санітарним транспортним засобом до або між медичними підрозділами; *превентивна медична евакуація* — планове перевезення осіб для забезпечення своєчасної медичної допомоги до виникнення кризової ситуації; *група ризику* — категорії населення, які мають підвищену сприйнятливості або вищу ймовірність зазнати негативного впливу на здоров'я внаслідок дії небезпечних факторів, з огляду на вік, стан здоров'я, соціальні або професійні характеристики, поведінкові фактори або умови проживання [7–9].

Матеріали та методи

Узагальнено власний досвід участі в проведенні превентивної медичної евакуації (ПМЕ) пацієнтів паліативних відділень закладів охорони здоров'я та підопічних будинку-інтернату для громадян похилого віку та осіб з інвалідністю, які належать до групи ризику; заклади розташовані на потенційно небезпечних територіях східних областей України.

Групу дослідження становили 148 осіб, з них жінок — 129 (87,16 %), чоловіків — 19 (12,84 %), віком 21–89 років. Осіб старечого віку було 64 (43,2 %), похилого — 20 (13,5 %).

Індивідуальне здоров'я кожної особи визначали за шкалою Національної оцінки раннього попередження (National Early Warning Score (NEWS2)), мобільність — відповідно до Timed Up and Go Test (TUG-тест), який, за даними наукової літератури, визнано предиктором смертності серед осіб старечого віку країн з низьким та середнім рівнем доходу [10, 11].

Під час роботи над статтею було застосовано бібліографічний, семантичний, медико-статистичний методи,

зокрема методи зведення та групування в середовищі Excel.

Результати та їх обговорення

Перед проведенням ПМЕ до закладів, які розташовані в інших регіонах країни, кожному пацієнту було пояснено її мету, висвітлено існуючі ризики та отримано його згоду або згоду опікунів на переведення до іншого закладу, розташованого в більш безпечному регіоні країни.

Медичний огляд осіб, яких готували до ПМЕ, оцінку їхнього функціонального та психічного стану проводили неодноразово впродовж кількох етапів.

Перший етап: особистий лікар за погодженням з адміністрацією закладу визначав осіб, які мають бути переведені. Прийняття рішення ґрунтувалось на медичних потребах кожної особи, наявних можливостях їх задоволення в закладі перебування та ймовірних ризиках розвитку надзвичайної ситуації, зокрема для системи охорони здоров'я. Переважно це були самотні маломобільні люди та ті, хто потребував тривалого лікування, постійного нагляду та сторонньої допомоги.

Другий етап: персонал медичної бригади незалежної міжнародної організації «Лікарі без кордонів» у складі лікаря анестезіолога-реаніматолога, лікаря-хірурга та медичного психолога спільно з особистим лікарем проводили медичний огляд кожного пацієнта, аналізували медичну карту стаціонарного хворого, форма № 003о, визначали існуючі ризики та медичні потреби кожної особи. На цьому етапі застосовували шкалу NEWS2 та TUG-тест (табл. 1–3).

Мобільність і ризик падінь осіб групи дослідження оцінювали за допомогою простого скринінгового тесту — TUG-тесту, який полягає у визначенні рівноваги пацієнта при зміні положення тіла від положення сидячи до стоячого та ходьби. Так, кожній особі, яку було визначено, пропонували з положення сидючи встати та пройти по палаті 3 метри, а потім повернутись до стільця та сісти. Пацієнти могли використовувати допоміжний пристрій для ходьби, до якого вони звикли

Таблиця 1. Шкала раннього попередження (National Early Warning Score (NEWS2))

Фізіологічні параметри	Показники						
	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3
Частота дихання	≤ 8		9–11	12–20		21–24	≥ 25
SpO ₂ (%) (1)*	≤ 91	92–93	94–95	≥ 96			
SpO ₂ (%) (2)**	83	84–85	86–87	88–92; ≥ 93 (повітря)	93–94 (кисень)	95–96 (кисень)	≥ 97 (кисень)
Повітря чи кисень		Кисень		Повітря			
Систолічний АТ (мм рт.ст.)	≤ 90	91–100	101–110	111–219			≥ 220
Частота пульсу за 1 хв	≤ 40		41–50	51–90	91–110	110–130	≥ 131
Свідомість				У свідомості			AVPU
Температура тіла, °C	35,0		35,1–36,0	36,1–38,0	38,1–39,0	≥ 39,1	

Примітки: * — 94–98 % — не існує ризику збільшення CO₂; ** — 88–92 % — ХНЗЛ, тяжка форма бронхіальної астми, бронхоектазії, нейроп'язові захворювання, гіпоксія внаслідок ожиріння.

(тростини, милиці, ходунки тощо). Тих, кому було потрібно 12 або більше секунд для виконання тесту, відносили до групи ризику падіння.

За результатами проведеного тесту ризик падіння в групі дослідження було виявлено в 11 (7,4 %) осіб, що вплинуло на потребу залучення для транспортування додаткових ресурсів, а саме 3 молодших медичних сестер та 4 волонтерів неурядових міжнародних медичних організацій і 2 додаткових інвалідних візків.

У день проведення ПМЕ з метою уникнення метушні персоналу медичних бригад волонтерських організацій «Лікарі без кордонів», «Товариство Червоного Хреста України», «Cadiz EMS» тощо доступ до лікувальних відділень було обмежено. Визначених пацієнтів та підопічних будинку-інтернату до місць збору, відповідно до заздалегідь складеного плану, доставляв персонал закладів разом із волонтерами неурядових міжнародних медичних організацій. Цей план визначав черговість доставки пацієнта до відповідного санітарного транспортного засобу.

Перевезення до призначених закладів більш безпечних територій країни здійснювали залізничним транспортом. В евакуаційному поїзді були організовані вагони «Інтенсивна терапія», який було позначено червоним прапорцем, «Стационарне лікування» — відповідно жовтим та «Амбулаторне лікування» — зеленим. Пацієнтів розподіляли по вагонах після спільного огля-

ду лікарями евакуаційного потягу та лікаря медичної бригади, яка забезпечувала транспортування до залізничної станції. У залізничних вагонах за загальними станом осіб, яких перевозили, спостерігала бригада медичних працівників у складі лікаря, медичної сестри та молодшої медичної сестри. До завдань такої бригади належали: догляд за пацієнтами, виконання лікарських призначень відповідно до рекомендацій особистого лікаря стаціонару, з якого переводили певну особу, забезпечення їх санітарних та гігієнічних потреб.

Особи з високим ступенем ризику погіршення стану, загострення існуючих захворювань та ймовірною потребою в інтенсивній терапії та динамічному спостереженні перевозили у вагоні «Інтенсивна терапія», у якому була можливість забезпечення респіраторної підтримки киснем за потреби, проведення штучної вентиляції легень, моніторингу вітальних функцій та лабораторних показників.

У вагонах було організовано можливість виконання електрокардіографії, проведення ультразвукового дослідження та лабораторних досліджень, а саме: визначення рівня глюкози в крові, показників гемоглобіну, електrolітів, креатиніну тощо портативним автоматичним аналізатором I-STAT.

Більшість пацієнтів було розміщено у вагоні «Стационарне лікування», а у вагоні «Амбулаторне лікування» — мобільні пацієнти та особи, які супроводжували індивідуумів з обмеженими можливостями.

Таблиця 2. Оцінка шкали раннього попередження (NEWS2)

Кількість балів	Ризик	Потреба в переоцінюванні
0	—	1 раз кожні 12 годин
1–4	Низький	1 раз кожні 4–6 годин
5–6 або 3 за одним показником	Середній	1 раз кожен годину
≥ 7	Високий	Постійно

Таблиця 3. Ступінь ризику транспортування пацієнтів

Показник	Рівень 0: низький ризик	Рівень 1 та 2: середній ризик	Рівень 3: високий ризик
Оцінка пацієнта	Потреби пацієнта можуть бути задоволені звичайним доглядом у відділенні	Пацієнти з ризиком погіршення стану або ті, хто нещодавно переїхав з вищих рівнів медичного обслуговування. Потреби можуть бути задоволені у відділенні, але їм знадобиться допомога у відділенні інтенсивної терапії. Можливе ураження однієї системи органів/після операції	Пацієнт потребує лише респіраторної підтримки або одночасної підтримки ще мінімум 2 органів або систем; включно з пацієнтами зі складною поліорганною недостатністю
Вид супроводу	Самостійно переміщується; медичний працівник, допоміжний працівник, стажер-медбрат, молодша медична сестра	Медичний працівник, допоміжний працівник, студент-медсестра, стажер-медбрат, молодша медсестра	Пацієнт у критичному стані. Дихальна недостатність потребує проведення інвазивної або неінвазивної вентиляційної підтримки. Нестабільні пацієнти потребують поліорганної підтримки
Вид транспорту	Крісло Ліжко Візок Ходячий	Крісло Ліжко Візок	Спеціалізований медичний транспорт та підготовлений медичний персонал

Погіршення стану здоров'я або смертельних випадків під час транспортування не спостерігали, проте на 2-гу добу після прибуття до місця призначення було зафіксовано 1 смертельний випадок (чоловік 75 років).

Обговорення

Наведене дослідження підтверджує результати попередніх робіт, спрямованих на вдосконалення організації надання екстреної медичної допомоги під час надзвичайних ситуацій, зокрема у частині евакуаційно-транспортного забезпечення осіб групи ризику. Встановлено, що здійснення превентивної медичної евакуації осіб, які належать до групи ризику, потребує попередньої оцінки ймовірних ризиків, пов'язаних із тривалим транспортуванням. Зазначене завдання реалізовано шляхом комплексного вивчення загального стану здоров'я таких осіб з акцентом на основних і супутніх захворюваннях, насамперед патології серцево-судинної та дихальної систем, імовірності їх загострення, рівнів фізичної активності та мобільності, а також наявності когнітивних порушень.

Зважаючи на отримані результати, вважаємо доцільним застосування шкали NEWS2 та TUG-тесту як інструментів первинного скринінгу вітальних функцій у представників зазначеної групи.

Не викликає жодних сумнівів, що превентивна медична евакуація потребує розробки відповідного плану з визначенням зон відповідальності кожного працівника відповідного закладу та проведення їх підготовки та навчання, визначення необхідних лікарських засобів, медичного обладнання та виробів медичного призначення, які відповідають існуючим потребам і тим, які можуть виникнути під час транспортування.

Взаємодія між урядовими та неурядовими міжнародними медичними волонтерськими/гуманітарними організаціями дозволяє збільшити ресурсне забезпечення заходів, які реалізують фахівці національної системи охорони здоров'я. Проте серед недоліків залучення міжнародних медичних бригад слід визнати наявність мовного бар'єра між лікарями міжнародної організації та місцевим населенням, що обумовлює потребу залучення перекладачів.

Висновки

1. Проведення превентивної евакуації дозволяє своєчасно реалізувати життєзберігаючі заходи, прогнозувати розвиток потенційних ускладнень та запобігати їм.
2. Координація та комунікації між урядовими та неурядовими організаціями під час проведення медичної евакуації, зокрема осіб, які належать до групи ризику, дозволяють збільшити кадрове та ресурсне забезпечення.
3. Організація превентивної евакуації маломобільних осіб потребує спеціалізованого обладнання, зокрема евакуаційних килимків, інвалідних візків тощо та навченого персоналу.
4. Дієвим інструментом моніторингу здоров'я осіб групи ризику вважаємо шкалу NEWS2 та TUG-тест.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Мазуренко О.В. — ідея проведення дослідження, розробка плану дослідження та його дизайну, збір первинної інформації про здоров'я осіб групи дослідження, обробка первинної інформації, підготовка статті до публікації; Боднар Є.В. — збір первинної інформації стосовно показників здоров'я осіб групи дослідження, аналіз стану здоров'я осіб групи ризику під час транспортування та його зміни, проведення TUG-тесту та узагальнення його результатів, збір інформації та аналіз ресурсного забезпечення евакуаційного потягу.

Список літератури

1. *Research Methods for Health EDM. WHO guidance on research methods for health emergency and disaster risk management.* 2022. Available from: <https://surl.lt/demqtg>.
2. Anderson M.B. The concept of vulnerability: beyond the focus on vulnerable group. *International Review of the Red Cross.* Available from: <https://surl.li/ukqhhd>.
3. *Medical evacuation in emergencies. A guidance for medical teams and specialized care teams.* World Health Organization. 2025. 143 pg. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/381815>.
4. Кучін Ю.Л., Слободянюк А.Т. Стратегічна медична евакуація тяжкопоранених в Україні: досвід та виклики війни. *Pain, Anesthesia and Intensive Care.* 2025. № 1. P. 25-30. doi: 10.25284/2519-2078.1(110).2025.325979.
5. Lubkowski P, Krygier J, Sondej T, Dobrowolski AP, Apiecionek L, Znaniecki W, Oskwarek P. Decision Support System Proposal for Medical Evacuations in Military Operations. *Sensors (Basel).* 2023 May 28;23(11):5144. Available from: <https://doi.org/10.3390/s23115144>.
6. Jia Li, Jinghong Wang, Bowei Jin, Yan Wang, Youran Zhi, Zhirong Wang. Evacuation of Nursing Home Based on Massmotion: Effect of the Distribution of Dependent Elderly. *KSCIE Journal of Civil Engineering.* 2020;24(4):1330-1337. doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1374-6>.
7. Кодекс Цивільного захисту України. 2013. Електронний ресурс. Код доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
8. Наказ Міністерства оборони України № 598 від 03.09.2024 «Обсяги надання медичної допомоги на догоспітальному етапі, які надаються під час ведення воєнних (бойових) дій та підготовки Сил безпеки та оборони до застосування за призначенням». Електронний ресурс. Код доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1359-24#Text>.
9. Наказ МОЗ України від 01.09.2025 № 1373 «Про порядок проведення оцінки ризику для здоров'я та санітарно-гігієнічного благополуччя населення та проведення за результатами такої оцінки відповідних профілактичних, обстежувальних та інших заходів». Електронний ресурс. Код доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1341-25/ed20250901/print>.
10. Welch J, Dean J, Martin J. Using NEWS2: an essential component of reliable clinical assessment. *Clin Med (Lond).* 2022 Nov;22(6):509-513. doi: 10.7861/clinmed.2022-0435.
11. Time Up to Go test. Available from: <https://www.cdc.gov/steady/media/pdfs/steady-assessment-tug-508.pdf>.

Отримано/Received 22.06.2026

Рецензовано/Revised 10.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 21.07.2026

Information about authors

Oleh Mazurenko, PhD in Medicine, Associate Professor, Senior Research Fellow, Department of Military Medical Training, Military Personnel Rehabilitation and Disaster Medicine, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: oleg.v.mazurenko@gmail.com; phone: +380 (50) 589-37-18; <https://orcid.org/0000-0003-2560-900X>

Yevhen Bodnar, Anesthesiologist, Department of Intensive Care and Anesthesiology, St. Michael's Clinical Hospital of Kyiv, Kyiv, Ukraine; e-mail: kiev_okl@ukr.net; phone: +380 (66) 626-46-14; <https://orcid.org/0009-0002-7405-0142>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. O.V. Mazurenko — the idea of conducting the study, development of the research plan and its design, collection of primary information about the health of the individuals in the research group, processing of primary information, preparation of the article for publication; Ye.V. Bodnar — collection of primary information regarding health indicators of individuals in the study group, analysis of the health status of individuals at risk during transportation and its changes, conducting the TUG test and summarizing its results, collection of information and analysis of resource provision of the evacuation train.

O.V. Mazurenko¹, Ye.V. Bodnar²

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²St. Michael's Clinical Hospital of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Experience of preventive evacuation of people at risk from dangerous territories of Ukraine — a retrospective analysis

Abstract. Background. Medical evacuation is recognized as the main measure for preserving the life and health of the population of potentially dangerous territories in the event of an emergency. Purpose: to summarize our own experience in transferring people with disabilities and patients with non-specific chronic diseases of health care institutions in potentially dangerous territories of the country and to determine an effective tool for monitoring their health during planning and implementation of transportation. **Materials and methods.** The study group consisted of 148 people who were transferred from the central city hospital and a boarding house for elderly citizens and people with disabilities of settlements in potentially dangerous southeastern territories of Ukraine. When processing the material, medical and statistical methods were used, in particular methods of summarization and grouping in Excel. For medical triage and clinical assessment of patients, the National Early Warning Score (NEWS2) and the screening TUG Test were used. **Results.** The assessment of

the health, functional and mental state of people being prepared for preventive evacuation is carried out in several stages, particularly together with specialists of the evacuation team. The risk of falling was detected in 11 (7.4 %) people in the study group. **Discussion.** The results of the study confirm the conclusions of previous authors on the need to assess the likely risks to the health of people at risk associated with long-term transportation. **Conclusions.** Preventive evacuation allows for timely implementation of life-saving measures, predicting and preventing the development of potential complications. Organizing preventive evacuation of people with limited mobility requires specialized equipment, in particular evacuation mats, wheelchairs, etc. and trained personnel. The NEWS2 and TUG test can be considered reliable tools for clinical assessment of health of individuals at risk in potentially dangerous areas.

Keywords: emergency; risk group; preventive medical evacuation; organization; health; screening

Міщук В.Р.

ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», м. Львів, Україна

Контрольована гіпотензія при функціональній ендоскопічній хірургії приносових пазух у дітей

Резюме. Стаття містить огляд літературних наукових джерел, згаданих у бібліографічній базі даних Medline, на платформі PubMed, Web of Science, Scopus, щодо використання контрольованої гіпотензії під час проведення функціональної ендоскопічної хірургії приносових пазух у дітей. Проаналізовано анатомічні та функціональні особливості педіатричних пацієнтів, що впливають на вибір цільових параметрів та безпеку проведення контрольованої гіпотензії. Проведено порівняльну характеристику препаратів різних груп, що ґрунтуються на сучасних дослідженнях ефективності контрольованої гіпотензії при функціональній ендоскопічній хірургії приносових пазух. Акцентовано увагу на оцінці ефективності препаратів для контрольованої гіпотензії, що базується не тільки на здатності знижувати артеріальний тиск, а й на створенні оптимального хірургічного поля, мінімізації крововтрати, потенціюванні анестезії, забезпеченні задовільної перфузії органів та впливі на тривалість анестезії та операції в цілому.

Ключові слова: контрольована гіпотензія; функціональна ендоскопічна хірургія приносових пазух; середній артеріальний тиск; опіоїди; β 1-блокатори; інгаляційні анестетики; магnezії сульфат

Вступ

Ендоскопічна хірургія приносових пазух (FESS — functional endoscopic sinus surgery) є одним з основних методів хірургічного лікування хронічного риносинуситу, поліпозу носа та інших патологічних станів приносових пазух. Попри мінімально інвазивний характер, ці втручання виконуються у складній анатомічній ділянці, що безпосередньо межує з орбітою та передньою черепною ямкою. Така анатомічна близькість життєво важливих структур зумовлює високі вимоги до точності хірургічних маніпуляцій та якості візуалізації операційного поля. Навіть незначна інтраопераційна кровотеча може суттєво погіршувати огляд анатомічних орієнтирів, що ускладнює виконання втручання.

Перші систематичні аналізи ускладнень при FESS показали, що пошкодження цілісності структур основи черепа або орбіти може призводити до тяжких наслідків, включно з ліквореєю, внутрішньочерепними інфекціями, ретробульбарною гематомою, порушенням зору або навіть летальними випадками. Подібні ускладнення були описані у класичному дослідженні A.J. Maniglia, який проаналізував випадки фатальних та великих ускладнень після ендоскопічної хірургії пазух.

Хоча такі події є рідкісними, їх потенційна тяжкість підкреслює необхідність оптимізації умов проведення операції [1].

Подальші великі популяційні дослідження підтвердили відносно низьку, але клінічно значущу частоту серйозних ускладнень. Зокрема, за даними національного аналізу, проведеного V.R. Ramakrishnan et al., загальна частота великих ускладнень ендоскопічної хірургії приносових пазух становить близько 0,36 %, при цьому орбітальні ускладнення реєструються у близько 0,23 %, а внутрішньочерепні ускладнення — у 0,13 % випадків [2]. Незважаючи на невисоку частоту, потенційна тяжкість таких ускладнень потребує максимальної точності під час виконання оперативного втручання.

Важливим фактором ризику є також анатомічна варіабельність структур приносових пазух і передньої черепної основи. Дослідження P.J. Wormald показали, що варіації глибини решітчастої ямки, конфігурації lamina pargasea та анатомії основи черепа можуть значно ускладнювати ідентифікацію анатомічних орієнтирів під час операції. У таких умовах навіть мінімальна кровотеча слизової оболонки може суттєво обмежувати огляд операційного поля, що підвищує ризик техніч-

них помилок і пошкодження критичних анатомічних структур [3].

З огляду на це одним із ключових факторів безпечного проведення FESS є адекватна візуалізація операційного поля, яка значною мірою залежить від інтенсивності інтраопераційної крововтрати. Саме тому в сучасній анестезіологічній практиці широко застосовується методика контрольованої гіпотензії (КГ), що передбачає цілеспрямоване зниження системного артеріального тиску для зменшення кровонаповнення слизової оболонки та поліпшення візуалізації під час операції. Це має особливе значення у педіатричній практиці, коли менший анатомічний об'єм операційного поля та виражена васкуляризація слизової оболонки можуть ускладнювати хірургічну навігацію.

Результати

Визначення та сучасна концепція контрольованої гіпотензії

КГ — це цілеспрямоване фармакологічне або анестезіологічне зниження системного артеріального тиску до рівня, нижчого за фізіологічний, для зменшення інтраопераційної крововтрати та поліпшення умов операційного поля при одночасному збереженні адекватної перфузії життєво важливих органів.

Класично КГ визначають як зниження середнього артеріального тиску (САТ) до 50–65 мм рт.ст., або на 30 % від вихідного рівня, якщо це не супроводжується ознаками гіперперфузії органів [4, 5].

КГ широко застосовується під час FESS у дорослих пацієнтів для поліпшення візуалізації операційного поля та зменшення інтраопераційної крововтрати. Однак у педіатричній практиці використання цього методу має низку специфічних особливостей, пов'язаних із віковими анатомо-фізіологічними характеристиками серцево-судинної системи та механізмами регуляції системної гемодинаміки.

У дітей регуляція артеріального тиску значною мірою залежить від частоти серцевих скорочень та системного судинного опору, тоді як компенсаторні можливості щодо зміни ударного об'єму є обмеженими. Тому надмірне зниження артеріального тиску може призводити до порушення перфузії життєво важливих органів, зокрема мозку [6]. У зв'язку з цим більшість авторів рекомендує застосовувати помірну КГ, орієнтуючись на зниження САТ на 20–30 % від вихідного рівня, що дозволяє зберігати адекватну органну перфузію.

Особливістю проведення КГ у дітей під час ЛОР-операцій є також висока васкуляризація слизової оболонки носа та приносових пазух, що зумовлює підвищену схильність до інтраопераційної крововтрати. Навіть незначна кровотеча може суттєво погіршувати візуалізацію анатомічних структур у вузькому операційному полі, особливо при ендоскопічних втручаннях. Тому досягнення помірної КГ у поєднанні з місцевими судинозужувальними препаратами є важливим чинником поліпшення якості хірургічного поля.

Згідно з даними клінічних досліджень, застосування КГ у дітей під час ендоскопічної назальної хірургії асоціюється зі статистично значущим зменшенням

інтраопераційної крововтрати та поліпшенням якості операційного поля, що підвищує точність і безпеку хірургічних маніпуляцій [7]. У роботі S.M. Amin et al. продемонстровано, що використання керованої гіпотензії дозволяє досягти оптимальних умов візуалізації без негативного впливу на системну перфузію [7]. Подібні результати наведені у дослідженні A. Piasecki et al., у якій порівнювалися механізми КГ при застосуванні пропופолу у поєднанні з реміфентанілом та десфлурану з реміфентанілом у дітей під час ЛОР-втручання. Автори встановили, що обидві схеми забезпечують ефективний контроль САТ та збільшують якість операційного поля [8].

Гемодинамічні цілі та оцінка ефективності контрольованої гіпотензії при ендоскопічній хірургії приносових пазух у дітей

На сьогодні у педіатричній практиці відсутні універсально валідизовані цільові значення САТ при КГ, що зумовлює необхідність індивідуалізації гемодинамічних параметрів з урахуванням віку дитини, супутньої патології та клінічних ознак тканинної перфузії [9, 10].

У дослідженнях педіатричної ЛОР-хірургії КГ найчастіше реалізують у межах САТ 50–65 мм рт.ст. Зокрема, у роботі A. Piasecki et al. саме цей діапазон використовувалася як практична ціль під час ЛОР-втручання у дітей [8]. Аналогічно у дослідженні S.M. Amin et al. показано, що така стратегія асоціюється зі статистично значущим поліпшенням якості операційного поля та зменшенням інтраопераційної крововтрати без підвищення частоти ускладнень [7].

Важливим аспектом є вікова залежність артеріального тиску. Багатоцентрове дослідження J.C. de Graaff et al. продемонструвало, що середні значення неінвазивного артеріального тиску під час анестезії у дітей є нижчими порівняно зі станом неспання та поступово зростають із віком [9]. Це підтверджує необхідність використання адаптованих до віку дитини гемодинамічних орієнтирів. З практичної точки зору доцільно орієнтуватися на такі діапазони САТ: 1–3 роки — 50–55 мм рт.ст.; 4–6 років — 50–60 мм рт.ст.; 7–12 років — 55–65 мм рт.ст.; 13–17 років — 60–65 мм рт.ст., за умов адекватної тканинної перфузії [8, 9].

Ключовим критерієм ефективності КГ при FESS є якість операційного поля. Для її стандартизованої оцінки у більшості досліджень застосовується 6-бальна шкала Fromme-Boezaart, яка дозволяє об'єктивізувати ступінь інтраопераційної крововтрати та якість ендоскопічної візуалізації [8, 11]. Шкала має такі градації:

- 0 балів — відсутність кровотечі;
- 1 бал — мінімальна кровотеча, аспірація не потрібна;
- 2 бали — незначна кровотеча, періодична аспірація, операційне поле не погіршується;
- 3 бали — помірна кровотеча, часта аспірація, після її припинення кров знову обмежує огляд;
- 4 бали — значна кровотеча, операційне поле швидко погіршується після припинення аспірації;
- 5 балів — масивна кровотеча, постійна аспірація не забезпечує адекватної візуалізації.

Значення 0–2 бали відповідають оптимальним умовам для виконання FESS, тоді як значення ≥ 3 балів свідчать про субоптимальну або незадовільну якість операційного поля [8, 11]. Використання цієї шкали дозволяє стандартизувати результати досліджень і порівнювати ефективність різних анестезіологічних стратегій.

Оцінка ефективності КГ не повинна обмежуватися лише показниками САТ або суб'єктивною оцінкою операційного поля. Комплексний підхід включає аналіз об'єму інтраопераційної крововтрати, тривалості операції, стабільності гемодинамічних параметрів, потреби у вазоактивній підтримці та характеристик післяопераційного відновлення [7, 8]. Саме така багатofакторна оцінка дозволяє об'єктивно визначити клінічні переваги конкретної анестезіологічної тактики.

Важливим компонентом є також безпека застосування КГ. Надмірне зниження САТ може призводити до порушення перфузії життєво важливих органів, особливо у дітей раннього віку. Особливу увагу слід приділяти контролю та інтерпретації показників перфузії. Показник SpO_2 відображає оксигенацію артеріальної крові, однак не є чутливим до ранніх змін тканинної перфузії, тому його необхідно оцінювати у поєднанні з іншими параметрами. Капнографія (EtCO_2) дозволяє непрямо оцінювати серцевий викид і легеневу перфузію: раптове зниження EtCO_2 може свідчити про зменшення серцевого викиду або гіперперфузію. Частота серцевих скорочень у дітей є важливим компенсаторним показником; тахікардія може бути маркером гіповолемії або недостатньої анестезії, тоді як брадикардія — ознакою надмірної гіпотензії або вагусної реакції. Діурез (≥ 1 мл/кг/год у дітей) використовується як інтегральний показник ниркової перфузії та адекватності гемодинаміки. Додатково застосування моніторингу церебральної оксигенації (NIRS) дозволяє виявляти ранні ознаки порушення мозкової перфузії, що особливо важливо в умовах контрольованої гіпотензії [10]. Комплексна оцінка цих параметрів забезпечує більш точне визначення безпечного рівня гіпотензії та своєчасну корекцію гемодинамічних порушень.

Огляд фармакологічних методів контрольованої гіпотензії

Нітрогліцерин традиційно належить до найбільш відомих і доступних препаратів для індукції КГ в анестезіології.

Основною перевагою нітрогліцерину є швидкий початок дії, коротка тривалість ефекту та добра титрованість. Це робить препарат зручним у ситуаціях, коли анестезіологу потрібен оперативний контроль артеріального тиску залежно від етапу операції та поточної гемодинамічної відповіді пацієнта. Нітрогліцерин має відносно передбачуваний профіль дії та часто є доступнішим за деякі сучасні альтернативи. Крім того, у випадках, коли головною метою є саме швидке зниження переднавантаження та системного артеріального тиску, він може бути ефективним інструментом у складі збалансованої анестезії. Для клініциста це важливо ще й тому, що препарат дозволяє досить гнучко реагувати на

гемодинамічні коливання без тривалого після ефекту від припинення інфузії [12, 13].

Водночас саме механізм дії нітрогліцерину визначає його основні недоліки при FESS. Нітрогліцерин знижує артеріальний тиск переважно шляхом венозної вазодилатації і зменшення переднавантаження правих камер серця. Це може супроводжуватися рефлекторною тахікардією, збільшенням кровонаповнення мікроциркуляторного русла та менш ефективним контролем капілярної кровотечі в ділянці втручання. Для FESS такий механізм є принципово важливим, оскільки якість операційного поля визначається не лише абсолютною величиною САТ, а й ступенем венозного застою, інтенсивністю капілярної кровотечі та стабільністю ЧСС. Саме тому однаковий рівень артеріального тиску, досягнутий різними препаратами, не завжди означає однаково добрі хірургічні умови.

Найбільш показові прямі порівняльні дані наведені у рандомізованому дослідженні U. Srivastava et al., у якому аналізували ефективність есмололу та нітрогліцерину під час FESS [14]. Обидва препарати забезпечували досягнення цільової КГ, однак нітрогліцерин виявився менш вигідним з позиції якості операційного поля. Оптимальні хірургічні умови досягалися швидше у групі есмололу — через $4,02 \pm 1,67$ хв, тоді як у групі нітрогліцерину для цього потрібно було $6,26 \pm 1,45$ хв. З клінічної точки зору це означає, що на тлі нітрогліцерину анестезіолог і хірург довше очікують на формування прийнятного «сухого» поля, а отже, початковий етап операції може проходити в менш комфортних умовах.

Ще важливішими є дані про те, при якому рівні САТ досягалася адекватна візуалізація. У групі есмололу задовільна якість поля формувалася вже при САТ 75–70 мм рт.ст., коли оцінка за Average Category Scale становила $2,51 \pm 0,52$. Натомість у групі нітрогліцерину при тому самому рівні САТ якість поля залишалася статистично гіршою — $3,48 \pm 0,46$ за Average Category Scale, а подібні умови ставали можливими лише за більш глибокого зниження тиску (до 65–60 мм рт.ст.) [14]. Саме цей факт є ключовим при оцінці нітрогліцерину: препарат дійсно ефективно знижує артеріальний тиск, але для досягнення оптимальної хірургічної якості часто потребує глибшої гіпотензії, ніж есмолол. У педіатричній практиці така особливість є суттєвим обмеженням, оскільки у дітей резерв безпечного зниження перфузійного тиску є меншим, а ризик гіперперфузії мозку, нирок та інших органів потребує особливої обережності.

Недоліки нітрогліцерину проявлялися і в більшій інтраопераційній крововтраті. Для операцій на вузькому анатомічному полі, якою є FESS, навіть така різниця має практичне значення, оскільки додаткові 25–30 мл крові в операційному полі можуть погіршувати візуалізацію для хірурга, збільшувати тривалість маніпуляцій і потенційно впливати на ризик ускладнень. Паралельно у групі нітрогліцерину реєстрували і вищу середню частоту серцевих скорочень — $90,88 \pm 8,54$ уд/хв проти $83,87 \pm 7,58$ уд/хв у групі есмололу [14], що додатково підтверджує менш сприятливий гемодинамічний профіль нітрогліцерину в умовах операцій, під час яких контроль крововтрати є пріоритетом.

Таким чином, наявні клінічні дані свідчать, що нітрогліцерин не слід розглядати як оптимальний препарат першої лінії для контрольованої гіпотензії при FESS у дітей, якщо пріоритетом є краща візуалізація операційного поля за умов максимальної гемодинамічної безпеки.

Пропофол залишається одним із базових компонентів тотальної внутрішньовенної анестезії (TIVA) при FESS завдяки швидкому початку дії, короткій тривалості клінічного ефекту після припинення інфузії та добрій керованості глибини анестезії. Це дозволяє швидко змінювати рівень анестезії відповідно до клінічної ситуації та забезпечує стабільний контроль гемодинаміки. Його гіпотензивний ефект реалізується через зниження системного судинного опору та пригнічення симпатичної активності, що дозволяє досягати контрольованого зниження артеріального тиску. Однак клінічна ефективність пропофолу щодо зменшення інтраопераційної кровотечі залишається обмеженою. У систематичному огляді P. Boonmak et al. показано, що застосування пропофолу при FESS асоціюється лише з незначним поліпшенням якості операційного поля без вірогідного впливу на об'єм крововтрати чи тривалість операції [16]. Подібні висновки підтверджені мережею метааналізів D.H. Kim et al., у яких пропофол поступався препаратами з вираженим симпатолітичним ефектом щодо контролю кровотечі [17]. Таким чином, пропофол слід розглядати передусім як інструмент стабільної анестезії, а не як оптимальний засіб для формування «сухого» операційного поля.

Дексметомідин, на відміну від пропофолу, забезпечує більш комплексний вплив на гемодинаміку. Як селективний α_2 -адреноміметик він має центральну симпатолітичну дію, що проявляється зниженням частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, а також потенціюючий анестезію ефект. У рандомізованому дослідженні K.K. Gupta et al. дексметомідин продемонстрував вірогідно меншу інтраопераційну крововтрату порівняно з пропофолом ($85,7 \pm 18,6$ мл проти $100,7 \pm 18,1$ мл; $p < 0,05$), при цьому забезпечуючи нижчі значення САТ і ЧСС протягом операції [18].

Порівняння дексметомідину з β -блокаторами також демонструє його специфічні переваги. У дослідженні B.P. Sahu et al. не виявлено вірогідної різниці в оцінці операційного поля між дексметомідином і есмололом ($p = 0,699$), однак дексметомідин забезпечував значно кращий післяопераційний анагетичний профіль: час до першої потреби в анагезії становив $59,5 \pm 3,9$ хв проти $30,2 \pm 2,9$ хв у групі есмололу ($p < 0,001$). Крім того, рівень післяопераційної седатії залишався вищим у групі дексметомідину через 15 і 30 хв після операції, що може бути як перевагою (комфорт пацієнта), так і недоліком (затримка відновлення) [19].

Ключовим обмеженням дексметомідину є його вплив на відновлення після анестезії та ризик гемодинамічних ускладнень. У тому ж дослідженні час пробудження становив $8,3 \pm 0,6$ хв проти $4,9 \pm 0,6$ хв при застосуванні есмололу, а час до досягнення Modified Aldrete Score > 9 — $9,8 \pm 0,9$ хв проти $6,8 \pm 1,0$ хв відповідно ($p < 0,001$) [19]. Частота брадикардії та гіпотензії у до-

слідженні K.K. Gupta et al. становила близько 2,5 %, що підкреслює необхідність ретельного моніторингу [18].

Есмолол — ультракороткодійний β_1 -селективний адреноблокатор, що демонструє інший підхід до досягнення КГ. Його ефект пов'язаний зі зниженням серцевого викиду та ЧСС, що безпосередньо зменшує кровонаповнення слизової оболонки. У рандомізованому дослідженні U. Srivastava et al. при FESS есмолол забезпечував ліпші умови операційного поля порівняно з нітрогліцерином: середня крововтрата становила $142,6 \pm 24,5$ мл проти $172,5 \pm 28,5$ мл ($p < 0,01$), а ефективна візуалізація досягалася при менш глибокій гіпотензії (САТ 70–75 мм рт.ст.), тоді як для нітрогліцерину була потрібна більш виражена гіпотензія (60–65 мм рт.ст.) [14].

Подібні результати отримані в дослідженні A. Alkan et al., де есмолол продемонстрував кращий контроль кровотечі порівняно з нітрогліцерином, а за ефективністю наближався до реміфентанілу [20]. Це підтверджує, що β -блокада є одним із найбільш фізіологічно обґрунтованих механізмів зниження кровоточивості при FESS.

У педіатричній популяції ці відмінності мають особливе значення. У дослідженні S.M. Amin et al. у дітей 8–12 років дексметомідин і есмолол забезпечували подібну якість операційного поля (оцінка 1–2 за шкалою Fromme-Boezaart), однак істотно відрізнялися за анагетичним профілем [7]. Інтраопераційна потреба у фентанілі була значно меншою при застосуванні дексметомідину порівняно з есмололом ($30,45 \pm 6,52$ мкг проти $80,5 \pm 12,6$ мкг), а час до першої вимоги анагетика — довшим ($9,45 \pm 2,65$ год проти $4,55 \pm 0,55$ год; $p < 0,001$). Водночас у трьох пацієнтів у групі дексметомідину виникала клінічно значуща гіпотензія, що потребувала корекції [7].

Магнію сульфат ($MgSO_4$) розглядається як один із варіантів досягнення КГ при FESS завдяки вазодилатуючим і симпатолітичним властивостям. Механізм його дії пов'язаний з блокадою кальцієвих каналів і зниженням вивільнення катехоламінів, що призводить до зменшення системного судинного опору та контрольованого зниження САТ [21, 22].

Клінічні дослідження демонструють помірну, але стабільну ефективність $MgSO_4$. У дослідженні N.M. Elsharnouby et al. застосування болюсної дози 40–50 мг/кг із подальшою інфузією 10–15 мг/кг/год дозволяло досягати цільового САТ (50–65 мм рт.ст.) у 80–90 % пацієнтів, при цьому інтраопераційна крововтрата зменшувалася приблизно на 30–40 % [21]. Також відзначалося вірогідне зниження потреби в інгаляційних анестетиках і опіоїдах на 20–25 %, що підтверджує потенціюючий анестезію ефект магнію [21].

Дані метааналізів уточнюють ефективність цього підходу. У метааналізі B. Lang et al., який включав понад 800 пацієнтів, $MgSO_4$ забезпечував зниження САТ у середньому на 15–25 % від вихідного рівня [22]. Водночас частота досягнення оптимальних умов операційного поля (Fromme-Boezaart Scale ≤ 2) становила 55–65 %, що вказує на певні обмеження ефективності препарату саме в умовах FESS [22].

У рандомізованому дослідженні Н.М. Juibari et al. показано, що застосування $MgSO_4$ дозволяло зменшити інтраопераційну крововтрату до 280 ± 60 мл порівняно з 350 ± 70 мл у контрольній групі (зниження приблизно на 20 %; $p < 0,05$) [23]. Однак навіть за наявності статистично значущого зменшення крововтрати якість візуалізації операційного поля залишалася субоптимальною у частини пацієнтів.

Профіль безпеки $MgSO_4$ є відносно сприятливим. Частота брадикардії становить близько 5–7 %, що є нижчим показником порівняно з деякими іншими гіпотензивними агентами [22]. Водночас частіше спостерігаються післяопераційна нудота і блювання (20–25 %). Важливим обмеженням є менша керованість гіпотензивного ефекту. Варіабельність САТ (± 8 –10 мм рт.ст.) є відносно високою, що може ускладнювати досягнення стабільних гемодинамічних цілей під час FESS [22].

У педіатричній практиці досвід застосування $MgSO_4$ є обмеженим і переважно екстраполюється з досліджень у дорослих. Наявні клінічні спостереження свідчать про ефективність у зниженні САТ і потребу в анестетиках, однак відсутність якісних рандомізованих досліджень у дітей обмежує можливість формування чітких рекомендацій щодо його використання як препарату першої лінії.

Реміфентаніл є ультракороткодійним селективним агоністом μ -опіїдних рецепторів з унікальними фармакокінетичними властивостями. Вони зумовлені швидким метаболізмом препарату за участю неспецифічних плазматичних і тканинних естераз. Це забезпечує дуже швидке припинення дії після зупинки інфузії незалежно від її тривалості та високу передбачуваність клінічного ефекту. Механізм контрольованої гіпотензії реалізується через пригнічення симпатичної активності, зниження частоти серцевих скорочень, серцевого викиду та системного судинного опору.

До основних переваг реміфентанілу належать швидкий початок дії (1–2 хв), висока титрованість, можливість точного підтримання цільового рівня САТ та мінімальна варіабельність гемодинамічної відповіді. Важливою характеристикою є швидке відновлення після припинення інфузії без пролонгованої седації, що має значення для коротких і середніх за тривалістю ЛОР-втручань.

Рандомізовані дослідження підтверджують ефективність реміфентанілу при FESS. У дослідженні А. Alkan et al. показано, що препарат забезпечує досягнення оптимальної якості операційного поля (≤ 2 бали за шкалою Fromme-Boezaart) у 80–90 % випадків та зниження САТ на 5–10 мм рт.ст. порівняно з вихідними значеннями. Інтраопераційна крововтрата при цьому зменшувалася на 25–30 % [20].

Результати дослідження Н.Ф. Saber et al. демонструють подібні тенденції: застосування реміфентанілу супроводжувалося зменшенням крововтрати до 250 ± 50 мл та скороченням тривалості операції (135 ± 15 хв) [13]. У дослідженні D. Altun et al. встановлено зниження САТ на 15–20 % і ЧСС на 10–15 % без клінічно значущого впливу на церебральну оксигенацію (rSO_2 у межах 65–75 %) [24].

У педіатричній популяції реміфентаніл, особливо у складі TIVA (пропофол + реміфентаніл), демонструє високу ефективність і передбачуваність. За даними клінічних досліджень, цільові значення САТ досягаються практично у всіх пацієнтів, а оптимальна якість операційного поля (≤ 2 бали за шкалою Fromme-Boezaart) спостерігається у 85–95 % випадків. Застосування препарату асоціюється зі зниженням інтраопераційної крововтрати на 20–30 % і стабільністю гемодинаміки без негативного впливу на церебральну оксигенацію [8].

Сучасні технології введення додатково підвищують ефективність препарату. У рандомізованому дослідженні М. Nureau et al. використання автоматизованих систем інфузії дозволило зменшити час перебування поза цільовими гемодинамічними параметрами до 4,2 % порівняно з 19,4 % при стандартному введенні ($p < 0,001$) [25]. У дослідженні І. Hemantkumar et al. показано меншу варіабельність САТ (± 6 мм рт.ст.) порівняно з фентанілом (± 10 мм рт.ст.; $p < 0,01$) [26].

До обмежень застосування реміфентанілу належать ризик дозозалежної брадикардії та гіпотензії, можливий розвиток опіїд-індукованої гіпералгезії, а також необхідність безперервної інфузії у зв'язку з ультракороткою тривалістю дії. Порівняльну характеристику внутрішньовенних препаратів, які застосовуються для КГ при FESS у дітей, наведено в табл. 1.

Інгаляційні анестетики у стратегіях контрольованої гіпотензії при FESS у дітей

Інгаляційні анестетики забезпечують зниження САТ переважно за рахунок периферичної вазодилатації, що принципово відрізняє їх від внутрішньовенних стратегій, за яких гіпотензія супроводжується переважно зменшенням серцевого викиду та ЧСС [17, 27]. У контексті FESS це має ключове значення, оскільки навіть при досягненні цільового САТ збереження серцевого викиду може підтримувати перфузію слизової оболонки і, відповідно, кровоточивість.

Ізофлуран є одним із найбільш досліджених інгаляційних агентів у FESS, однак доступна доказова база є обмеженою за обсягом вибірки. У рандомізованому дослідженні S.P. Ankichetty et al. при цільовому САТ 70 мм рт.ст. не виявлено статистично значущої різниці між ізофлураном і пропофолом щодо крововтрати ($159,0 \pm 11,9$ мл проти $157,5 \pm 8,2$ мл; $p = 0,402$) та якості операційного поля [28].

Водночас у дослідженні J. Miłoński et al. середня крововтрата при інгаляційній анестезії становила 340–365 мл, що було вірогідно більше порівняно з альтернативними підходами (225 мл; $p < 0,005$) [29]. Це підкреслює, що досягнення однакових значень САТ не гарантує еквівалентного контролю кровотечі.

У педіатричній практиці ізофлуран застосовується обмежено. Його ефект у дітей характеризується передбачуваною вазодилатацією без суттєвого впливу на серцевий викид, що обмежує ефективність щодо зменшення мікросудинної кровоточивості [11, 27].

Десфлуран характеризується швидким пробудженням завдяки низькій розчинності у крові, проте його роль у КГ є вторинною. У дослідженні S. Gollapudy

Таблиця 1. Порівняльна характеристика внутрішньовенних препаратів для контрольованої гіпотензії при FESS

Препарат	Доказова база/ автори	Основні переваги	Основні недоліки	Практичний коментар
Пропофол	Boonmak et al., 2016; Kim et al., 2021; Piasecki et al., 2014	Добра керованість глибини анестезії; швидкий початок дії; коротка тривалість клінічного ефекту після припинення інфузії; зручний компонент TIVA; можливість швидкого титрування САТ відповідно до етапу операції	Ефект щодо поліпшення видимості операційного поля зазвичай помірний; можливе пригнічення функції міокарда; не має власного аналгетичного або опіоїд-спарингового ефекту	Доцільний як базовий компонент TIVA, особливо у поєднанні з опіоїдом короткої дії. У дитячій FESS пропофол краще розглядати як анестетичну основу, а не як самостійний препарат вибору для формування «сухого» операційного поля
Дексмедетомідин	Gupta et al., 2022; Sahu et al., 2021; Karabayirli et al., 2017; Kim et al., 2021; Saeed et al., 2026; Amin et al., 2016	Поєднує симпатолітичний, гіпотензивний, седативний та аналгетичний ефекти; знижує ЧСС і потребу в опіоїдах; поліпшує післяопераційний аналгетичний профіль; часто забезпечує стабільне операційне поле без вираженої тахікардії	Ризик брадикардії та надмірної гіпотензії; повільніше пробудження порівняно з есмололом або реміфентанілом; можлива надмірна післяопераційна седация; потребує обережності у пацієнтів із низькою вихідною ЧСС або обмеженим серцевим резервом	Корисний, коли пріоритетом є не лише якість операційного поля, а й опіоїд-спарингова стратегія та післяопераційна аналгезія. У дітей потребує уважного контролю ЧСС, САТ і ознак тканинної перфузії
Есмолол	Srivastava et al., 2013; Das et al., 2016; Sahu et al., 2021; Alkan et al., 2021; Amin et al., 2016; Kim et al., 2021	Ультракотка дія та висока титрованість; ефективний контроль ЧСС і серцевого викиду; сприяє зменшенню кровонаповнення слизової оболонки; забезпечує швидке післяопераційне відновлення; не викликає пролонгованої седации	Не має власного аналгетичного ефекту; потребує поєднання з адекватною аналгезією; можливі брадикардія, гіпотензія або бронхоспазм у схильних пацієнтів; обережність при АВ-блокадах, вираженій брадикардії та декомпенсованій серцевій патології	Один із найбільш керованих препаратів для ситуацій, коли потрібні швидка корекція гемодинаміки та швидке пробудження. У дитячій практиці є доцільним варіантом, коли пріоритетом є контроль ЧСС і передбачуване відновлення
Магнію сульфат	Zhou et al., 2009; Akkaya et al., 2014; Liu et al., 2019; Chhabra et al., 2020; Modir et al., 2018	Має вазодилатуючий, антиноцицептивний і анестетик-зберігаючий ефекти; може поліпшувати якість операційного поля порівняно з контролем; потенційно зменшує потребу в інгаляційних/внутрішньовенних анестетиках і опіоїдах; корисний як ад'ювант	Менш керований порівняно з есмололом або реміфентанілом; можливі артеріальна гіпотензія, брадикардія, м'язова слабкість і пролонгація нейром'язового блоку; потребує контролю сумарної дози та взаємодії з міорелаксантами	Доцільніше розглядати як ад'ювант, а не як основний препарат для контрольованої гіпотензії. У дітей доказова база для FESS обмежена, тому застосування має бути індивідуальним, з контролем нейром'язового відновлення
Реміфентаніл	Alkan et al., 2021; Karabayirli et al., 2017; Modir et al., 2018; Piasecki et al., 2014	Дуже швидкий початок і припинення дії; висока титрованість; потужний контроль ноцицептивної відповіді, ЧСС і САТ; добре поєднується з TIVA; дозволяє швидко змінювати рівень гіпотензивного ефекту відповідно до хірургічного етапу	Може спричиняти брадикардію, гіпотензію, ригідність грудної клітки при швидкому болюсі; ризик післяопераційної гіпералгезії та підвищеної потреби в аналгетиках після припинення інфузії; не забезпечує тривалої післяопераційної аналгезії	Особливо корисний для коротких і середньої тривалості втручань, коли потрібна максимально швидка титрація. У дітей потребує заздалегідь спланованої післяопераційної аналгезії, щоб уникнути «аналгетичного провалу» після завершення інфузії

et al. не виявлено різниці між пропофол- та десфлуран-орієнтованими схемами щодо крововтрати та якості операційного поля, однак у обох групах застосовувався реміфентаніл [30]. Подібні результати отримані в дослідженні Н. Li et al., у яких оцінка за Fromme-Boezaart Scale становила 2 бали в обох групах ($p = 0,923$), що свідчить про еквівалентність лише в умовах комбінованої анестезії [31]. Методологічно це означає, що ефект десфлурану не можна оцінювати ізольовано. За відсутності опіоїдного компонента інгаляційна анестезія асоціюється з гіршою візуалізацією та більшою крововтратою [32].

У дітей десфлуран має додаткові обмеження: швидка зміна концентрації може викликати тахікардію та гемодинамічну нестабільність, що негативно впливає на контроль кровоточивості. Фізіологічні дослідження А. Piasecki et al. показали, що у дітей десфлуран формує гіпотензію переважно за рахунок вазодилатації без зниження серцевого викиду [8].

Севофлуран є основним інгаляційним анестетиком у педіатричній практиці завдяки низькій подразнювальній дії та можливості інгаляційної індукції [11]. Проте його ефективність у досягненні КГ є обмеженою. У клінічних дослідженнях не виявлено суттєвих відмінностей між севофлураном та іншими інгаляційними агентами щодо об'єму крововтрати, що підтверджує клас-ефект легких анестетиків [7]. Водночас метааналізи показу-

ють, що інгаляційна анестезія загалом поступається TIVA за якістю операційного поля [17, 33]. У дослідженні Н. Li et al. комбінація севофлуран + реміфентаніл забезпечувала оцінку за шкалою Fromme-Boezaart 2,0 бала і не відрізнялася від комбінації пропофол + реміфентаніл, що підкреслює визначальну роль ад'ювантних препаратів [31].

Ключовим клінічним обмеженням у дітей є післяопераційна ажитация. За даними метааналізу D. Costi et al., її частота становить 31,4 % [34]. Це значно впливає на післяопераційне ведення і загальну оцінку ефективності анестезії. Порівняльна характеристика інгаляційних анестетиків, що використовуються для КГ при FESS у дітей, наведена в табл. 2.

Обговорення

Аналіз сучасних наукових даних свідчить, що КГ при FESS у дітей є багатокомпонентною анестезіологічною стратегією [4, 6, 7, 10]. Її ефективність визначається не лише досягнутим рівнем середнього артеріального тиску, а й механізмом фармакологічного впливу на серцево-судинну систему в цілому. Кінцевою метою КГ є не тільки зменшення інтраопераційної кровотечі та поліпшення візуалізації операційного поля, а й збереження стабільної системної гемодинаміки, адекватного серцевого викиду та достатньої перфузії життєво важливих органів, насамперед головного мозку, нирок

Таблиця 2. Порівняльна характеристика інгаляційних анестетиків для контрольованої гіпотензії при FESS у дітей

Препарат	Доказова база/ автори	Основні переваги	Основні недоліки	Практичний коментар
Ізофлуран	Ankichetty et al., 2011; Kim et al., 2021; DeConde et al., 2013; Tegegne et al., 2021	Забезпечує передбачувану вазодилатаційну гіпотензію; технічно простий для підтримання анестезії; може забезпечувати прийнятні умови операційного поля при досягненні цільового САТ	Не має переконливих переваг щодо зменшення мікросудинної кровоточивості; гіпотензія переважно вазодилатаційна, без достатнього контролю ЧСС і серцевого викиду; доказова база у дітей обмежена	Може застосовуватися як компонент збалансованої анестезії, однак не є оптимальним самостійним агентом для контрольованої гіпотензії при FESS у дітей. Доцільний лише за умови ретельного контролю САТ, ЧСС і перфузії
Десфлуран	Gollapudy et al., 2020; Li et al., 2023; Moffatt et al., 2021; Piasecki et al., 2011	Дуже швидко пробудження завдяки низькій розчинності у крові; добра керованість глибокої анестезії; у поєднанні з реміфентанілом може забезпечувати прийнятну візуалізацію операційного поля	Ефективність щодо хірургічного поля значною мірою залежить від ад'ювантів; при швидкому підвищенні концентрації можливі тахікардія, симпатична активація та коливання АТ; обмежене застосування у дітей	У дитячій ЛОР-хірургії доцільніше розглядати як компонент комбінованої схеми, переважно з реміфентанілом. Не слід вважати самодостатнім препаратом для контрольованої гіпотензії при FESS
Севофлуран	Ravi et al., 2020; Kim et al., 2021; DeConde et al., 2013; Costi et al., 2014; Li et al., 2023	Найбільш практичний інгаляційний анестетик у дітей; низька подразнювальна дія на дихальні шляхи; зручний для інгаляційної індукції; добра керованість підтримання анестезії	Не демонструє переконливої переваги щодо формування «сухого» операційного поля; гіпотензивний ефект реалізується переважно через вазодилатацію; ризик emergence agitation/emergence delirium у дітей	Має високу цінність як базовий засіб індукції та підтримання анестезії у дітей, але для контрольованої гіпотензії при FESS потребує поєднання з опіоїдами або іншими гіпотензивними ад'ювантами

і міокарда [6, 9, 10]. У педіатричній практиці цей баланс має особливе значення, оскільки фізіологічний резерв серцево-судинної системи у дітей порівняно з дорослими пацієнтами є обмеженим [6, 9–11].

Порівняння різних фармакологічних підходів показує, що ізольоване зниження САТ не завжди супроводжується поліпшенням візуалізації операційного поля. Препарати з переважно вазодилатаційним механізмом дії, зокрема нітрогліцерин та інгаляційні анестетики, ефективно знижують артеріальний тиск, однак їх здатність зменшувати капілярну кровотечу часто є недостатньою [12, 14, 15, 28, 30, 33]. Це підтверджено в рандомізованих дослідженнях U. Srivastava et al. та A. Guney et al., у яких при подібних значеннях САТ якість операційного поля була гіршою у групах вазодилаторів порівняно з групами β -блокаторів [14, 15]. Імовірно, це пов'язано з тим, що вазодилатація не забезпечує достатнього зменшення венозного кровонаповнення слизової оболонки і може супроводжуватися рефлекторною тахікардією [4, 12, 14, 15]. У результаті, незважаючи на досягнення цільового САТ, кровотеча може залишатися клінічно значущою.

Альтернативним фармакологічним підходом до забезпечення КГ є застосування α_2 -адренорецепторних агоністів, насамперед дексметомідину [18, 19, 22]. Завдяки центральному симпатолітичному ефекту цей препарат забезпечує більш комплексний гемодинамічний контроль, що включає зниження частоти серцевих скорочень, середнього артеріального тиску та інтраопераційної потреби в опіоїдах [18, 19]. Це свідчить про те, що основні переваги дексметомідину полягають не стільки у безпосередньому поліпшенні хірургічної візуалізації, скільки в оптимізації періопераційного аналгетичного забезпечення та зменшенні опіоїдного навантаження.

Однією з найбільш керованих стратегій КГ з позиції фармакокінетики є використання реміфентанілу [8, 20, 24]. Завдяки ультракороткому періоду напіввиведення, відсутності кумуляції та легкій титрованості препарат дозволяє підтримувати стабільний рівень САТ з мінімальною гемодинамічною варіабельністю [8, 20]. У дослідженні A. Alkan et al. реміфентаніл продемонстрував кращий контроль інтраопераційної кровотечивості порівняно з нітрогліцерином та есмололом [20]. У роботах D. Altun et al. та H.F. Saber et al. показано, що використання реміфентанілу дозволяло досягати оптимальної якості операційного поля та зменшувати інтраопераційну кровотрату порівняно з альтернативними схемами [13, 24].

Попри широке застосування пропофолу як основного компонента TIVA, переконливих доказів його самостійної переваги щодо контролю інтраопераційної кровотечі не отримано. Так, систематичний огляд P. Boonmak et al. не виявив переконливих доказів переваги пропофолу щодо зменшення об'єму інтраопераційної кровотрати або поліпшення якості операційного поля при FESS [16]. Подібні висновки отримані в метааналізі A.S. DeConde et al., у якому TIVA загалом демонструвала перевагу над інгаляційною анестезією, однак ця перевага, ймовірно, була зумовлена не лише

самим пропофолом, а й супутнім використанням короткодійних опіоїдів, насамперед реміфентанілу [33].

Окрему групу становлять інгаляційні анестетики, зокрема ізофлуран, десфлуран і севофлуран. Незважаючи на здатність ефективно знижувати артеріальний тиск, їх дія реалізується переважно через периферичну вазодилатацію без суттєвого впливу на серцевий викид і частоту серцевих скорочень [28, 30, 31, 33]. Це може обмежувати їх здатність контролювати венозне кровонаповнення слизової оболонки та зменшувати мікросудинну кровотечу. У педіатричній практиці інгаляційні анестетики мають важливу роль як компоненти збалансованої анестезії, особливо на етапі індукції, однак їх ізольоване застосування як основної стратегії контрольованої гіпотензії є менш обґрунтованим [6, 8, 11, 34].

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать, що найбільш ефективними стратегіями КГ при FESS у дітей є фармакологічні підходи, які забезпечують не лише зниження САТ, а й контроль частоти серцевих скорочень, серцевого викиду та мікроциркуляторного кровонаповнення операційної ділянки [4, 7, 8, 14, 15, 18, 20, 24]. Саме цим, імовірно, пояснюється висока клінічна ефективність застосування реміфентанілу в поєднанні з пропофолом або інгаляційними анестетиками, а також комбінованих схем на основі есмололу або дексметомідину [7, 8, 18–20, 24]. У педіатричній FESS саме баланс між ефективністю хірургічної візуалізації, швидкістю післяопераційного відновлення та профілем гемодинамічної безпеки є ключовим критерієм вибору оптимальної стратегії КГ.

Висновки

Контрольована гіпотензія є ефективною стратегією оптимізації умов виконання FESS у дітей за умов індивідуалізованого підходу. Найбільш обґрунтованою сучасною тактикою КГ є застосування препаратів, що поєднують властивості анестетиків та добре керованих гіпотензивних препаратів (пропофол + реміфентаніл, інгаляційний анестетик + реміфентаніл), що забезпечує контрольоване зниження САТ на 20–30 %, зменшення інтраопераційної кровотрати та високу якість операційного поля. Реміфентаніл слід розглядати як препарат першої лінії. Альтернативні агенти (дексметомідин, есмолол, магнію сульфат) можуть застосовуватися у складі комбінованих схем залежно від клінічної ситуації. Ключовими умовами безпечного застосування є підтримання цільових рівнів САТ, адекватна органна перфузія та сучасний моніторинг.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок автора. Мішук В.Р. — концепція статті, аналіз літературних даних, дизайн і оформлення публікації.

Список літератури

1. Maniglia AJ. Fatal and other major complications of endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope*. 1991;101(4):349-54. doi: 10.1002/lary.1991.101.4.349.

2. Ramakrishnan VR, Kingdom TT, Nayak JV, Hwang PH, Orlandi RR. Nationwide incidence of major complications in endoscopic sinus surgery. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2012;2(1):34-9. doi: 10.1002/alr.20101.
3. Wormald PJ. Endoscopic sinus surgery: anatomy, three-dimensional reconstruction, and surgical technique. *Am J Rhinol*. 2003;17(2):97-104. doi: 10.1177/194589240301700206.
4. Degoute CS. Controlled hypotension: a guide to drug choice. *Drugs*. 2007;67(7):1053-76. doi: 10.2165/00003495-200767070-00007.
5. Barbarisi M, et al. Controlled hypotension in maxillofacial surgery: a commentary. *J Oral Maxillofac Anesth*. 2023;2:6. doi: 10.21037/joma-23-6.
6. Coté CJ, Lerman J, Anderson BJ, editors. *A Practice of Anesthesia for Infants and Children*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019.
7. Amin SM, Elmawy MG, Mohamed RM. Controlled hypotensive anesthesia in children undergoing nasal surgery. *J Anesth Clin Res*. 2016;7(8):658. doi: 10.4172/2155-6148.1000658.
8. Piasecki A, Wołoszczuk-Gębicka B, Darowski M, Guc M. Mechanisms of controlled hypotension during propofol-remifentanyl or desflurane-remifentanyl anaesthesia for paediatric ENT surgery. *Anesthesiol Intensive Ther*. 2014;46(4):273-9. doi: 10.5603/AIT.2014.0044.
9. Graaff de JC, Pasma W, van Buuren S, Duijghuisen JJ, Nafiu OO, Khetarpal S, et al. Reference values for noninvasive blood pressure in children during anesthesia: a multicentered retrospective observational cohort study. *Anesthesiology*. 2016;125(5):904-913. doi: 10.1097/ALN.0000000000001310.
10. Bratke S, Schmid S, Sabharwal V, Jungwirth B, Becke-Jakob K. Intraoperative hypotension in children-measurement and treatment. *Anesthesiologie*. 2024;73(11):724-734. doi: 10.1007/s00101-024-01461-x.
11. Ravi R, Howell T. Anaesthesia for paediatric ear, nose, and throat surgery. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*. 2007;7(2):33-37. doi: 10.1093/bjaceaccp/mkm004.
12. Zayed M, Nassar H, Hasanin A, Saleh AH, Hassan P, Saad D, et al. Effects of nitroglycerin versus labetalol on peripheral perfusion during deliberate hypotension for sinus endoscopic surgery: a randomized, controlled, double-blinded trial. *BMC Anesthesiol*. 2020;20:85. doi: 10.1186/s12871-020-01006-w.
13. Saber HF, Rahman AI. Remifentanyl versus nitroglycerin for controlled hypotensive anesthesia during primary open rhinoplasty: a comparative study. *Al-Rafidain J Med Sci*. 2024;7(2). doi: 10.54133/ajms.v6i.1575.
14. Srivastava U, Dupargude AB, Kumar D, Joshi K, Gupta A. Controlled hypotension for functional endoscopic sinus surgery: comparison of esmolol and nitroglycerine. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013;65(Suppl 2):440-444. doi: 10.1007/s12070-011-0375-7.
15. Guney A, Kaya FN, Yavascaoglu B, Gurbet A, Selmi NH, Kaya S, et al. Comparison of esmolol to nitroglycerine in controlling hypotension during nasal surgery. *Eurasian J Med*. 2012;44(2):99-105. doi: 10.5152/eajm.2012.23.
16. Boonmak P, Boonmak S, Laopaiboon M. Deliberate hypotension with propofol under anesthesia for functional endoscopic sinus surgery (FESS). *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;10:CD006623. doi: 10.1002/14651858.CD006623.pub3.
17. Kim DH, Lee J, Kim SW, Hwang SH. The efficacy of hypotensive agents on intraoperative bleeding and recovery following general anesthesia for nasal surgery: a network meta-analysis. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2021;14(2):200-209. doi: 10.21053/ceo.2020.00584.
18. Gupta KK, Kumari V, Kaur S, Singh A. Comparative evaluation of propofol versus dexmedetomidine infusion for hypotensive anesthesia during functional endoscopic sinus surgery: a prospective, randomized trial. *Anesth Pain Med (Seoul)*. 2022;17(3):271-279. doi: 10.17085/apm.21115.
19. Sahu BP, Nayak LK, Mohapatra PS, Mishra K. Induced hypotension in functional endoscopic sinus surgery: a comparative study of dexmedetomidine and esmolol. *Cureus*. 2021 May 17;13(5):e15069. doi: 10.7759/cureus.15069.
20. Alkan A, Honca M, Alkan A, Güleç H, Horasanlı E. The efficacy of esmolol, remifentanyl and nitroglycerin in controlled hypotension for functional endoscopic sinus surgery. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2021;87(3):255-259. doi: 10.1016/j.bjorl.2019.08.008.
21. Elsharnouby NM, Elsharnouby MM. Magnesium sulphate as a technique of hypotensive anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2006;96(6):727-731. doi: 10.1093/bja/ael085.
22. Lang B, Zhang L, Lin Y, Zhang W, Li FS, Chen S. Comparison of effects and safety in providing controlled hypotension during surgery between dexmedetomidine and magnesium sulphate: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227410. doi: 10.1371/journal.pone.0227410.
23. Juibari HM, Eftekharian HR, Arabion HR. Intravenous magnesium sulfate to deliberate hypotension and bleeding after bimaxillary orthognathic surgery: a randomized double-blind controlled trial. *Journal of Dentistry*. 2016;17(4):276-282.
24. Altun D, Ünsal S, Aydemir L, Kara H, Turhan Ö, Çamcı AE. Effect of controlled hypotension by esmolol versus remifentanyl on cerebral oxygen saturation in patients undergoing endoscopic sinus surgery: a randomized clinical trial. *Tr-ENT*. 2023;33(2):26-32. doi: 10.26650/Tr-ENT.2023.1267115.
25. Hureau M, Caillau E, Labreuche J, Herbet M, Tavernier B, De Jonckheere J, et al. Clinical efficacy and safety of automatic remifentanyl administration based on Analgesia Nociception Index monitoring during burn surgery under propofol anesthesia: a randomized controlled clinical trial. *PLoS One*. 2025;20(5):e0322384. doi: 10.1371/journal.pone.0322384.
26. Hemantkumar I, Swain AK, Mishra M, Singh S, Gurudatt CL, Giridhar JB. Efficacy and safety of a generic remifentanyl formulation versus fentanyl and Ultiva during general anaesthesia: a phase III, prospective, multi-centric, observer-blind, randomised controlled trial. *Indian J Anaesth*. 2024;68(11):985-995. doi: 10.4103/ija.ija_289_24.
27. Tegegne SS, Gebregzi AH, Arefayne NR. Deliberate hypotension as a mechanism to decrease intraoperative surgical site blood loss in resource-limited setting: a systematic review and guideline. *Int J Surg Open*. 2021;29:55-65. doi: 10.1016/j.ijso.2020.11.019.
28. Ankichetty SP, Ponniah M, Cherian VT, Thomas S, Kumar K, Jeslin L, et al. Comparison of total intravenous anesthesia using propofol and inhalational anesthesia using isoflurane for controlled hypotension in functional endoscopic sinus surgery. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2011;27(3):328-332. doi: 10.4103/0970-9185.83675.
29. Miłośński J, Zielińska-Bliźniewska H, Golusiński W, Urbanik J, Sobański R, Olszewski J. Effects of three different types of anaesthesia on perioperative bleeding control in functional endoscopic sinus surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2013;270(7):2045-2050. doi: 10.1007/s00405-012-2311-1.
30. Gollapudy S, Gashkoff DA, Poetker DM, Loehrl TA, Riess ML. Surgical field visualization during functional endoscopic sinus surgery: comparison of propofol-versus desflurane-based an-

esthesia. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020;163(4):835-842. doi: 10.1177/0194599820921863.

31. Li H, Du J, Wang G, Zhang Y, Zhao X, Wang Y, et al. Inhalational anesthesia is noninferior to total intravenous anesthesia in terms of surgical field visibility in endoscopic sinus surgery. *Drug Des Devel Ther.* 2023;17:741-750. doi: 10.2147/DDDT.S398263.

32. Moffatt DC, McQuitty RA, Wright AE, Kamucheka TS, Haider AL, Chaaban MR. Evaluating the role of anesthesia on intraoperative blood loss and visibility during endoscopic sinus surgery: a meta-analysis. *Am J Rhinol Allergy.* 2021;35(5):674-684. doi: 10.1177/1945892421989155.

33. DeConde AS, Thompson CF, Wu EC, Suh JD. Systematic review and meta-analysis of total intravenous anesthesia and endoscopic sinus surgery. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2013;3(10):848-854. doi: 10.1002/alr.21196.

34. Costi D, Cyna AM, Ahmed S, Stephens K, Strickland P, Ellwood J, et al. Effects of sevoflurane versus other general anaesthesia on emergence agitation in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(9):CD007084. doi: 10.1002/14651858.CD007084.pub2.

Отримано/Received 22.06.2026

Рецензовано/Revised 11.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 22.07.2026 ■

Information about authors

Volodymyr Mishchuk, PhD in Medicine, Associate Professor, Acting Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Postgraduate Education Faculty, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; e-mail: mishchukdoc@gmail.com, karit.inmu@gmail.com; phone: +380 (50) 920-83-95; <https://orcid.org/0000-0003-0542-0891>

Conflicts of interests. Author declares the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. V.R. Mishchuk — article concept, analysis of literary data, design and layout of the publication.

V.R. Mishchuk

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

Controlled hypotension during functional endoscopic sinus surgery in children

Abstract. Article presents a review of scientific literature indexed in the MEDLINE database via the PubMed platform, as well as in the Web of Science and Scopus databases, regarding the use of controlled hypotension during functional endoscopic sinus surgery in pediatric patients. Particular attention is paid to the anatomical and functional characteristics of children that may influence the selection of target hemodynamic parameters and the safety profile of controlled hypotension. A comparative analysis of pharmacological agents from different classes was conducted based on contemporary studies evaluating efficacy of controlled

hypotension in functional endoscopic sinus surgery. Emphasis is placed on assessing the effectiveness of drugs for controlled hypotension, which is based not only on the ability to lower blood pressure, but also on creating an optimal surgical field, minimizing intraoperative blood loss, potentiating anesthetic effects, maintaining adequate end-organ perfusion, and influencing the overall duration of anesthesia and surgery.

Keywords: controlled hypotension; functional endoscopic sinus surgery; mean arterial pressure; opioids; β 1-adrenergic blockers; inhalational anesthetics; magnesium sulfate

УДК 616.98:578.834.1]-036.11:616-005.1-08:616-008.64

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2046>Мазур О.М.^{1,2}, Ткаченко Р.О.¹¹Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна²Білоцерківська міська лікарня № 2, м. Біла Церква, Київська обл., Україна

Мікрореологічні аспекти тяжкого перебігу COVID-19: взаємозв'язок із антикоагулянтною терапією та можливими порушеннями ефекту Фареуса — Ліндквіста

Резюме. Актуальність. Тяжкий перебіг COVID-19 супроводжується розвитком ендотеліальної дисфункції, імунотромбозу та мікросудинної коагулопатії, що відіграють важливу роль у формуванні поліорганної недостатності та високої летальності. Незважаючи на широке застосування антикоагулянтної терапії, оптимальна інтенсивність її використання у критично хворих пацієнтів залишається предметом дискусій. Особливий інтерес становлять мікрореологічні порушення, які можуть бути пов'язані зі змінами показників червоної крові та погіршенням тканинної перфузії. **Мета:** оцінити взаємозв'язок між динамікою показників гемограми, параметрами системи гемостазу та інтенсивністю антикоагулянтної терапії у пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19 для визначення можливого зв'язку порушень мікрореології крові з несприятливими клінічними наслідками. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективне дослідження 268 пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19, які перебували на лікуванні у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії КНП «Білоцерківська міська лікарня № 1» у 2021 році. Хворих розподілили на три групи залежно від режиму антикоагулянтної терапії: профілактичні дози низькомолекулярних гепаринів, лікувальні дози низькомолекулярних гепаринів та ескалаційна терапія із застосуванням низькомолекулярного й нефракціонованого гепарину. Оцінювали динаміку гемоглобіну, еритроцитів, тромбоцитів, показників коагуляції, D-димера та клінічні результати лікування. Статистичну обробку виконували з використанням пакета SPSS Statistics 26.0. **Результати.** Застосування профілактичних доз антикоагулянтів асоціювалося з найвищою госпітальною летальністю (90,8 %) та найбільш вираженим зниженням рівнів гемоглобіну, еритроцитів і тромбоцитів у динаміці лікування. Перехід до лікувальних та ескалаційних режимів антикоагуляції супроводжувався вірогідним зниженням летальності до 61,9 і 41,2 % відповідно, а також кращим збереженням показників гемограми. Отримані результати свідчать про можливий зв'язок між прогресуванням мікросудинної коагулопатії, порушеннями мікрореологічних властивостей крові та несприятливим перебігом захворювання. **Висновки.** У пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19 профілактичні дози антикоагулянтів асоціювалися з вищою госпітальною летальністю та несприятливою динамікою гематологічних показників порівняно з інтенсивнішими режимами антикоагулянтної терапії. Прогресуюче зниження рівня гемоглобіну, еритроцитів, гематокриту та тромбоцитів може відображати розвиток мікросудинної коагулопатії й порушень мікроциркуляції. Виявлені зміни узгоджуються з гіпотезою про можливу роль порушень мікрореологічних властивостей крові та механізмів, пов'язаних з ефектом Фареуса — Ліндквіста, однак потребують підтвердження у проспективних дослідженнях із застосуванням методів прямої оцінки мікроциркуляції.

Ключові слова: COVID-19; імунотромбоз; антикоагулянтна терапія; мікроциркуляція; мікрореологія крові; ефект Фареуса — Ліндквіста; D-димер; низькомолекулярні гепарини; мікросудинна коагулопатія; відділення інтенсивної терапії

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Мазур Оксана Миколаївна, аспірант, кафедра анестезіології та інтенсивної терапії з курсом дитячої анестезіології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; e-mail: dr.oksana.mazur@gmail.com; тел.: +380 (66) 289-45-10; Білоцерківська міська лікарня № 2, м. Біла Церква, Київська обл., Україна

For correspondence: Oksana Mazur, PhD-student, Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine; e-mail: dr.oksana.mazur@gmail.com; phone: +380 (66) 289-45-10; Bila Tserkva City Hospital 2, Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine

Full list of authors information is available at the end of the article.

Вступ

Коронавірусна хвороба — 2019 (COVID-19), спричинена вірусом SARS-CoV-2, спочатку розглядалася переважно як вірусна пневмонія з розвитком гострої дихальної недостатності. Однак накопичені клінічні, лабораторні та патоморфологічні дані свідчать про системний характер захворювання, важливою складовою якого є ендотеліальна дисфункція, активація системи гемостазу та розвиток імунотромбозу [6, 7, 15, 16]. За результатами автопсійних досліджень, однією з характерних особливостей тяжкого перебігу COVID-19 є поширений мікросудинний тромбоз, насамперед у легеновому мікроциркуляторному руслі, що суттєво відрізняє це захворювання від класичного гострого респіраторного дистрес-синдрому іншої етіології [1, 12, 14].

Високий ризик тромботичних ускладнень обумовив широке впровадження антикоагулянтної терапії у стандарти лікування пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19. Водночас результати міжнародних багаточентрових досліджень, зокрема REMAP-CAP, ACTIV-4a та ATTACC, продемонстрували, що ефективність різних режимів антикоагуляції залежить від тяжкості захворювання та стадії патологічного процесу [2]. У частини критично хворих пацієнтів застосування профілактичних доз низькомолекулярних гепаринів не забезпечує належного контролю над прогресуванням коагулопатії та поліорганної дисфункції, що зумовлює необхідність

пошуку додаткових патогенетичних механізмів несприятливого перебігу захворювання [2, 9, 10].

Останніми роками все більше уваги приділяється ролі мікроциркуляторних порушень у формуванні тканинної гіпоксії при COVID-19 [11, 12, 23]. Масивне утворення мікротромбів, ендотеліальне ушкодження та локальна запальна реакція можуть спричинити не лише порушення гемостазу, а й зміну реологічних властивостей крові [3, 11, 21, 22]. У цьому контексті особливий інтерес становлять показники гемограми, зокрема рівень гемоглобіну, кількість еритроцитів, гематокрит та тромбоцити, динаміка яких може відображати розвиток мікросудинної коагулопатії.

Одним із фундаментальних механізмів забезпечення ефективної мікроциркуляції є ефект Фареуса та феномен Фареуса — Ліндквіста [11, 23]. У нормі осьова міграція еритроцитів і формування безклітинного пристінкового шару плазми сприяють зниженню в'язкості крові в судинах малого калібру та підтриманню адекватної тканинної перфузії. За умов генералізованого імунотромбозу та мікросудинного ушкодження ці механізми можуть порушуватися, що супроводжується складжуванням еритроцитів, підвищенням локальної в'язкості крові, розвитком капілярного блоку та прогресуванням тканинної гіпоксії [3, 11, 21, 23].

Ми припустили, що прогресуюче зниження рівня гемоглобіну, кількості еритроцитів та гематокриту на тлі

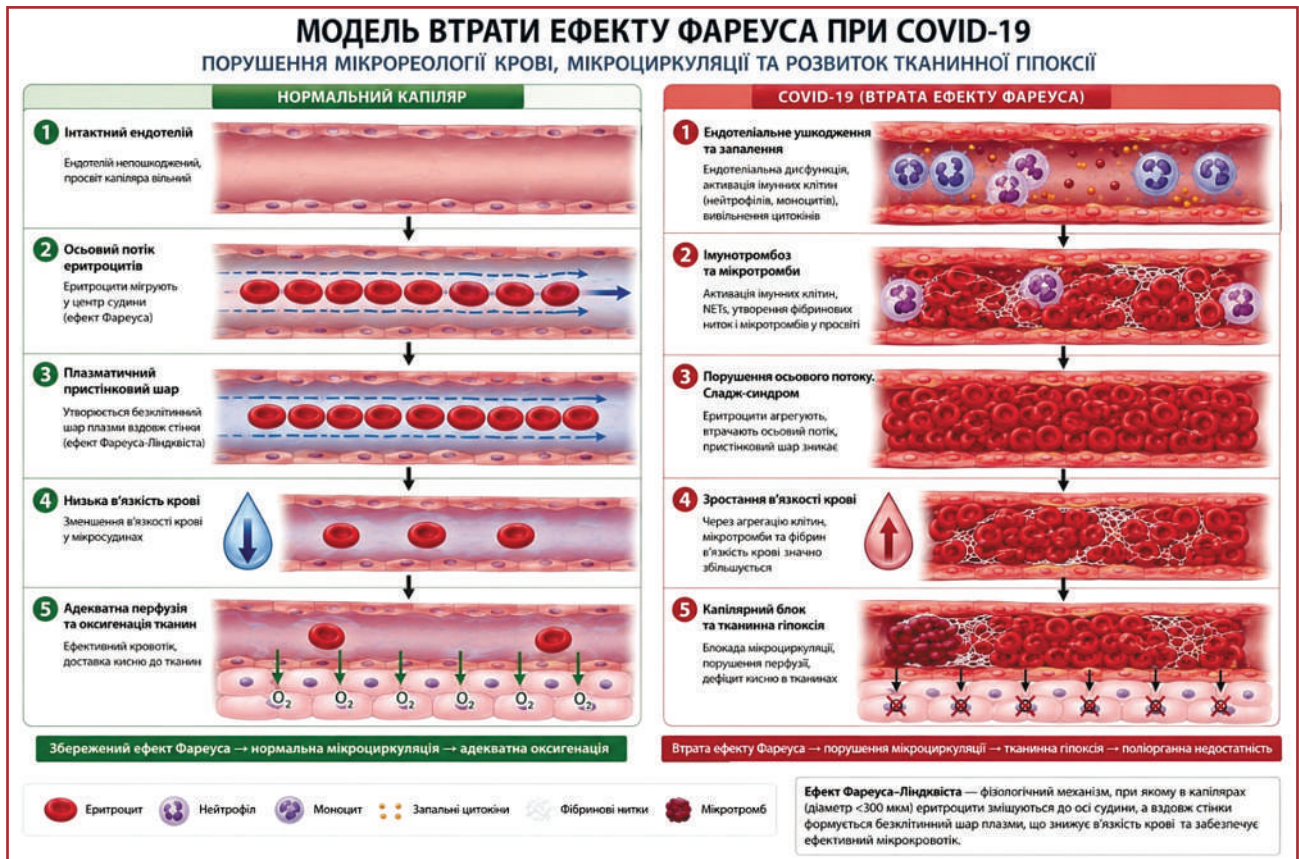


Рисунок 1. Модель втрати ефекту Фареуса при тяжкому COVID-19

Примітка: схему створено авторами з використанням інструментів штучного інтелекту для візуалізації запропонованої патофізіологічної моделі; вона має ілюстративний характер і не ґрунтується на безпосередніх експериментальних спостереженнях.

високих концентрацій D-димера і споживання тромбоцитів може відображати порушення мікрореологічних властивостей крові та розвиток мікроциркуляторної недостатності у пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19.

Запропонована модель втрати ефекту Фареуса при тяжкому COVID-19 наведена на рис. 1.

Мета дослідження: оцінити взаємозв'язок між динамікою показників гемограми, параметрами системи гемостазу та інтенсивністю антикоагулянтної терапії у пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19 для оцінки можливого зв'язку порушень мікрореології крові з несприятливими клінічними наслідками.

Матеріали та методи

Проведено ретроспективне дослідження на базі КНП «Білоцерківська міська лікарня № 1». До аналізу включено 268 медичних карт стаціонарних хворих із тяжким перебігом коронавірусної хвороби (COVID-19), підтвердженої методом полімеразної ланцюгової реакції, які перебували на лікуванні у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії (ВАІТ) у 2021 році.

Критеріями включення були: вік понад 18 років, тяжкий перебіг COVID-19 відповідно до чинних протоколів МОЗ України та необхідність проведення інтенсивної терапії. Досліджувані групи були порівнянними за віком ($p = 0,28$), індексом маси тіла ($p = 0,23$) та статевим складом ($p = 0,58$). У структурі вибірки переважали жінки — 53,7 % ($n = 144$), чоловіки становили 46,3 % ($n = 124$).

Залежно від режиму антикоагулянтної терапії (АКТ) пацієнтів розподілили на три групи: група 1 — профілактичні дози низькомолекулярних гепаринів (НМГ); група 2 — лікувальні дози НМГ; група 3 — ескалаційна терапія із застосуванням НМГ та нефракціонованого гепарину. Вибір режиму АКТ здійснювали з урахуванням тяжкості перебігу захворювання, вираженості системної запальної реакції, ступеня гіпоксемії, рівня D-димера та кількості тромбоцитів. Антикоагулянтна терапія про-

водилася на фоні стандартного лікування, відповідно до сучасних міжнародних рекомендацій щодо ведення пацієнтів із COVID-19, включно з глюкокортикоїдами (дексаметазон або пульс-терапія метилпреднізолоном) [10, 18, 19].

Клініко-лабораторний моніторинг проводили при госпіталізації, у день переведення до ВАІТ, а також на 3-тю, 5-ту, 7-му та 10-ту добу перебування у ВАІТ.

Програма дослідження включала оцінку показників гемограми (гемоглобін, еритроцити, тромбоцити), коагуляційного профілю (ПТІ, МНВ, АЧТЧ, D-димер), а також маркерів системної запальної відповіді (С-реактивний білок, феритин, інтерлейкін-6). Динаміка рівнів гемоглобіну, еритроцитів та тромбоцитів розглядалася як непрямий лабораторний маркер порушення мікрореологічних властивостей крові та розвитку мікросудинної коагулопатії.

Дослідження проведено відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження схвалено локальним комітетом з біоетики НУОЗ України імені П.Л. Шупика (протокол № 8 від 07.11.2022).

Статистичну обробку даних виконували з використанням пакета SPSS Statistics 26.0. Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Шапіро — Вілка. Для міжгрупового порівняння використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) або критерій Крускала — Волліса залежно від типу розподілу даних. Категоріальні показники аналізували за допомогою критерію χ^2 Пірсона. Відмінності вважали статистично значущими при $p < 0,05$.

Результати та обговорення

Аналіз результатів інтенсивної терапії когорти з 268 пацієнтів продемонстрував суттєві відмінності у клінічних наслідках залежно від обраної тактики антикоагулянтної терапії. У групі 1, у якій на тлі розвитку тяжкої системної запальної реакції продовжували застосовувати виключно профілактичні дози НМГ, зафік-

Таблиця 1. Клінічні результати лікування залежно від режиму антикоагулянтної терапії

Показник	Група 1 (профілактичні дозы НМГ), n = 65	Група 2 (лікувальні дози НМГ), n = 118	Група 3 (ескалаційна терапія), n = 85	P-value
Тривалість госпіталізації, дів	5,8 ± 2,2	15,0 ± 12,0	21,9 ± 13,1	P < 0,001
Тривалість перебування у ВАІТ, дів	3,1 ± 2,3	8,6 ± 8,4	14,2 ± 11,8	P < 0,001
Термін госпіталізації від початку захворювання, дів	6,4 ± 3,3	5,5 ± 3,7	5,3 ± 3,1	P = 0,12
Час до переведення у ВАІТ, дів	3,7 ± 4,2	2,3 ± 2,2	3,6 ± 2,6	P = 0,09
SpO ₂ при госпіталізації, %	74,3 ± 23,6	62,7 ± 31,5	69,8 ± 31,3	P = 0,04
SpO ₂ на тлі кисневої підтримки у ВАІТ, %	44,7 ± 39,3	63,6 ± 33,9	56,4 ± 35,9	P = 0,03
CRP, мг/л	68 [39–89]	69 [40–86]	67 [63–88]	P < 0,001
Феритин, нг/мл	368 [212–732]	813 [421–950]	358 [266–1037]	P < 0,001
IL-6, пг/мл	69 [47–137]	62 [31–137]	83 [31–97]	P = 0,07
Прокальцитонін, нг/мл	0,36 [0,25–0,47]	0,47 [0,44–0,95]	0,82 [0,48–1,68]	P < 0,001
Госпітальна летальність, n (%)	59 (90,8)	73 (61,9)	35 (41,2)	P < 0,001

совано критично високий рівень летальності — 90,8 % (59 пацієнтів). Перехід до лікувальних доз НМГ (група 2) дозволив вірогідно знизити цей показник до 61,9 %. Найбільшу клінічну ефективність показала стратегія ескалаційної терапії із залученням нефракціонованого гепарину (група 3), за якої летальність становила 41,2 %. Успішне подолання гострої фази захворювання у групі 3 супроводжувалося більшою загальною тривалістю лікування у ВАІТ ($14,2 \pm 11,8$ порівняно з $3,1 \pm 2,3$ ліжко-дня у групі 1, $p < 0,001$), що пов'язано з виживанням пацієнтів і їх переходом до етапу тривалої респіраторної підтримки та стабілізації.

Одним із можливих патогенетичних механізмів, що може пояснювати нижчу ефективність профілактичних доз антикоагулянтів у частини пацієнтів, є порушення мікрореологічних властивостей крові та механізмів, пов'язаних з ефектом Фареуса — Ліндквіста, що знаходить своє відображення у динаміці гематологічних показників. При надходженні до ВАІТ рівні гемоглобіну, еритроцитів та гематокриту не мали статистично значущих відмінностей між групами. Проте в період розвитку піку імунотромбозу (5-та — 7-ма доба) у групі профілактичної терапії спостерігається стрімке вірогідне ($p < 0,05$) падіння рівня гемоглобіну до $96,0$ [75,2–102,0] г/л на 7-му добу. Одночасно фіксується зниження

кількості еритроцитів до $3,16 \times 10^{12}$ /л та гематокриту до $0,36$ л/л. З огляду на відсутність ознак явної макроскопічної крововтрати така динаміка показників червоної крові може бути пов'язана з порушенням мікроциркуляції, сладжуванням еритроцитів та розвитком мікросудинної коагулопатії, що узгоджується із сучасними уявленнями про COVID-19-асоційований імунотромбоз [6, 8, 19]. Профілактичні дози антикоагулянтів на тлі вираженого запалення (рівень СРБ 68 мг/л, феритину 368 нг/мл) не здатні запобігти утворенню капілярних мікротромбів, що підтверджено патоморфологічними дослідженнями легень при COVID-19 [1, 14, 15]. Ці зміни можуть супроводжуватися порушенням осрової міграції еритроцитів, зменшенням ефективності формування безклітинного пристінкового шару плазми та розвитком сладж-феномену, що потенційно обмежує реалізацію механізмів, пов'язаних з ефектом Фареуса — Ліндквіста.

Поглиблення мікросудинної коагулопатії тісно корелює з параметрами коагулограми. Прогресування генералізованого мікротромбозу у групі 1 супроводжується класичною коагулопатією споживання: медіана тромбоцитів на 5-ту добу критично знижується до $103,0 \times 10^9$ /л. Натомість лікувальна та ескалаційна тактики (групи 2 та 3) дозволяють утримати тромбоцити на значно безпеч-

Таблиця 2. Динаміка гемоглобіну (г/л) у групах антикоагулянтної терапії, Ме [Q25–Q75]

Часова точка спостереження	Група 1 (профілактичні дози НМГ), n = 65	Група 2 (лікувальні дози НМГ), n = 118	Група 3 (ескалаційна терапія), n = 85	P-value
Госпіталізація	123,5 [106,3–134,8]	133,5 [123,0–148,3]	133,0 [128,5–145,0]	$P > 0,05$
Переведення до ВАІТ	114,5 [80,0–132,5]	129,0 [114,0–144,0]	132,5 [118,5–139,8]	$P > 0,05$
3-тя доба перебування у ВАІТ	130,5 [94,8–155,8]	129,0 [122,0–143,0]	133,0 [127,0–147,0]	$P > 0,05$
5-та доба перебування у ВАІТ	103,5 [85,0–119,5]	132,0 [121,0–144,0]	136,0 [122,0–143,0]	$P_{1,2} < 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$ $p_{2,3} > 0,05$
7-ма доба перебування у ВАІТ	96,0 [75,2–102,0]	128,5 [114,8–143,3]	129,5 [89,0–138,0]	$P_{1,2} < 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$ $p_{2,3} > 0,05$
10-та доба перебування у ВАІТ	133,5 [101,5–161,0]	139,0 [131,0–148,0]	128,0 [116,0–140,8]	$P > 0,05$

Таблиця 3. Динаміка тромбоцитів ($\times 10^9$ /л)

Часова точка спостереження	Група 1 (профілактичні дози НМГ), n = 65	Група 2 (лікувальні дози НМГ), n = 118	Група 3 (ескалаційна терапія), n = 85	P-value
Госпіталізація	129,5 [80,5–194,5]	150,0 [112,8–296,3]	168,0 [124,0–231,0]	$P > 0,05$
Переведення до ВАІТ	216,0 [77,0–341,0]	208,7 [156,8–271,8]	248,6 [186,8–290,8]	$P > 0,05$
3-тя доба перебування у ВАІТ	168,0 [78,0–233,5]	216,5 [170,8–271,8]	234,0 [174,5–274,5]	$P > 0,05$
5-та доба перебування у ВАІТ	103,0 [65,0–176,3]	217,0 [131,5–286,0]	179,5 [162,5–233,5]	$P_{1,2} < 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$ $p_{2,3} > 0,05$
7-ма доба перебування у ВАІТ	201,0 [116,3–384,0]	223,0 [167,0–262,0]	121,0 [37,8–213,8]	$P_{1,2} > 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$ $p_{2,3} < 0,05$
10-та доба перебування у ВАІТ	245,0 [95,0–336,2]	228,0 [116,7–338,0]	197,0 [70,0–278,0]	$P > 0,05$

ніших рівнях ($217,0 \times 10^9/\text{л}$ та $179,5 \times 10^9/\text{л}$ відповідно, $p < 0,05$), запобігаючи їх виснаженню у тромбах.

Паралельно з погіршенням показників червоної крові у всіх групах відзначалося прогресуюче підвищення концентрації D-димера, що відображало активність процесів фібриноутворення та фібринолізу. Найвищі значення реєструвалися у пацієнтів з тяжким перебігом захворювання на тлі розвитку коагулопатії споживання, що узгоджується з важливою роллю імунотромбозу в розвитку мікроциркуляторних порушень при тяжкому COVID-19.

Отримані дані дозволяють припустити, що стандартна профілактика венозного тромбоемболізму у пацієнтів з тяжким перебігом COVID-19 є неадекватною відповіддю на патогенез захворювання. Отримані результати свідчать, що поряд із макросудинними тромботичними ускладненнями важливу роль у тяжкому перебігу COVID-19 можуть відігравати порушення мікроциркуляції та імунотромбоз. Масивний імунотромбоз може сприяти розвитку капілярного блоку, підвищенню локальної в'язкості крові та порушенню механізмів, пов'язаних з ефектом Фареуса — Ліндквіста. Ескалаційна антикоагулянтна терапія може обмежувати процеси мікротромбоутворення та сприяти кращому збереженню мікроциркуляції. Підтримання нормальної мікрореології дозволяє еритроцитам вільно перфузувати альвеолярні капіляри, розриваючи порочне коло рефрактерної тканинної гіпоксії, що потенційно може сприяти поліпшенню тканинної перфузії та клінічних результатів у критично хворих пацієнтів. Отримані нами результати надають патофізіологічне обґрунтування клінічним спостереженням, зафіксованим у великих міжнародних багатоцентрових дослідженнях, зокрема платформах REMAP-CAP, ACTIV-4a та ATTACC. Ці платформи виявили складну і неоднозначну картину застосування стандартних профілактичних доз антикоагулянтів, які часто виявлялися недостатніми для запобігання прогресуванню поліорганної дисфункції у реанімаційних пацієнтів. Наші дані свідчать, що висока летальність у цій когорті, ймовірно, була пов'язана з комплексом патофізіологічних механізмів, серед яких важливу роль могли відігравати порушення мікроциркуляції та імунотромбоз. Фундаментальні патоморфоло-

гічні дослідження (зокрема, M. Askermann та співавт.) продемонстрували, що частота мікротромбозу альвеолярних капілярів при COVID-19 у 9 разів перевищує аналогічні показники при класичному ГРДС [1], що відповідає сучасній концепції ендотеліопатії та імунотромбозу при COVID-19 [6, 7, 16, 19]. У контексті нашого дослідження цей масивний мікротромбоз може бути одним із факторів порушення механізмів, пов'язаних з ефектом Фареуса — Ліндквіста. Неконтрольоване утворення мікротромбів створює механічну перешкоду, через яку еритроцити втрачають здатність до осового потоку, що веде до сладж-синдрому і повної зупинки перфузії. Таким чином, збереження мікрореології за допомогою ескалаційної антикоагулянтної терапії (зниження летальності до 41,2 % у групі 3) асоціюється з поліпшенням клінічних результатів і може сприяти збереженню мікроциркуляції, що потребує підтвердження у подальших проспективних дослідженнях

Обмеженнями дослідження є його ретроспективний дизайн, одноцентровий характер, відсутність прямих методів оцінки мікрореології крові та мікроциркуляції, а також неможливість безпосереднього підтвердження втрати ефекту Фареуса. Запропонована концепція ґрунтується на аналізі непрямих лабораторних маркерів та потребує подальшої проспективної верифікації.

Висновки

У пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19 застосування профілактичних доз антикоагулянтів асоціювалося з вищою госпітальною летальністю та менш сприятливою динамікою гематологічних показників порівняно з інтенсивнішими режимами антикоагулянтної терапії, що підкреслює важливість персоналізованого підходу до вибору лікувальної тактики.

Прогресуюче зниження рівня гемоглобіну, кількості еритроцитів, гематокриту та тромбоцитів у процесі лікування може відображати розвиток мікросудинної коагулопатії та порушень мікроциркуляції при тяжкому COVID-19 і має братися до уваги під час клінічного моніторингу пацієнтів.

Виявлені зміни гематологічних показників узгоджуються з гіпотезою про порушення мікрореологічних властивостей крові, зокрема механізмів, пов'язаних з

Таблиця 4. Динаміка D-димера (мг/л) у групах антикоагулянтної терапії, Ме [Q25–Q75]

Часова точка спостереження	Група 1 (профілактичні дози НМГ), n = 65	Група 2 (лікувальні дози НМГ), n = 118	Група 3 (ескалаційна терапія), n = 85	P-value
Госпіталізація	0,38 [0,34–1,02]	0,99 [0,39–1,86]	0,91 [0,42–2,36]	P > 0,05
Переведення до ВАІТ	5,01 [2,80–5,94]	2,32 [1,32–7,22]	7,04 [1,25–10,00]	P > 0,05
3-тя доба перебування у ВАІТ	7,27 [6,14–10,00]	3,42 [1,28–7,85]	6,52 [4,53–10,00]	P > 0,05
5-та доба перебування у ВАІТ	8,50 [3,14–9,20]	9,30 [4,62–10,00]	10,00 [5,99–10,00]	P > 0,05
7-ма доба перебування у ВАІТ	2,34 [2,01–6,17]	5,37 [3,20–9,62]	7,00 [4,38–10,00]	P _{1,2} > 0,05 p _{1,3} < 0,05 p _{2,3} < 0,05
10-та доба перебування у ВАІТ	8,10 [7,15–9,05]	6,08 [1,16–10,00]	3,64 [2,08–9,76]	P > 0,05

ефектом Фареуса — Ліндквіста. Водночас ці висновки ґрунтуються на непрямих даних і потребують підтвердження у проспективних дослідженнях із використанням методів прямої оцінки мікроциркуляції та реологічних властивостей крові.

Ескалаційна антикоагулянтна терапія асоціювалася з нижчою госпітальною летальністю та більш сприятливим збереженням показників червоної крові й тромбоцитарної ланки гемостазу порівняно з профілактичним режимом, що свідчить про перспективність персоналізованої стратегії антикоагуляції у пацієнтів із тяжким перебігом COVID-19.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження виконано без залучення зовнішнього фінансування. Робота не отримувала грантової підтримки від державних, комерційних або неприбуткових організацій.

Внесок авторів. Мазур О.М. — концептуалізація та дизайн дослідження, розробка методології, збір та первинна обробка клінічних даних, проведення статистичного аналізу, підготовка початкового проекту рукопису; Ткаченко Р.О. — інтерпретація результатів дослідження, критичний перегляд рукопису на наявність важливого інтелектуального контенту, фінальна редакція та затвердження остаточної версії для публікації.

Список літератури

- Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, Haverich A, Welte T, Laenger F, et al. Pulmonary Vascular Endothelialitis, Thrombosis, and Angiogenesis in COVID-19. *N Engl J Med*. 2020 Jul 9;383(2):120-128. doi: 10.1056/NEJMoa2015432. Epub 2020 May 21. PMID: 32437596; PMCID: PMC7412750.
- REMAP-CAP Investigators; ACTIV-4a Investigators; ATTACC Investigators; Goligher EC, Bradbury CA, McVerry BJ, Lawler PR, Berger JS, Gong MN, et al. Therapeutic Anticoagulation with Heparin in Critically Ill Patients with COVID-19. *N Engl J Med*. 2021 Aug 26;385(9):777-789. doi: 10.1056/NEJMoa2103417. Epub 2021 Aug 4. PMID: 34351722; PMCID: PMC8362592.
- Joob B, Wiwanitit V. Blood viscosity of COVID-19 patient: a preliminary report. *Am J Blood Res*. 2021 Feb 15;11(1):93-95. PMID: 33796395; PMCID: PMC8010604.
- Valencia I, Lumpuy-Castillo J, Magalhaes G, Sánchez-Ferrer CF, Lorenzo Ó, Peiró C. Mechanisms of endothelial activation, hypercoagulation and thrombosis in COVID-19: a link with diabetes mellitus. *Cardiovasc Diabetol*. 2024 Feb 20;23(1):75. doi: 10.1186/s12933-023-02097-8. PMID: 38378550; PMCID: PMC10880237.
- Mangoni AA, Zinellu A. Systemic inflammation index, disease severity, and mortality in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Front Immunol*. 2023 Jun 21;14:1212998. doi: 10.3389/fimmu.2023.1212998. PMID: 37415980; PMCID: PMC10320859.
- Bonaventura A, Vecchié A, Dagna L, Martinod K, Dixon DL, Van Tassel BW, et al. Endothelial dysfunction and immunothrombosis as key pathogenic mechanisms in COVID-19. *Nat Rev Immunol*. 2021 May;21(5):319-329. doi: 10.1038/s41577-021-00536-9. Epub 2021 Apr 6. PMID: 33824483; PMCID: PMC8023349.
- Perico L, Benigni A, Casiraghi F, Ng LFP, Renia L, Remuzzi G. Immunity, endothelial injury and complement-induced coagulopathy in COVID-19. *Nat Rev Nephrol*. 2021 Jan;17(1):46-64. doi: 10.1038/s41581-020-00357-4. Epub 2020 Oct 19. PMID: 33077917; PMCID: PMC7570423.
- Iba T, Levy JH, Levi M, Connors JM, Thachil J. Coagulopathy of Coronavirus Disease 2019. *Crit Care Med*. 2020 Sep;48(9):1358-1364. doi: 10.1097/CCM.0000000000004458. PMID: 32467443; PMCID: PMC7255402.
- Connors JM, Levy JH. COVID-19 and its implications for thrombosis and anticoagulation. *Blood*. 2020 Jun 4;135(23):2033-2040. doi: 10.1182/blood.2020060000. PMID: 32339221; PMCID: PMC7273827.
- Thachil J, Tang N, Gando S, Falanga A, Cattaneo M, Levi M, et al. ISTH interim guidance on recognition and management of coagulopathy in COVID-19. *J Thromb Haemost*. 2020 May;18(5):1023-1026. doi: 10.1111/jth.14810. Epub 2020 Apr 27. PMID: 32338827; PMCID: PMC9906133.
- Sloop GD, De Mast Q, Pop G, Weidman JJ, St Cyr JA. The Role of Blood Viscosity in Infectious Diseases. *Cureus*. 2020 Feb 24;12(2):e7090. doi: 10.7759/cureus.7090. PMID: 32226691; PMCID: PMC7096068.
- Ciceri F, Beretta L, Scandroglio AM, Colombo S, Landoni G, Ruggeri A, et al. Microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome (MicroCLOTS): an atypical acute respiratory distress syndrome working hypothesis. *Crit Care Resusc*. 2020 Apr 15;22(2):95-97. doi: 10.51893/2020.2.pov2. Epub ahead of print. PMID: 32294809; PMCID: PMC10692450.
- Becker RC. COVID-19 update: COVID-19-associated coagulopathy. *J Thromb Thrombolysis*. 2020;50:54-67. <https://doi.org/10.1007/s11239-020-02134-3>.
- McFadyen JD, Stevens H, Peter K. The Emerging Threat of (Micro)Thrombosis in COVID-19 and Its Therapeutic Implications. *Circ Res*. 2020 Jul 31;127(4):571-587. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.120.317447. Epub 2020 Jun 26. PMID: 32586214; PMCID: PMC7386875.
- Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*. 2020 May 2;395(10234):1417-1418. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30937-5. Epub 2020 Apr 21. PMID: 32325026; PMCID: PMC7172722.
- Goshua G, Pine AB, Meizlish ML, Chang CH, Zhang H, Bahel P, et al. Endotheliopathy in COVID-19-associated coagulopathy: evidence from a single-centre, cross-sectional study. *Lancet Haematol*. 2020 Aug;7(8):e575-e582. doi: 10.1016/S2352-3026(20)30216-7. Epub 2020 Jun 30. PMID: 32619411; PMCID: PMC7326446.
- Gupta A, Madhavan MV, Sehgal K, Nair N, Mahajan S, Sehrawat TS, et al. Extrapulmonary manifestations of COVID-19. *Nat Med*. 2020 Jul;26(7):1017-1032. doi: 10.1038/s41591-020-0968-3. Epub 2020 Jul 10. PMID: 32651579; PMCID: PMC11972613.
- Jose RJ, Manuel A. COVID-19 cytokine storm: the interplay between inflammation and coagulation. *Lancet Respir Med*. 2020 Jun;8(6):e46-e47. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30216-2. Epub 2020 Apr 27. PMID: 32353251; PMCID: PMC7185942.
- Levi M, Thachil J, Iba T, Levy JH. Coagulation abnormalities and thrombosis in patients with COVID-19. *Lancet Haematol*. 2020 Jun;7(6):e438-e440. doi: 10.1016/S2352-3026(20)30145-9. Epub 2020 May 11. PMID: 32407672; PMCID: PMC7213964.
- von Meijenfeldt FA, Havervall S, Adelmeijer J, Lundström A, Magnusson M, Mackman N, et al. Sustained prothrombotic changes

in COVID-19 patients 4 months after hospital discharge. *Blood Adv.* 2021 Feb 9;5(3):756-759. doi: 10.1182/bloodadvances.2020003968. PMID: 33560386; PMCID: PMC7857699.

21. Pretorius E, Vlok M, Venter C, Bezuidenhout JA, Laub-scher GJ, Steenkamp J, et al. Persistent clotting protein pathology in Long COVID/Post-Acute Sequelae of COVID-19 (PASC) is accompanied by increased levels of antiplasmin. *Cardiovasc Diabetol.* 2021 Aug 23;20(1):172. doi: 10.1186/s12933-021-01359-7. PMID: 34425843; PMCID: PMC8381139.

22. Brubaker LS, Saini A, Nguyen TC, Martinez-Vargas M, Lam FW, Yao Q, et al. Aberrant Fibrin Clot Structure Visualized Ex

Vivo in Critically Ill Patients With Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Infection. *Crit Care Med.* 2022 Jun 1;50(6):e557-e568. doi: 10.1097/CCM.0000000000005465. Epub 2022 Feb 16. PMID: 35170535; PMCID: PMC9112654.

23. Sastry S, Cuomo F, Muthusamy J. COVID-19 and thrombosis: The role of hemodynamics. *Thromb Res.* 2022 Apr;212:51-57. doi: 10.1016/j.thromres.2022.02.016. Epub 2022 Feb 23. PMID: 35219932; PMCID: PMC8864963.

Отримано/Received 29.06.2026

Рецензовано/Revised 09.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 20.07.2026

Information about authors

Oksana Mazur, PhD-student, Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: dr.oksana.mazur@gmail.com; phone: +380 (66) 289-45-10; Bila Tserkva City Hospital 2, Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine; <http://orcid.org/0009-0003-0763-3978>

Ruslan Tkachenko, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: hexenal63@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2714-8147>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The research was conducted without external funding. The work did not receive grant support from government, commercial, or non-profit organizations.

Authors' contribution. O.M. Mazur — conceptualization and design of the study, development of methodology, collection and initial processing of clinical data, statistical analysis, preparation of the initial draft of the manuscript; R.O. Tkachenko — interpretation of research results, critical revision of the manuscript for important intellectual content, final editing and approval of the final version for publication.

O.M. Mazur^{1,2}, R.O. Tkachenko¹

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Bila Tserkva City Hospital 2, Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine

Microrheological aspects of severe COVID-19: relationship with anticoagulant therapy and possible disorders of the Fåhræus-Lindqvist effect

Abstract. Background. Severe COVID-19 is characterized by endothelial dysfunction, immunothrombosis, and microvascular coagulopathy, which play a pivotal role in the development of multiple organ failure and increased mortality. Despite the widespread use of anticoagulant therapy, the optimal intensity of its use in critically ill patients remains controversial. Particular attention has been directed toward microrheological disturbances that may be associated with alterations in red blood cell parameters and impaired tissue perfusion. Objective: to evaluate the relationship between changes in hemogram parameters, hemostatic indices, and the intensity of anticoagulant therapy in patients with severe COVID-19, and to investigate the potential association between impaired blood microrheology and adverse clinical outcomes. **Materials and methods.** A retrospective study included 268 patients with severe COVID-19 who were treated in the intensive care unit of Bila Tserkva City Hospital 1 in 2021. They were divided into three groups according to the anticoagulant regimen: prophylactic-dose low-molecular-weight heparin (LMWH), therapeutic-dose LMWH, and escalated anticoagulation using LMWH combined with unfractionated heparin. Changes in hemoglobin, erythrocyte, platelet count, coagulation parameters, D-dimer levels, and clinical outcomes were evaluated. Statistical analysis was performed using SPSS Statistics version 26.0. **Results.** The use of prophylactic-dose anticoagulation was

associated with the highest in-hospital mortality (90.8 %) and the most pronounced decline in hemoglobin, erythrocyte, and platelet levels during treatment. Transition to therapeutic and escalation anticoagulation regimens was associated with significant reductions in mortality to 61.9 and 41.2 %, respectively, along with better preservation of hematological parameters. These findings suggest a potential association between progressive microvascular coagulopathy, impaired blood microrheology, and unfavorable clinical outcomes.

Conclusions. In patients with severe COVID-19, prophylactic-dose anticoagulation was associated with higher in-hospital mortality and unfavorable hematological dynamics compared to more intensive anticoagulation strategies. Progressive decreases in hemoglobin, erythrocyte, hematocrit, and platelet count may reflect the development of microvascular coagulopathy and impaired microcirculation. The observed findings are consistent with the hypothesis that alterations in blood microrheology and mechanisms related to the Fåhræus-Lindqvist effect may contribute to disease progression; however, this concept requires confirmation in prospective studies employing direct assessment of microcirculation.

Keywords: COVID-19; immunothrombosis; anticoagulant therapy; microcirculation; blood microrheology; Fåhræus-Lindqvist effect; D-dimer; low-molecular-weight heparins; microvascular coagulopathy; intensive care unit

УДК 616-001.17:616-073

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2047>Олійник Г.А.¹, Шустакова Г.В.², Фоменко Ю.В.², Гордієнко Е.Ю.², Кравцов О.В.^{3,4}, Грязін О.Є.¹¹Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна²Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б.І. Веркіна НАН України, м. Харків, Україна³ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т. Зайцева НАМН України», м. Харків, Україна⁴КНП «Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги імені проф. О.І. Мещанінова», м. Харків, Україна

Тепловізійна оцінка тяжкості термічної травми на етапах спеціалізованого лікування

Резюме. Актуальність. Інфрачервона термографія визнається корисним допоміжним методом оцінки опікових ран, хоча кількісна інтерпретація термограм залишається недостатньо стандартизованою та потребує вдосконалення. **Мета дослідження:** оптимізувати обробку термограм, встановити температурні критерії для диференціації ділянок опіків різної глибини та розробити практичну методику термографічної оцінки та моніторингу опікових ран. **Матеріали та методи.** Дослідження проводилося в опіковому відділенні Харківської міської клінічної лікарні невідкладної та екстреної медичної допомоги імені професора О.І. Мещанінова протягом 2021–2025 років. Було періодично термографовано 192 пацієнтів з опіками різної етіології, локалізації, глибини та ступеня. Дані 121 пацієнта (295 опікових ран), обстежених у перші три доби після опіку, використано для розробки діагностичного тесту та визначення температур відсікання глибоких, межових та поверхневих опіків. Використовувалися непараметричні статистичні методи та ROC-аналіз. **Результати.** Термічні параметри, отримані з опіків різної глибини, продемонстрували статистично значущі відмінності та дозволили розробити двопороговий класифікаційний підхід. ROC-аналіз визначив порогове значення температури $\Delta T_{\text{cut-off}} = -2,3^\circ\text{C}$ для диференціації глибоких опіків від інших травм, з чутливістю 83,3 %, специфічністю 88,9 %, $AUC = 0,954$. Порогове значення $\Delta T_{\text{cut-off}} = 0^\circ\text{C}$ диференціювало поверхневі опіки від інших травм з чутливістю 72,7 %, специфічністю 89,5 % та $AUC = 0,931$. На основі результатів діагностичного тесту було розроблено методику оптимізованої обробки термограм, яка дозволяє підвищити точність оцінки опікової рани. **Висновки.** Запропонована методика поліпшує кількісну інтерпретацію термограм та підвищує точність оцінки опікових ран. Її застосування може сприяти плануванню лікувальної тактики та здійсненню термографічного контролю перебігу ранового процесу на різних етапах надання медичної допомоги.

Ключові слова: термічна травма; глибина опіку; інфрачервона термографія

Вступ

Актуальність проблеми опікової травми в мирний час визначається її частотою (3–4-те місце у структурі травматизму), складністю, тривалістю, високою вартістю та значною кількістю незадовільних результатів лікування поширених глибоких опіків [1, 2]. Ситуація ускладнюється в умовах надзвичайних ситуацій та в період бойових дій. Опіків зазнають як військовослужбовці, так і цивільне населення, яке потерпає від пожеж, спричинених обстрілами населених пунктів, а також від

наслідків вимушеного проживання в умовах пошкодженої енергетичної інфраструктури [3].

Наявність значних за площею поверхневих опіків (до 25 % поверхні тіла), глибоких опіків (до 10 % поверхні тіла) зумовлює розвиток опікової хвороби, в результаті якої вражаються всі органи і системи організму з можливим формуванням поліорганної недостатності, яка може стати причиною загибелі хворого [4, 5]. Від площі та глибини опікового ушкодження залежить процес загоєння рани [6], а їх визначення у ранні терміни

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanij»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Олійник Григорій Анатолійович, доктор медичних наук, професор, кафедра хірургії № 5, ННІ післядипломної освіти, Харківський національний медичний університет, просп. Науки, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: griol54@meta.ua; тел.: +380 (50) 638-93-40

For correspondence: Hryhorii A. Oliinyk, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery 5, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Nauky ave., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: griol54@meta.ua; phone: +380 (50) 638-93-40

Full list of authors information is available at the end of the article.

після травми відіграє суттєву роль в діагностиці опікової хвороби.

Тяжкість опікової травми оцінюють у перші три доби після її отримання через показники ступеня (глибини) опіку або пов'язаного з ними потенціалу загоєння рани τ , який означає кількість днів, необхідних для самостійного загоєння рани. Точність і своєчасність оцінки мають велике значення, адже від цього залежить подальша стратегія лікування. Так, поверхневі дермальні опіки (I–IIA ст., $\tau < 14$ діб) лікуються консервативно, глибокі опіки (IIB–III ст., $\tau \geq 21$ доби) потребують хірургічного втручання (дермопластики), тоді як так звані межові опіки (IIA–IIB ст., $14 < \tau < 21$ доби), які займають проміжне положення між очевидно поверхневими й очевидно глибокими ураженнями, з огляду на можливість поглиблення рани часто потребують додаткового спостереження протягом 5–7 діб для уточнення лікувальної тактики.

Серед наявних методів оцінки глибини опіків [7, 8] стандартизованими є: суб'єктивна клінічна оцінка на основі візуальних характеристик рани, яка має діагностичну точність 60–75 % залежно від досвіду комбустіолога [9, 10]; спиртова проба (лише для діагностики в обмежених ділянках); лазерна доплерографія (LDI — Laser Doppler Imaging) [11] — об'єктивний інструментальний метод з високою діагностичною точністю (92,3 %), за даними Wearn et al. [12]. Але LDI має низку недоліків, а її використання у клінічних умовах, зокрема в екстремальних ситуаціях, супроводжується труднощами.

Оскільки температура поверхні опіку корелює з залишком перфузії та/або втратою клітинного метаболізму в некротичній тканині, інфрачервона термографія (IRT — Infrared Imaging) вважається перспективним інструментальним методом оцінки глибини опіків [9, 10], точність якого оцінюється на рівні 70 % (наприклад, 71,2 % — за даними Wearn et al. [12]). Також слід зазначити неінвазивність, дистанційність, миттєвий результат, простоту процесів термографування й аналізу термограм (не потребують окремого фахівця), а також доступну вартість та компактність і мобільність сучасних тепловізорів. Усе це має сприяти широкому впровадженню методу в опікові центри і навіть використанню для експрес-діагностики опіків безпосередньо на місці пожежі.

Але, незважаючи на позитивну оцінку численних досліджень можливостей IRT у комбустіології [7–10, 12–18], метод досі не стандартизований, і саме відсутність відповідного клінічного протоколу або SOP (Standard Operation Procedures) стримує клінічне впровадження IRT. Принципова причина складності стандартизації криється у функціональності IRT, що спричиняє неоднозначність інтерпретації теплового поля опіку, яке є відбитком не тільки рівня залишкової перфузії обпаленої тканини, а й багатьох інших процесів і факторів. Ситуація ускладнюється через значні розміри, гетерогенність та ризик інфікування опікових ран, що заважає застосуванню загальних рекомендацій і правил використання IRT у медицині [19]. Автори пропонують свій підхід до оптимізації процесів отримання та аналізу термограм опікових ран, спрямований на мінімізацію

впливу факторів, які знижують точність оцінки стану рани.

Мета: дослідити і визначити температурні параметри термічного ушкодження при поверхневих, межових і глибоких опіках за розробленою методикою кількісного аналізу термограм та провести моніторинг стану опікових ран на етапах спеціалізованого лікування.

Матеріали та методи

Проспективне позовжнє когортне дослідження було проведено протягом 2021–2025 років на базі опікового відділення КНП «Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І. Мещанінова» Харківської міської ради. До дослідження були включені дорослі пацієнти, які проходили лікування у відповідний час і дали інформовану письмову згоду на участь у дослідженні. Критерієм виключення було гостре порушення мозкового кровообігу у постраждалого. Неінвазивні дистанційні дослідження були схвалені етичним комітетом Міської клінічної лікарні швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І. Мещанінова (протоколи № 1 від 13.01.2021 р. та № 6 від 28.09.2023 р.).

Усього обстежено 192 пацієнтів із 328 опіковими ранами різної етіології, глибини, локалізації та площі ураження. Серед пацієнтів було 153 чоловіки й 39 жінок. Середній вік пацієнтів становив 47 років (від 20 до 91 року). 118 пацієнтів отримали опіки полум'ям (61,5 %), 65 — опікування окропом (34 %), 5 — електричні опіки (2,5 %), 3 — контактні опіки (1,5 %), 1 — променеви опік (0,5 %).

121 пацієнта було обстежено у перші три доби після опіку; дані отриманих термограм використовувалися для розробки прогностичної моделі диференціації ступеня ушкодження та визначення порогових температур відсікання глибоких, межових та поверхневих опіків один від одного, а також для уточнення діагнозу опікового шоку та оцінки результатів протишокової терапії (регрес опікових ран). З них 46 пацієнтів, яким було встановлено діагноз опікового шоку за об'єктивними ознаками (площа поверхового опіку більше 25 % TBSA (Total Body Surface Area) та більше 10 % TBSA глибокого пошкодження), були обстежені в умовах відділення реанімації та інтенсивної терапії. Інші 75 постраждалих, обстежені у перші три доби, мали локальні опікові рани площею до 10–15 % TBSA; у них вивчали динаміку стану опікових ран у процесі превентивної інфузійно-трансфузійної та антибактеріальної терапії. У 18 (26 %) хворих при обстеженні в період трьох діб після травми виявлені похибки в діагностиці площі та глибини опікових ран при використанні загальноприйнятих методик діагностики, що не дозволило своєчасно діагностувати прояви опікової хвороби у хворих. Термографічне дослідження виявило «мозаїчну» картину опікових ран з наявністю ділянок глибокого ушкодження, що сприяло перегляду тактики протишокової інфузійно-трансфузійної терапії.

У решти пацієнтів (71 особа), які вже перебували в клініці на момент початку кожного етапу тепловізійного обстеження, опікові рани були на різних стадіях віднов-

ного та реконструктивного лікування. Вони термографувалися для оцінки динаміки відновлення втраченого шкірного покриву та виявлення ускладнень перебігу ранового процесу.

Для обстеження пацієнтів методом пасивної IRT використовувалася інфрачервона камера на базі неохолоджуваної матриці (384×288) елементів з температурною чутливістю $0,07^\circ\text{C}$ в спектральному діапазоні 7–14 мкм та просторовою роздільною здатністю 1 мілірадіан. Прилад, призначений для використання у клінічних умовах, мав можливість автономної роботи протягом 4 годин, а також конструкцію, що дозволяла однією рукою тримати його й керувати ним за допомогою джойстика (рис. 1). Термограми відображалися на вбудованому екрані, записувалися на картку пам'яті (SD) і потім переносилися на жорсткий диск ПК для аналізу. Перед початком кожного етапу досліджень камера проходила тестування на метрологічному стенді Fluke Portable Infrared Calibrator 9133 (Fluke Corporation, USA), а перед кожною термографічною сесією — перевірку параметрів, як джерело еталонної температури використовувалася модель абсолютно чорного тіла з поверхневою випромінювальною здатністю 0,98 (як у шкірі людини).

При аналізі термограм використовувалася відносна шкала температур, тобто температура досліджуваної ділянки рани — ділянки інтересу (ROI — Region of Interest) — порівнювалася з температурою еталонної ділянки здорової шкіри (REF — Reference). Такий підхід дозволяв виключити індивідуальні особливості терморегуляції пацієнта і циклічні коливання температури тіла, а також зменшував похибку вимірювання тепловізором абсолютних температур $\delta \approx \pm 0,7^\circ\text{C}$ до похибки вимірювання відносних температур $\delta \approx \pm 0,1^\circ\text{C}$ (рівень природних коливань теплового фону приміщення). За можливості, враховуючи теплову симетричність тіла здорової людини [20, 21], використовували критерій теплової асиметрії (TAC — Thermal Asymmetry Criterion), при якому еталонна ділянка обиралася контрлатерально до ділянки інтересу. Якщо через розташування або розмір рани застосувати TAC було неможливо, еталонна ділянка обиралася в прилеглих до рани здорових тканинах.

Діагностику глибини рани за температурою її поверхні проводили протягом перших трьох діб після опі-

ку. Як еталон використовували остаточний клінічний діагноз, уточнений через 3–4 тижні після отримання опіку. Дані опікових ран пацієнтів, обстежених у перші три доби після опіку, було проаналізовано статистично. Використовували непараметричні методи, що було зумовлено відхиленням розподілу показника відносної температури рани від нормального, встановленим за критерієм Колмогорова — Смірнова, а також наявністю категоріальних змінних. Для опису кількісних даних використовували медіану та міжквартильний інтервал (Q1–Q3), тоді як категоріальні дані подавали у вигляді абсолютних частот із відповідними 95% довірчими інтервалами, розрахованими за методом Клоппера — Пірсона. Групи, сформовані за ступенем ураження тканин, порівнювали між собою за допомогою критерію Манна — Уїтні. Аналіз взаємозв'язків між показниками проводили з використанням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена; отримані значення трактували згідно зі шкалою Чеддока.

Порогове значення температури відсікання груп опіків між собою за глибиною $\Delta T_{\text{cut-off}}$ визначали шляхом оцінки діагностичної ефективності моделі через аналіз співвідношення чутливості та специфічності з застосуванням індексу Юдена; при цьому акцент робили на забезпеченні високої специфічності відповідно до вимог лікарів-комбустіологів. Якість моделі та її прогностичний потенціал визначали за результатами ROC-аналізу з подальшим розрахунком площі під кривою (AUC). Окремо оцінювали узгодженість прогнозів за допомогою коефіцієнта каппа Коена (κ). Порогом статистичної значущості вважали значення $p < 0,05$. Усі розрахунки виконували в середовищах Statistica 12.5 та Microsoft Excel 2019.

Вибірка даних тепловізійного моніторингу перебігу ранового процесу та виявлення ускладнень мала недостатню статистичну потужність, тому наведені результати щодо моніторингу загоєння мають попередній характер і потребують подальшого підтвердження.

Результати

1. Діагностичний тест

Дані теплових параметрів 295 опікових ран 121 пацієнта, обстежених у перші три доби після опіку, були розподілені на 3 групи відповідно до клінічної оцінки глибини опіків: глибоких, межових та поверхневих. Тест Краскела — Уолліса (статистика $H = 6,8$; $p < 0,001$) підтвердив статистичну вірогідність відмінностей у цих групах. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена виявив сильний прямий зв'язок між відносною температурою ділянки інтересу ΔT_{ROI} та клінічною оцінкою глибини опіку ($r_s = 0,815$; $p < 0,001$). За результатами аналізу чутливості та специфічності моделі встановлено оптимальні значення порогової температури відсікання: для ідентифікації очевидно глибоких опіків $\Delta T_{\text{cut-off}} = -2,3^\circ\text{C}$ (чутливість 83,3 %, специфічність 88,9 %; $AUC = 0,954$, $p < 0,001$), для відмежування очевидно поверхневих опіків $\Delta T_{\text{cut-off}} = 0^\circ\text{C}$ (чутливість 72,7 %, специфічність 89,5 %; $AUC = 0,931$, $p < 0,001$). Ці результати отримані на основі статистично значущого аналізу та підтверджують відтворюваність і діагностичну цінність запропо-



Рисунок 1. Зовнішній вигляд інфрачервоної камери

нованих порогових значень у досліджуваній вибірці. На підставі отриманих порогових значень був побудований діагностичний тест, який став основою для розробки відповідної методики.

2. Методика тепловізійної оцінки тяжкості термічного ураження та подальшого контролю його перебігу

Розроблена методика тепловізійної оцінки тяжкості термічного ураження та подальшого контролю його перебігу визначає оптимальний алгоритм дій та способів проведення тепловізійним методом оцінки глибини опіків та подальшого кількісного моніторингу ранового процесу і спрямована на мінімізацію впливу факторів, які знижують точність оцінки стану рани. Нижче наведено деякі ключові моменти методики, ілюстровані конкретними прикладами (рис. 2–13), на яких ROI та REF позначені суцільними й пунктирними прямокутниками відповідно, а ділянка, яка за термографічною оцінкою потребує дермопластики, окреслена суцільною кривою.

Термографування. Згідно з методикою, для тепловізійного обстеження пацієнтів з опіками використовуються верифіковані тепловізори з кількістю елементів матриці не менше 160×120 , температурною чутливістю не більше $0,1^\circ\text{C}$ та програмним забезпеченням з функціями вимірювання температури в обраній точці та середньої/максимальної/мінімальної температури у виділеній ділянці теплого зображення. Початкове термографування проводиться у перші три доби після опіку (нульова тепловізійна сесія), наступне — через тиждень після отримання опіку (перша тепловізійна сесія) і потім раз у тиждень (або частіше за необхідності) протягом перебування пацієнта у клініці. Для ран з ризиком інфікування запис термограми на носій пам'яті проводиться через 2 хв після висушування рани, при цьому еталонна ділянка знаходиться у відкритому стані протягом всіх процедур з раною; для інших ран (поверхневих або зарубцьованих) — після 15-хвилинної адаптації рани й еталонної ділянки у відкритому стані. Запис теплового зображення проводиться з відстані 1–2 м залежно від поля зору тепловізора так, щоб у кадрі одночасно спостерігалася рана та еталонна ділянка (рис. 2). У тому ж ракурсі робиться фотографія. Обрані на нульовій сесії ракурс та відстань залишаються незмінними у всіх наступних тепловізійних сесіях.

Діагностика глибини опіку за термограмою. Термограма, отримана на нульовій сесії, завантажується в про-

граму для аналізу термограм, і за допомогою відповідних функцій обирається кольорова палітра та температурний діапазон. Програмно вимірюється максимальна ($T_{\max}$) та мінімальна ($T_{\min}$) температури рани і оцінюється

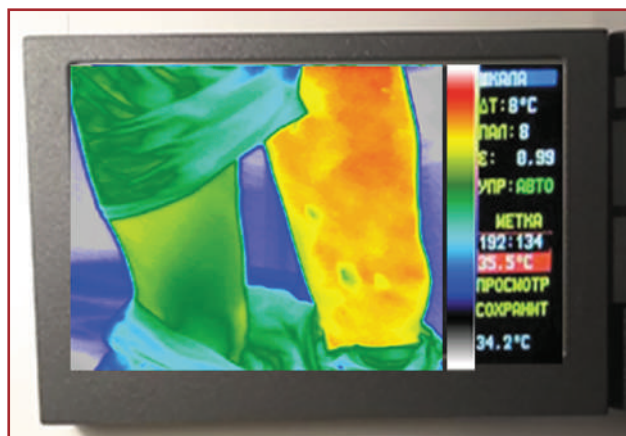


Рисунок 2. Зображення на екрані тепловізора перед записом термограми (у кадрі спостерігається рана та еталонна ділянка)

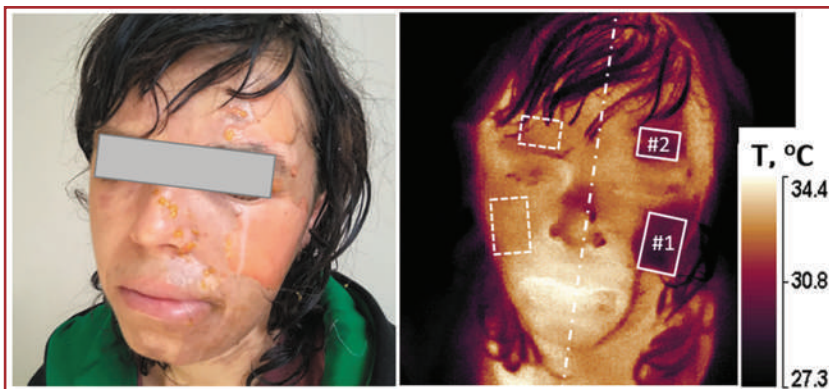


Рисунок 3. Оцінка глибини опікової рани за термограмою з використанням ТАС. Стан через 0,5 доби після ошпарювання ІІБ ступеня лівої частини обличчя 1 % ТБСА. ($\Delta T_{ROI0} = -2,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ для ROI #1; ($\Delta T_{ROI0} = -1,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ для ROI #2 (похибка мінімальна). І хоча візуально опіки на щоці й лобі виглядають однаково (клінічна оцінка ступеня ІІБ), отримані відносні температури свідчать про очевидно глибокий опік на щоці: ($\Delta T_{ROI0} \leq -2,4^\circ\text{C}$ (ІІІ ст.) та межовий опік на лобі: $0^\circ\text{C} > (\Delta T_{ROI0}) \geq -2,4^\circ\text{C}$ (ІІБ ст.)

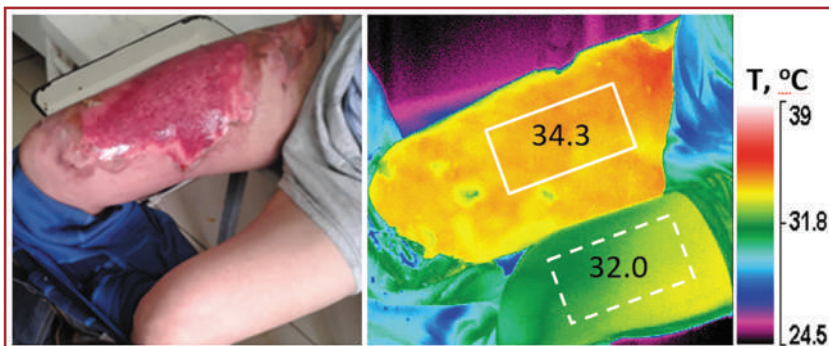


Рисунок 4. Оцінка глибини опікової рани за термограмою з використанням ТАС. Стан через 2,5 доби після ошпарювання ІІА ступеня передньої поверхні правого стегна 7 % ТБСА. ($\Delta T_{ROI0} = 2,3 \pm 0,2^\circ\text{C}$ — поверхневий опік. Похибка вимірювання відносних температур ділянок інтересу підвищується через значний набряк стегна

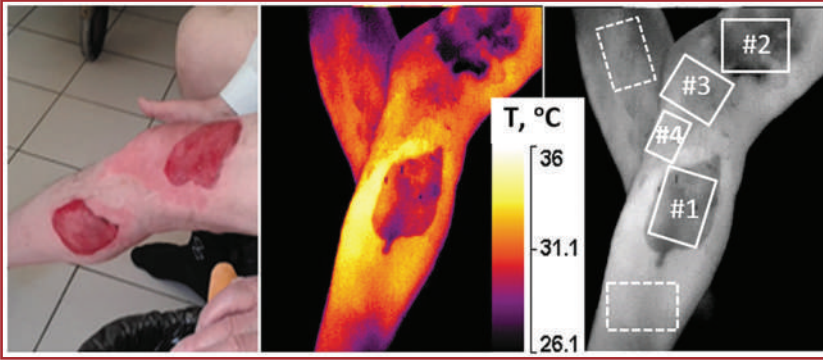


Рисунок 5. Оцінка глибини опікової рани з використанням комбінованого підходу до вибору еталонних ділянок. Опік окропом ІІА–ІІБ ступеня лівої гомілки і стегна 2/1 % TBSA. Стан на 3-тю добу після опіку. Візуально обидві уражені ділянки виглядають схоже. Термографія показує відмінність у глибині опіку на цих ділянках. $(\Delta T_{ROI})_0 = -1,2 \pm 0,1$ °C для ROI #1, що відповідає межовому опіку і збігається з клінічною оцінкою (ступінь ІІА–ІІБ). $(\Delta T_{ROI})_0 = -2,5 \pm 0,1$ °C для ROI #2, що свідчить про глибокий опік (ступінь ІІІА) і потребує дермопластики. Інші ділянки опіку (ROI #3, 4) мають $(\Delta T_{ROI})_0 = (0,3-0,8) \pm 0,1$ °C, що свідчить про поверхневий опік

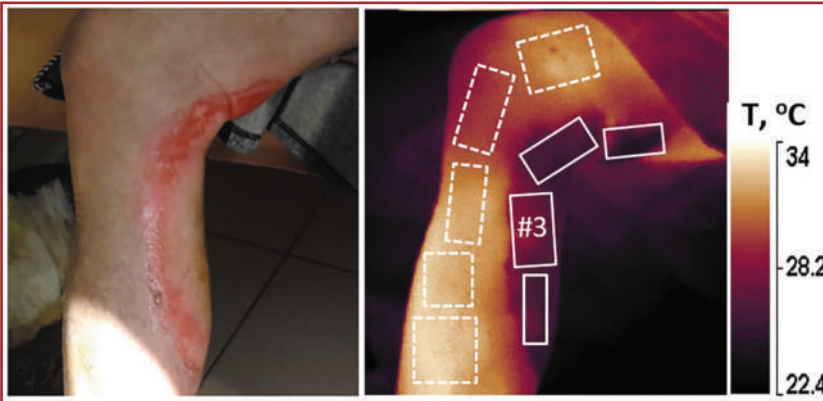


Рисунок 6. Оцінка глибини опікової рани за термограмою за неможливості використання ТАС. Стан через 1 добу після опіку полум'ям ІІІ ст. внутрішньої сторони правої гомілки та стегна 3 % TBSA. Вимірювали загальну середню температуру максимальної кількості REFs у прилягаючих до рани здорових ділянках. Тоді, наприклад, для ROI #3: $(\Delta T_{ROI})_0 = -2,6 \pm 0,2$ °C. Відносні температури інших ROIs також «холодніше» порогу відсікання $(\Delta T_{ROI})_0 < -2,4$ °C, що свідчить про глибокий опік всієї рани і підтверджує клінічну оцінку

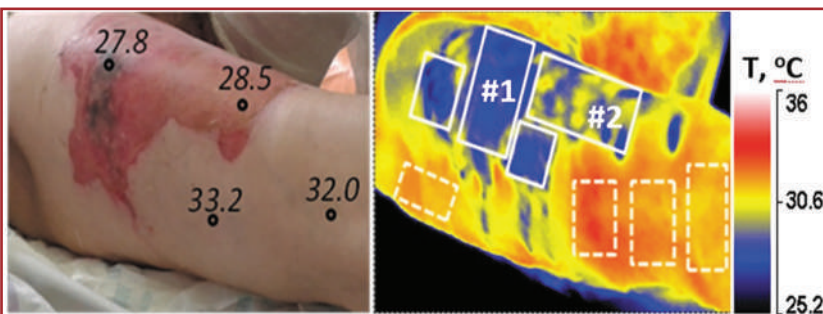


Рисунок 7. Оцінка глибини опікової рани за термограмою за неможливості використання ТАС. Стан через 2,5 доби після опшпарювання ІІБ–ІІІ ст. передпліччя та кисті правої руки, обох стегон та правої гомілки 20/10 % TBSA. На фотографії відзначено розкид абсолютних температур на поверхні рани та здорових оточуючих тканин. Загальна середня температура обраних еталонних ділянок становить $T_{REF} = 32,3$ °C. Тоді $(\Delta T_{ROI})_0 = -2,6$ °C для ROI #1 (глибокий опік, ступінь ІІІА–ІІІБ) і $(\Delta T_{ROI})_0 = -1,8$ °C для ROI #2 (межовий опік, ступінь ІІБ)

розкид температур як їх різниця. Якщо $T_{max} - T_{min} \leq 1$ °C, то теплове поле рани вважається однорідним. Для однорідних ран на тепловому зображенні поверхні рани відзначається ROI, яка покриває всю поверхню рани розміром ≤ 1 % TBSA, або ROI обирається довільно, якщо рана > 1 % TBSA (рис. 3, 4), та програмно вимірюється середня температура T_{ROI} . У разі гетерогенних ран розміром > 1 % TBSA проводиться попередня оцінка неоднорідності теплового поля рани і теплове зображення рани сегментується на потрібну кількість ROIs розміром не менше за 5 cm^2 , щоб розкид температури в кожній не перевищував ≈ 1 °C (рис. 5–9). Якщо розташування рани дозволяє використовувати ТАС, для кожної ділянки інтересу контрлатерально обирається еталонна ділянка приблизно того ж розміру (рис. 2–4) і вимірюється її середня температура T_{REF} . За неможливості використання ТАС максимальна кількість еталонних ділянок розміром не менше за 5 cm^2 обирається у здорових тканинах навколо рани не ближче ніж 3 см від краю рани й вимірюється їх загальна середня температура (рис. 4–9). Різниця середньої температури досліджуваної ділянки інтересу T_{ROI} і загальної середньої температури всіх еталонних ділянок T_{REF} вважається відносною температурою даної ROI на нульовій термографічній сесії:

$$(\Delta T_{ROI})_0 = (T_{ROI} - T_{REF})_0.$$

Отримане значення $(\Delta T_{ROI})_0$ для кожної ділянки інтересу порівнюється з порогоми відсікання $\Delta T_{cut-off} = -2,3$ °C та $\Delta T_{cut-off} = 0$ °C, і робляться висновки про глибину опікової рани або глибину кожної ROI у неоднорідній великій рані:

— $(\Delta T_{ROI})_0 \geq 0$ °C — поверхневий опік ($\tau < 14$ діб, ступінь І–ІІА). Загоєння самостійне до 4 діб (І) та до 14 діб (ІІА). Консервативний відкритий метод лікування;

— $-2,3$ °C $< (\Delta T_{ROI})_0 < 0$ °C — межовий опік ($14 < \tau < 21$ доби, $\approx$ ІІА–ІІБ ступінь). Загоєння самостійне через 3–6 тижнів з утворенням рубців. Через можливе поглиблення рани й прийняття рішення про стратегію лікування. Відносна температура уточнюється на тепловізійній сесії № 1;

— $(\Delta T_{ROI})_0 \leq -2,3^\circ\text{C}$ — глибокий опік ($\tau > 21$ доби, III ступінь). Необхідне оперативне втручання.

Згідно з методикою, на тепловому зображенні неоднорідної рани об'єднуються всі ділянки інтересу з виявленими глибокими опіками для оцінки форми та розміру всієї ділянки, що потребує дермопластики (рис. 8, 9).

Тепловізійний моніторинг стану рани на етапі відновного лікування та виявлення ускладнень ранового процесу (допоміжна процедура)

Згідно з методикою, тепловізійний моніторинг ранового процесу на етапі реконструктивно-відновного лікування здійснюється через оцінку поточної відносної температури рани, при цьому розмір, форма і розташування кожної ділянки інтересу та відповідних еталонних ділянок, обраних на нульовій сесії, залишаються незмінними на кожній наступній сесії:

$$\Delta(T_{ROI})_j = (T_{ROI})_j - (T_{ROI})_i,$$

де j — номер термографічної сесії.

Якщо $\Delta(T_{ROI})_j > 0$, це може свідчити про наявність запального процесу у ділянці інтересу, $\Delta(T_{ROI})_j < 0$ — про наявність рубця або теплоізолюючої кірки. Якщо візуально наявність кірки (рубця) не підтверджується, припускається порушення (неповне відновлення) кровообігу. $\Delta(T_{ROI})_j \rightarrow 0$ може свідчити про задовільний стан рани (відновлення шкірного покриву).

На кожній тепловізійній сесії порівнюється поточне значення відносної температури зі значенням, отриманим на попередній сесії (тиждень тому). Якщо $\Delta(T_{ROI})_j - \Delta(T_{ROI})_{j-1} > 1^\circ\text{C}$ або $\Delta(T_{ROI})_j - \Delta(T_{ROI})_{j-1} < -1^\circ\text{C}$, припускається розвиток запального процесу або порушення кровообігу відповідно, що потребує додаткового спостереження за раною та уточнення лікувальних заходів.

Ускладнення ранового процесу виявляють за аномальним (на декілька градусів) підвищенням або зниженням відносної температури рани за тиждень: $\Delta(T_{ROI})_j - \Delta(T_{ROI})_{j-1} > 2^\circ\text{C}$ (або $< -2^\circ\text{C}$). Така динаміка може свідчити про розвиток гнійного запалення, значне порушення кровообігу тощо і потребує негайного обстеження рани та прийняття відповідних заходів.

Моніторинг перебігу ранового процесу здійснюється як до оперативно-го відновлення втраченого шкірного покриву, так і в різні терміни перебігу

післяопераційного періоду для оцінки стану пересаджених автотрансплантатів і наявності або відсутності ускладнень (рис. 7–10).

Для усунення ранових дефектів функціонально активних зон використовуються складні реконструктивно-відновні оперативні втручання («індійська», «італійська» пластики). Згідно з методикою, тепловізійний моніторинг стану переміщених шкірно-підшкірних, шкірно-фасціальних та шкірно-м'язових клаптів здійснюється через оцінку динаміки їх відносної температури (рис. 13).

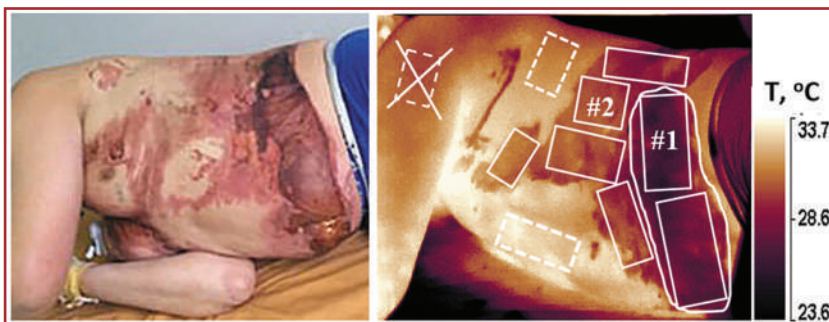


Рисунок 8. Оцінка глибини великої неоднорідної рани за неможливості використання ТАС. Стан через 3 доби після опіків горючим бензином ІІА, ІІБ та ІІІ ступеня тулуба, верхніх та нижніх кінцівок та голови 30/20 % ТБСА. Теплове зображення рани на животі фрагментують на необхідну кількість ROI, обираючи кожен в межах ділянки з розкидом температур $\leq 1^\circ\text{C}$. На неушкоджених прилеглих ділянках визначаються REFs, знаходиться їх загальна середня температура $T_{REF} = 32,8^\circ\text{C}$. Слід відмітити, що не можна при рані на животі обирати REF на плечі через значну різницю температур на різних ділянках тіла здорової людини. Через обмежений вибір REFs похибка збільшується до $\delta T = \pm 0,3^\circ\text{C}$. Тоді, наприклад, $\Delta(T_{ROI})_0 = -2,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ та $\Delta(T_{ROI})_0 = -0,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ для ROI #1 та ROI #2, що відповідає глибокому і межовому опіку відповідно. Повторюючи процедуру для кожної ROI, окреслюємо суцільною кривою ділянку, яка потребує дермопластики

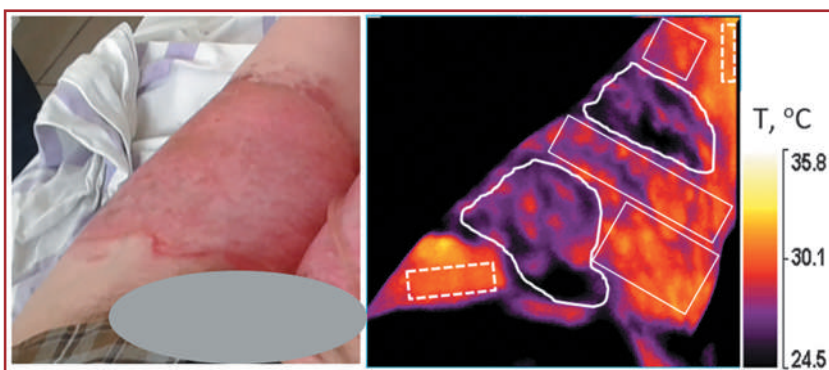


Рисунок 9. Оцінка глибини опікової рани за термограмою за неможливості використання ТАС. Стан через 2,5 доби після ошпарювання ІІБ–ІІІ ступеня передпліччя та кисті правої руки, обох стегон та правої гомілки 20/10 % ТБСА. На термограмі можна бачити мозаїчність опікової рани лівого стегна — у межах однієї великої рани розкидані дрібні ділянки різної глибини опіку та, відповідно, різного характеру загоєння. Еталонні ділянки обрано у прилеглих неушкоджених тканинах, $T_{REF} = 31,6^\circ\text{C}$. Похибка вимірювання відносної температури різних ділянок рани становить $\delta T = \pm 0,3^\circ\text{C}$ через обмежену кількість REFs. На термограмі суцільною кривою виділені ділянки з очевидно глибокими опіками $(\Delta T_{ROI})_0 \leq -2,4^\circ\text{C}$, які потребують дермопластики. Інші ділянки з межовими опіками потребують уточнення на наступній тепловізійній сесії

Обговорення

В основі розробленої методики лежить запропонований новий підхід, який враховує специфіку опікових ран при отриманні та аналізі термограм та мінімізує вплив факторів, що знижують точність оцінки стану рани. Відмінні риси такого підходу:

- індивідуальний підхід до часу адаптації рани до навколишнього середовища;
- використання тільки відносної шкали температур;
- попередній аналіз неоднорідності теплового поля рани та еталонних ділянок;
- сегментація всієї поверхні рани на ділянки інте-ресу площею не менше за 5 см² з роз-кидом температур у кожній не більше за 1 °C;

— вибір максимальної кількості еталонних ділянок навколо рани (у разі неможливості використання ТАС) та використання їх загальної середньої температури при обчисленні відносної температури кожної ROI рани;

— постійність розміру, форми та розташування кожної ROI та REF при моніторингу всього ранового процесу.

Треба відзначити відсутність у роботах інших дослідників єдиного під-ходу як до самої процедури вибору ділянок інтересу і еталонних ділянок (використовуються термограми, фо-тографії, клінічні оцінки, час загоєн-ня тощо) [12, 14, 15, 22–24], так і до їх кількості, розмірів і розташувань — усього того, від чого залежить значен-ня (ΔT_{ROI0}) [9].

Більшість дослідників використо-вує відносну шкалу температур, щоб виключити індивідуальні особливості терморегуляції пацієнта і коливання загальної температури тіла. Лише в окремих роботах аналізуються абсо-лютні температури, при цьому автори відзначають збільшення похибки ви-мірів [18]. Але, на відміну від нашого підходу до кількості та розмірів ROIs і REFs, нерідко використовуються по-одинокі точки інтересу (геометричний центр опікової рани або точка з міні-мальною температурою) або поодинокі ROI чи REF малої площі (≈ 1 см²) навіть для великих неоднорідних ран [14–16, 18, 25, 26]. Такий підхід, на нашу думку, збільшує похибку вимі-рювання відносної температури через теплову неоднорідність як ран, так і прилеглих здорових тканин, а також через значну різницю теплових полів на різних ділянках тіла людини [19].

Порогове значення температури відсікання глибоких опіків від інших $\Delta T_{cut-off} = -2,3$ °C, що використовується в методиці, не суперечить значенням, отриманим іншими авторами [9, 23, 27].

Слід зазначити, що лише в окре-мих роботах приділяється увага ви-користанню IRT для регулярного мо-ніторингу загоєння ран [28–30], що,

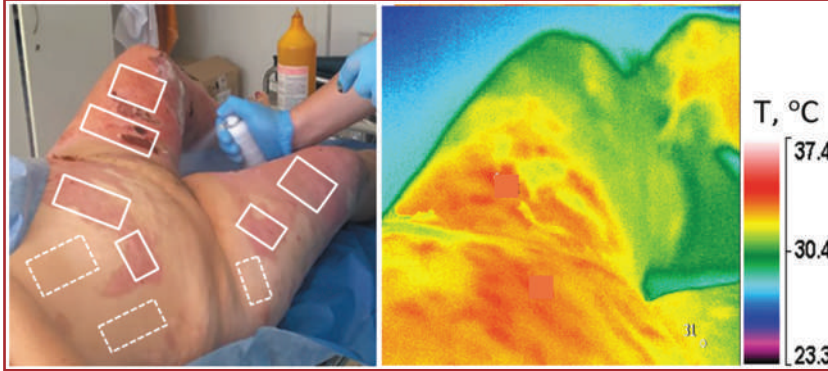


Рисунок 10. Термографічний моніторинг стану рани на етапі відновного лікування. Опік полум'ям ІІБ–ІІІ ст. передньої черевної стінки та передньої поверхні стегон 20 % ТБСА. Стан через місяць після опіку і три тижні після дермопластики (стан задовільний)

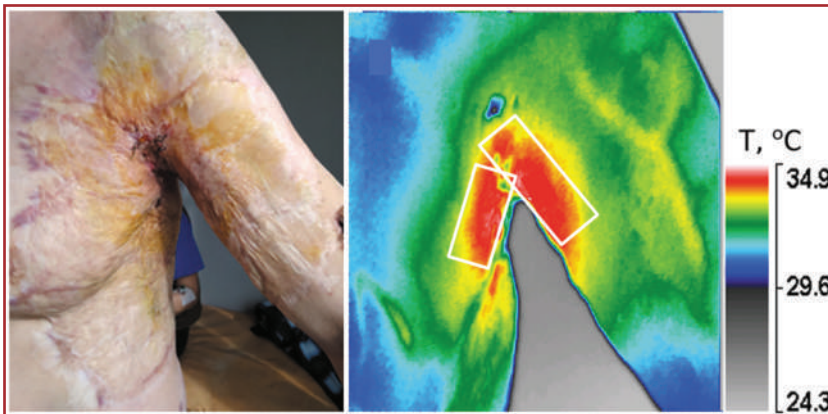


Рисунок 11. Термографічний контроль за усуненням ускладнень, спричинених опіками. Післяопікова рубцева деформація лівого плечового суглоба після опіку полум'ям ІІІ ст. (2020 р., без оперативного втручання). Усунуто старі гіпертрофічні рубці під пахвою. Стан через місяць після видалення рубців та через 2 доби після автодермопластики на цій ділянці. ($\Delta T_{ROI} \approx 1,7 \pm 0,1$ °C відповідно ТАС

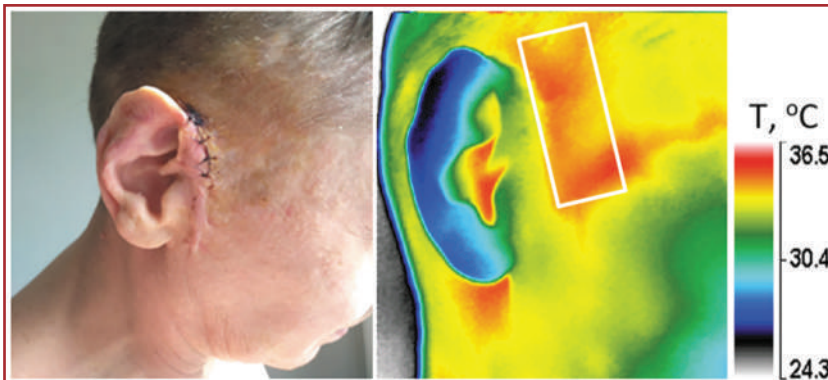


Рисунок 12. Термографічний контроль за усуненням ускладнень, спричинених опіками. Післяопікова рубцева деформація правої вушної раковини після старого опіку полум'ям ІІІ ст. (2020 р., без оперативного втручання). Стан через 2 доби після видалення рубця та пластики місцевими тканинами. ($\Delta T_{ROI} \approx 1,2 \pm 0,1$ °C відповідно до ТАС

на нашу думку, є значним недоліком з огляду на неінвазивність, дешевизну та easy-to-use термографії.

Підхід, що використовується в методиці, виключає фактори, які впливають на загальні зміни теплового поля пацієнта, тому динаміка відносної температури рани відображає тільки динаміку її стану. Тижневі зміни T_{ROI} , згідно з нашими припущеннями, є адекватним кількісним показником поточного стану рани. Але диференціація особливостей динаміки теплового поля рани, спричинених різними процесами, які відбуваються при відновленні шкірного покриву, є важливим завданням майбутніх досліджень.

Методика може бути застосована у клінічних центрах з термічної травми та у науково-дослідних і учбових закладах цього напрямку, де IRT використовується як допоміжний метод діагностики площі та глибини опікових ушкоджень, контролю перебігу ранового процесу і результатів реконструктивно-відновних оперативних втручань.

Висновки

1. Розроблена методика базується на оптимізованому підході до отримання та аналізу термограм, який мінімізує вплив на точність вимірювання відносних температур.

2. При розробці методики використане отримане авторами значення порогової температури відсікання очевидно глибоких опіків від інших — $\Delta T_{cut-off} = -2,3^\circ\text{C}$ (чутливість 83,3 %, специфічність 88,9 %; AUC = 0,954, $p < 0,001$), а також очевидно поверхневих опіків від інших — $\Delta T_{cut-off} = 0^\circ\text{C}$ (чутливість 72,7 %, специфічність 89,5 %; AUC = 0,931, $p < 0,001$).

3. Запропонований підхід дозволив виділити ділянки з різною глибиною опіку на поверхні поширених опіків і точно позначити форму та розмір зон, що потребують хірургічного відновлення втраченого покриву шкіри.

4. Методика містить рекомендації щодо неінвазивного контролю загоєння опікових ран, результатів оперативного відновлення втраченого шкірного покриву та результатів реконструктивно-відновних операцій через моніторинг динаміки їх відносної температури.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження частково проведені за власні кошти та частково підтримані грантами НАН України: № 0121U108515, № 0122U001503.

Внесок авторів. Олійник Г.А. — концепція і дизайн дослідження; Шустакова Г.В. — збирання й обробка матеріалів; Фоменко Ю.В. — статистичний аналіз даних; Гордієнко Е.Ю. — технічне забезпечення термографування; Кравцов О.В. — огляд літератури й редагування статті; Грязін О.Є. — збір матеріалу й підготовка тексту статті.

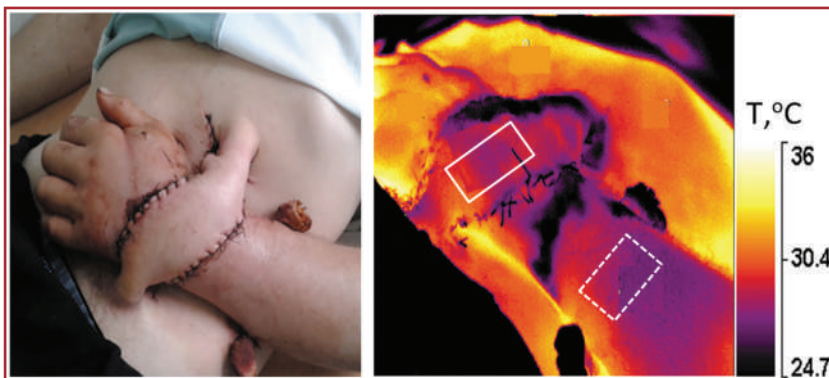


Рисунок 13. Термографічний контроль за приживленням шкірно-підшкірного мостоподібного клаптя передньої черевної стінки. Перший етап «італійської» пластики для усунення ранового дефекту кисті. Стан через тиждень після оперативного втручання через ошпарювання IIIA ст. лівої кисті 2 % TBSA

Список літератури

1. Merchant M, Hu SB, Miller C, Ahmadi T, Garcia E, Smith MI. Comprehensive Management of Severe Burn Injuries: A Multidisciplinary Approach from Resuscitation to Rehabilitation. *Emerg Care Med.* 2025;2:26-46. <https://doi.org/10.3390/ecm2020026>.
2. Markiewicz-Gospodarek A, Kozioł M, Tobiasz M, Baj J, Radzikowska-Büchner E, Przekora A. Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1338-63. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031338>.
3. Dobson GP, Morris JL, Letson HL. Pathophysiology of Severe Burn Injuries: New Therapeutic Opportunities From a Systems Perspective. *J Burn Care Res.* 2024;45(4):1041-50. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irae049>.
4. Jeschke MG, van Baar ME, Choudhry MA, Chung KK, Gibran NS, Logsetty S. Burn injury. *Nat Rev Dis Primers.* 2020;6:11. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-0145-5>.
5. Sarda NN, Hingway S. Screening and Phasewise Management of Burn Injuries. *Cureus.* 2024;16(2):e54915. doi: 10.7759/cureus.54915.
6. Walker NJ, King KC. Acute and Chronic Thermal Burn Evaluation and Management. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430730/. Accessed: June 19, 2026.*
7. Jaspers MEH, van Haasterecht L, van Zuijlen PPM, Mokkink LB. A systematic review on the quality of measurement techniques for the assessment of burn wound depth or healing potential. *Burns.* 2019;45(2):261-81. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2018.05.015>.
8. Monstrey S, Hoeksema H, Verbelen J, Pirayesh A, Blondeel P. Assessment of burn depth and burn wound healing potential. *Burns.* 2008;34(6):761-9. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2008.01.009>.
9. Carrière ME, de Haas LEM, Pijpe A, Meij-de Vries A, Gardien KLM, van Zuijlen PPM, et al. Validity of thermography for measuring burn wound healing potential. *Wound Repair Regen.* 2020;28(3):347-54. <https://doi.org/10.1111/wrr.12786>.
10. Dang J, Lin M, Tan C, Pham CH, Huang S, Hulsebos IF, Yenikomshian H, Gillenwater J. Use of Infrared Thermography for Assessment of Burn Depth and Healing Potential: A Systematic Review. *J Burn Care Res.* 2021;42(6):1120-7. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irab108>.

11. Zheng KJ, Middelkoop E, Stoop M, van Zuijlen PPM, Pi-jpe A. Validity of laser speckle contrast imaging for the prediction of burn wound healing potential. *Burns*. 2022;48(2):319-27. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.04.028>.
12. Wearn C, Lee KC, Hardwicke J, Allouni A, Bamford A, Nightingale P, et al. Prospective comparative evaluation study of Laser Doppler Imaging and thermal imaging in the assessment of burn depth. *Burns*. 2018;44(1):124-33. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.08.004>.
13. Asif A, Poyiatzis C, Raheman FJ and Rojoa DM. The Use of Infrared Thermography (IRT) in Burns Depth Assessment: A Diagnostic Accuracy Meta-Analysis. *Eur Burn J*. 2022;3(3):432-46. <https://doi.org/10.3390/ebj3030038>.
14. Jaspers MEH, Maltha I, Klaessens JHGM, de Vet HCW, Verdaasdonk RM, van Zuijlen PPM. Insights into the use of thermography to assess burn wound healing potential: a reliable and valid technique when compared to laser Doppler imaging. *J Biomed Opt*. 2016;21(9):e096006. doi: 10.1117/1.JBO.21.9.096006.
15. Martinez-Jimenez MA, Ramirez-Garcia Luna JL, Kolosovas-Machuca ES, Drager J, Gonzalez FJ. Development and validation of an algorithm to predict the treatment modality of burn wounds using thermographic scans: Prospective cohort study. *PLoS One*. 2018;13(11):e0206477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206477>.
16. Medina-Preciado JD, Kolosovas-Machuca ES, Velez-Gomez E, Miranda-Altamirano A, González FJ. Noninvasive determination of burn depth in children by digital infrared thermal imaging. *J Biomed Opt*. 2013;18(6):e061204. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.18.6.061204>.
17. Miccio J, Parikh S, Marinaro X, Prasad A, McClain S, Singer AJ, Clark RA. Forward-looking infrared imaging predicts ultimate burn depth in a porcine vertical injury progression model. *Burns*. 2016;42(2):397-404. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2015.07.006>.
18. Singer AJ, Relan P, Beto L, Jones-Koliski L, Sandoval S, Clark RAF. Infrared Thermal Imaging Has the Potential to Reduce Unnecessary Surgery and Delays to Necessary Surgery in Burn Patients. *J Burn Care Res*. 2016;37(6):350-5. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000330>.
19. Ammer K. Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermol Int*. 2008;18(4):125-9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/233420893_The_Glamorgan_Protocol_for_recording_and_evaluation_of_thermal_images_of_the_human_body. Accessed: June 19, 2026.
20. Becerra AG, Tiznado JEO, Alcaraz JLG, Wilson CC, Barreras JAL, Gutiérrez JCC, et al. Temperature Asymmetry Analysis between Left and Right Wrist with Sensory and Infrared Thermography. *Int J Environ Res. Public Health*. 2022;19:10240. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610240>.
21. Vardasca R, Ring F, Plassmann P, Jones C. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermol Int*. 2022;22(2):53-60. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/227860586>. Accessed June 19, 2026.
22. Burke-Smith A, Collier J, Jones I. A comparison of non-invasive imaging modalities: Infrared thermography, spectrophotometric intracutaneous analysis and laser Doppler imaging for the assessment of adult burns. *Burns*. 2015;41(8):1695-707. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2015.06.023>.
23. Hardwicke J, Thomson R, Bamford A, Moiemmen N. A pilot evaluation study of high resolution digital thermal imaging in the assessment of burn depth. *Burns*. 2013;39(1):76-81. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2012.03.014>.
24. Jaspers MEH, Carrière ME, Meij-de Vries A, Klaessens JHGM, van Zuijlen PPM. The FLIR ONE thermal imager for the assessment of burn wounds: Reliability and validity study. *Burns*. 2017;43(7):1516-23. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.04.006>.
25. Hargroder AG, Davidson JE Sr, Luther DG, Head JF. Infrared imaging of burn wounds to determine burn depth. *Proc. SPIE 3698, Infrared Technology and Applications XXV* (26 July 1999). <https://doi.org/10.1117/12.354509>.
26. Ganon S, Guédon A, Cassier S, Atlan M. Contribution of thermal imaging in determining the depth of pediatric acute burns. *Burns*. 2020;46:1091-9. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.11.019>.
27. Hackett MEJ. The use of thermography in the assessment of burn and blood supply of flaps, with preliminary reports on its use in Dupuytren's contracture and treatment of varicose ulcers. *Br J Plast Surg*. 1974;27:311-7. [https://doi.org/10.1016/0007-1226\(74\)90028-9](https://doi.org/10.1016/0007-1226(74)90028-9).
28. Madian IM, Sherif WI, El Fahar MH, Othman WN. The use of smartphone thermography to evaluate wound healing in second-degree burns. *Burns*. 2025;51(3):107307. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2024.107307>.
29. Glushchuk M, Shustakova G, Gordiyenko E, Fomenko Y, Oliynyk G, Dvortcevyi V, et al. Thermal Imaging Study of Human Soft Tissue Lesions and Biological Tissue Exposure to Low-Temperature in vivo. *Sci. Innov*. 2022;19(6):83-96. <https://doi.org/10.15407/science18.06.083>.
30. Badea M-S, Vertan C, Florea C, Florea L, Bădoiu S. Severe burns assessment by joint color-thermal imagery and ensemble methods. In: 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (HealthCom). Munich, Germany; 2016. P. 1-5. doi: 10.1109/HealthCom.2016.7749450.

Отримано/Received 24.06.2026

Рецензовано/Revised 12.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 23.07.2026

Information about authors

Hryhorii A. Oliynyk, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery 5, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: griol54@meta.ua; phone: +380 (50) 638-93-40; <https://orcid.org/0000-0002-7445-553X>

Halyna V. Shustakova, Research Fellow, Department of Superconducting and Mesoscopic Structures, B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NASU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: shustakovs@ilt.kharkov.ua; <https://orcid.org/0000-0002-8737-0359>

Yuliia V. Fomenko, Junior Research Fellow, Department of Superconducting and Mesoscopic Structures, B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NASU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: fomenko@ilt.kharkov.ua; <https://orcid.org/0000-0003-3108-8431>

Eduard Yu. Hordienko, PhD in Technical Sciences, Senior Research Fellow, Department of Superconducting and Mesoscopic Structures, B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NASU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: gordiyenko@ilt.kharkov.ua; <https://orcid.org/0000-0002-8692-8605>

Oleksii V. Kravtsov, MD, DSc, PhD, Head of the Department of Burns, V.I. Zaytsev Institute of General and Urgent Surgery of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: combustiolog7777@gmail.com; Kharkiv City Clinical Hospital for Emergency Medical Services named after prof. O.I. Meschaninov, Kharkiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-7465-3413>

Oleksandr Ye. Hriazin, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Surgery 5, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: sasgryazin@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-1484-1625>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.
Information about funding. The research was partially conducted at our own expense and partially supported by grants from the National Academy of Sciences of Ukraine: No. 0121U108515, No. 0122U001503.
Authors' contribution. G.A. Oliynyk — concept and design of the study; G.V. Shustakova — data collection and processing; Y.V. Fomenko — statistical data analysis; E.Yu. Gordienko — technical support of thermography; Kravtsov O.V. — literature review and editing of the article; Gryazin O.E. — data collection and preparation of the manuscript.

H.A. Oliynyk¹, H.V. Shustakova², Yu.V. Fomenko², E.Yu. Hordienko², O.V. Kravtsov^{3,4}, O.Ye. Hrizin¹

¹Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

²B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NASU, Kharkiv, Ukraine

³V.T. Zaytsev Institute of General and Urgent Surgery of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

⁴Kharkiv City Clinical Hospital for Emergency Medical Services named after prof. O.I. Meschaninov, Kharkiv, Ukraine

Thermal imaging assessment of thermal injury severity at the stages of specialized treatment

Abstract. Background. Infrared thermography is recognised as a useful modality for burn wound assessment, although quantitative interpretation of thermograms remains insufficiently standardised and requires refinement. The aim of the study was to optimise thermogram processing, establish temperature criteria for differentiating burn areas with different depths, and to develop a practical procedure for thermographic assessment and monitoring of burn wounds.

Materials and methods. The study was carried out in the burn unit of the Kharkiv City Clinical Hospital for Emergency Medical Services named after prof. O.I. Meschaninov during 2021–2025. A total of 192 patients with burns of various origins, locations, depths and extent were examined by thermography throughout hospitalisation. Data from 121 patients (295 burn wounds) examined within the first three days after injury were used to develop a diagnostic test and determine cut-off temperatures for deep, borderline and superficial burns. Nonparametric statistical methods and ROC analysis were

used. **Results.** Thermal parameters obtained from burns of different depths demonstrated statistically significant differences and enabled development of a two-threshold classification approach. ROC analysis identified a threshold temperature value of $\Delta T_{\text{cut-off}} = -2.3^\circ\text{C}$ for differentiating deep burns from other injuries, with a sensitivity of 83.3 %, specificity of 88.9 %, AUC = 0.954. A threshold value of $\Delta T_{\text{cut-off}} = 0^\circ\text{C}$ differentiated superficial burns from other injuries, with a sensitivity of 72.7 %, specificity of 89.5 %, and AUC = 0.931. Based on the results of diagnostic test, a method for optimized thermogram processing was developed that allows us to increase the accuracy of burn wound assessment. **Conclusions.** The proposed procedure improves quantitative interpretation of thermograms and increases the accuracy of burn wound assessment. It may facilitate treatment planning and thermographic control of the wound process at different stages of care.

Keywords: thermal trauma; burn depth; infrared thermography

УДК 616.831-005-002.1:616.146-073.4

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2048>Невмержицький І.М.¹⁻³, Марков Ю.І.¹¹Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна²КНП «Свято-Михайлівська клінічна лікарня м. Києва, м. Київ, Україна³КНП «Овруцька міська лікарня» Овруцької міської ради, м. Овруч, Україна

Аналіз кореляцій діаметра нижньої порожнистої вени у пацієнтів з гострим порушенням мозкового кровообігу

Резюме. Актуальність. У комплексі лікувальних заходів корекції ішемії та гіпоксії нейронів приділяється значна увага, оскільки вона має доведену ефективність. Застосування адекватної раціональної інфузійної терапії у хворих з гострим порушенням мозкового кровообігу (ГПМК) дозволяє забезпечити оптимальний церебральний перфузійний тиск, знизити внутрішньочерепний тиск, провести корекцію водно-електролітного балансу. **Мета дослідження:** оцінити кореляції діаметра нижньої порожнистої вени (НПВ) з клініко-лабораторними показниками та об'ємом інфузійної терапії у пацієнтів з ГПМК за типом ішемії для оптимізації волемічної підтримки. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективне багатоцентрове дослідження. Проаналізовано дані 30 пацієнтів з ГПМК віком $69,6 \pm 13,4$ року (усі перебували у відділенні інтенсивної терапії на самостійному диханні, без інтубації трахеї), яким проведено ультразвукове дослідження НПВ. Протипоказаннями для включення у дослідження були: тампонада серця, ізольована правошлуночкова недостатність, підвищений внутрішньочеревний тиск, штучна вентиляція легень, ожиріння. Діаметр НПВ вимірювали наприкінці видиху на відстані $0,5\text{--}3,0$ см проксимальніше від устя правого передсердя із субкостального доступу. **Результати.** Отримані результати демонструють, що діаметр НПВ має значущі асоціації з низкою клінічних та лабораторних показників, що характеризують волемічний статус пацієнтів із ГПМК. Виявлений обернений зв'язок між діаметром НПВ та рівнями гемоглобіну і гематокриту свідчить про те, що менший діаметр НПВ асоціюється з явищами гемоконцентрації. Це підтверджує, що НПВ може розглядатися не лише як ультразвуковий маркер переднавантаження, а і як інтегрований показник внутрішньосудинного об'єму, який відображає біологічні прояви дефіциту рідини. Результати ROC-аналізу додатково підтверджують цю гіпотезу: діаметр НПВ продемонстрував помірну здатність до виявлення гемоконцентрації ($AUC = 0,76$). Це свідчить про потенційну можливість використання НПВ як неінвазивного інструменту для оцінки волемічного статусу в клінічній практиці. Водночас відсутність діагностичної цінності НПВ щодо водного балансу ($AUC = 0,19$) підкреслює принципову різницю між біологічними та інтегральними показниками. Водний баланс формується під впливом численних факторів, включаючи об'єм інфузійної терапії, діурез та клінічні рішення лікаря, що обмежує його використання як незалежного маркера волемії. Виявлений зв'язок між діаметром НПВ та температурою може відображати роль системної запальної відповіді у формуванні волемічного статусу. Ймовірно, підвищення температури призводить до збільшення втрат рідини, що опосередковано зменшує діаметр НПВ. Однак цей механізм потребує подальшого дослідження і має розглядатися як гіпотеза. Пряма кореляція між діаметром НПВ та добовим діурезом свідчить про можливий зв'язок із нирковою перфузією: більший внутрішньосудинний об'єм асоціюється з вищим діурезом. Отримані результати також підкреслюють важливе клінічне положення: діаметр НПВ відображає поточний волемічний статус, але не дозволяє оцінити відповідь на інфузійну терапію. Для цього необхідне використання динамічних методів. **Висновки.** Для оптимізації волемічної підтримки у

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh sostojanj»), 2026

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2026

Для кореспонденції: Марков Юрій Іванович, кандидат медичних наук, доцент, кафедра анестезіології та інтенсивної терапії з курсом дитячої анестезіології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; e-mail: yu.mark1961@gmail.com; тел.: +380 (96) 679-31-94For correspondence: Yuriy Markov, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine; e-mail: yu.mark1961@gmail.com; phone: +380 (96) 679-31-94

Full list of authors information is available at the end of the article.

пацієнтів з ішемічним інсультом слід оцінювати діаметр нижньої порожнистої вени як один із компонентів мультимодального підходу, що має включати лабораторні показники (гемоглобін, гематокрит), клінічні параметри (температуру тіла, діурез) та, за можливості, результати динамічних тестів або інвазивного моніторингу.

Ключові слова: ішемічний інсульт; аналіз кореляцій діаметра нижньої порожнистої вени; ультразвукове дослідження; інтенсивна терапія; інфузійна терапія

Вступ

У комплексі лікувальних заходів корекції ішемії та гіпоксії нейронів приділяється значна увага, оскільки вона має доведену ефективність. Застосування адекватної раціональної інфузійної терапії у хворих з гострим порушенням мозкового кровообігу (ГПМК) дозволяє забезпечити оптимальний церебральний перфузійний тиск, знизити внутрішньочерепний тиск, провести корекцію водно-електролітного балансу. Незважаючи на часте застосування підтримуючої внутрішньовенної інфузійної терапії у пацієнтів у критичному стані, рекомендацій з цього питання недостатньо. Варто зазначити, що перевантаження рідиною, спричинене неправильним управлінням об'ємом інфузії, пов'язане зі значними несприятливими наслідками для пацієнтів [1].

Для оцінки волемічного стану пацієнта широко застосовуються ультразвукові методи дослідження (УЗД), які дозволяють оцінити як гіповолемію, так і гіперvoleмію, зокрема у пацієнтів дорослого віку з гострими станами [2, 3].

Оцінка нижньої порожнистої вени (НПВ) за допомогою ультразвуку безпосередньо біля ліжка пацієнта в комплексі інших діагностичних методів дозволяє виявити пацієнтів із серцевою недостатністю (СН) та визначити лікувальну тактику [4].

УЗД є неінвазивним, легкодоступним і недорогим методом. Діаметр нижньої порожнистої вени (dНПВ) та його дихальні коливання були запропоновані як надійні сурогатні показники гемодинамічного стану [5].

УЗД НПВ є відносно простим і може бути виконане швидко. Це дослідження можна використовувати будь-де, зокрема у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ). УЗД НПВ корисне для визначення того, чи може у пацієнтів бути виснаження внутрішньосудинного об'єму та перевантаження об'ємом [6].

Мета дослідження: оцінити кореляції dНПВ з клініко-лабораторними показниками та об'ємом інфузійної терапії у пацієнтів з гострим порушенням мозкового кровообігу для оптимізації волемічної підтримки.

Матеріали та методи

Проведено ретроспективне багатоцентрове дослідження. Проаналізовано дані 30 пацієнтів з ГПМК (усі перебували у ВІТ, неінтубовані, на самостійному диханні), яким проведено УЗД НПВ. Протипоказаннями для включення у дослідження були: тампонада серця, ізольована правошлуночкова недостатність (за наявності тяжкої трикуспідальної регургітації, інфаркту правого шлуночка або тромбоемболії легеневої артерії, коли НПВ може бути дилатованою внаслідок підвищення тиску в правому передсерді, навіть за умов зниженого внутрішньосудинного об'єму), підвищений

внутрішньочеревний тиск (зокрема, під час вагітності, за наявності абдомінальної пухлини, асцити, коли НПВ може зазнавати передньозадньої компресії навіть за умов гіперволемії), штучна вентиляція легень, ожиріння. dНПВ вимірювали наприкінці видиху на відстані 0,5–3,0 см проксимальніше від устя правого передсердя із субкостального доступу [7], а також шляхом спостереження змін dНПВ під час sniff-проби та спокійного дихання у 2D- та М-режимі. Також проводили клінічну оцінку госпіталізованих пацієнтів, включно з фізикальним обстеженням, рентгенологічними та лабораторними даними.

Інфузійну терапію починали застосовувати при надходженні хворих до ВІТ для підтримання життєво важливих функцій. Здійснювали також корекцію артеріального тиску, водно-електролітного балансу та лікування ускладнень згідно зі стандартом медичної допомоги «Ішемічний інсульт» (2024) та клінічною настановою «Організація надання допомоги при гострому ішемічному інсульті. Клінічна настанова, заснована на доказах» (2024). Як стартовий розчин використовували доведенне введення 0,9% розчину натрію хлориду. Під час проведення інфузійної терапії дотримувалися принципу чотирьох норм — нормальної осмолярності крові, нормоглікемії, нормонатріємії і нормокаліємії.

Статистичні методи. Обчислювали результати за допомогою кореляції Спірмена (ρ) — непараметричного методу оцінки монотонного зв'язку між двома змінними. Цей показник обирали замість кореляції Пірсона, коли дані можуть не мати нормального розподілу або містити порядкові змінні (як бінарні: СН так/ні). Для кожної пари показників обчислювали коефіцієнт від -1 (ідеальна обернена залежність) до $+1$ (ідеальна пряма). Статистичну значущість оцінювали у такий спосіб: $p < 0,05$ вважали статистично значущим, а $p < 0,1$ — таким, що свідчить про тенденцію. Критерій Манна — Уїтні (U) (непараметричний тест для порівняння двох незалежних груп) використовували для порівняння групи гіповолемії ($\leq 14,9$ мм) з групою норми ($15\text{--}21$ мм). Тест передбачає ранжування всіх значень в обох групах разом із подальшим визначенням того, чи мають значення однієї з груп систематично вищі або нижчі ранги. Розмір ефекту обчислювали за формулою:

$$r = Z/\sqrt{N},$$

де Z — стандартизована статистика, N — загальна кількість спостережень ($r > 0,5$ — великий ефект, $0,3\text{--}0,5$ — середній, $< 0,3$ — малий).

Критерій Краскела — Уолліса (H) (непараметричний аналог ANOVA для порівняння ≥ 3 груп) застосовували для порівняння терцилів НПВ за об'ємом інфузії. При

значущому результаті проводили попарні порівняння за критерієм Манна — Уїтні. Для оцінки дозозалежного ефекту dНПВ на об’єм інфузії пацієнтів поділяли на 3 терцилі — рівні групи за значеннями dНПВ. Водний баланс обчислювали як різницю об’єму інфузії та добового діурезу (інфузія — діурез, мл). Позитивний баланс означає затримку рідини в організмі, негативний — переважання втрат над надходженням. Множинна лінійна регресія використана для оцінки комбінованого внеску кількох предикторів (dНПВ, гемоглобін, температура) у варіацію об’єму інфузії. R² показує частку поясненої дисперсії. Метод найменших квадратів мінімізує суму квадратів відхилень спостережених значень від передбачених. Рівень значущості: $p < 0,05$, тенденція: $p < 0,1$. Волемічний статус: гіповолемія — $\leq 14,9$ мм, норма — $15\text{--}21$ мм, гіперволемія — > 21 мм.

Етичні норми. Перед початком дослідження отримано необхідне етичне схвалення від місцевого комітету з етики Національного університету охорони здоров’я України імені П.Л. Шупика (27.11.2023 р.). Від кожного пацієнта було отримано письмову інформовану згоду. Дослідження проводилося відповідно до принципів Гельсінської декларації. Публікація погоджена з адміністрацією КНП «Свято-Михайлівська клінічна лікарня м. Києва» виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) та адміністрацією КНП «Овруцька міська лікарня» Овруцької міської ради.

Результати дослідження

За референтні значення діаметра НПВ приймали 15–21 мм. 25 (83,3 %) пацієнтів мали dНПВ в межах норми; 5 (16,7 %) мали ознаки гіповолемії. Жоден із пацієнтів не мав ознак гіперволемії. Медіана (Q1; Q2) становила 17,4 [15,9; 19,0]. Параметр $M \pm SD$ мав значення $17,2 \pm 2,2$ мм. Статистично значущі кореляції окремих показників відображено у табл. 1.

Отримано статистично значущі кореляції окремих показників, зокрема об’єму інфузії. Він свідчив про адекватну корекцію гіповолемії при зменшеному діаметрі НПВ ($p < 0,001$, $\rho = -0,601$). Підвищення рівня Hb при зменшеному діаметрі НПВ свідчило про гемоконцентрацію у пацієнтів зі зменшеним діаметром НПВ ($p = 0,0026$; $\rho = -0,529$). Констатовано підвищення ви-

трати рідини при лихоманці у пацієнтів зі зменшеним діаметром НПВ ($p = 0,0034$; $\rho = -0,518$). Встановлено збільшення добового діурезу при підвищенні діаметра НПВ, що може свідчити про адекватну ниркову перфузію ($p = 0,102$; $\rho = +0,462$). Підвищення рівня гематокриту у пацієнтів зі зменшеним діаметром НПВ свідчить про гемоконцентрацію ($p = 0,0164$; $\rho = -0,434$). Рівень тромбоцитів підвищувався відповідно до збільшення діаметра НПВ ($p = 0,0417$; $\rho = +0,374$).

Кореляції діаметра нижньої порожнистої вени та об’єму інфузії

Виявлено статистично значущу обернену кореляцію середньої сили. Це означає, що пацієнти з меншим dНПВ отримували більший об’єм інфузії, тобто вузька НПВ була ознакою меншого внутрішньосудинного об’єму, тому таким пацієнтам частіше або більше вводили рідину. Але це кореляція (а не доказ прямої причини) між dНПВ та об’ємом інфузійної терапії: $\rho = -0,601$, $p = 0,0004$. Рівняння лінійної регресії було отримане методом найменших квадратів за даними дослідження ($n = 30$). Саме рівняння — це «лінія найкращого наближення» через хмару точок пацієнтів: коефіцієнт -208 означає, що на кожний $+1$ мм dНПВ прогнозований об’єм інфузії є меншим приблизно на 208 мл).

Об’єм інфузії (мл) = $5504 - 208 \times \text{dНПВ (мм)}$, $R^2 = 0,34$. Отже, 34 % варіації об’єму інфузії пояснюється діаметром НПВ.

Результати попарного порівняння терцилів за критерієм Манна — Уїтні подані у табл. 2.

При розподілі пацієнтів на терцилі спостерігали чіткий градієнт об’єму інфузійної терапії: від 2336 мл у Т1 (найменший діаметр НПВ) до 1630 мл у Т3 (найбільший діаметр НПВ). Різниця між крайніми терцилями становила 706 мл. За критерієм Краскела — Уолліса виявлено тенденцію до статистичної значущості відмінностей між терцилями ($p = 0,0606$); при попарному порівнянні Т1 і Т3 $p = 0,0520$.

Множинна модель предикторів інфузії

Однофакторна модель (тільки dНПВ) пояснює 34 % варіації об’єму інфузії. Додавання параметрів гемоглобіну та температури підвищує пояснювальну здатність до 57 % ($R^2 = 0,572$).

Таблиця 1. Статистично значущі кореляції з НПВ

Показник	R	p	Клінічна інтерпретація
Об’єм інфузії, мл	-0,601	< 0,001	↓dНПВ →↑ інфузії
Hb, г/л	-0,529	0,0026	↓dНПВ →↑ Hb
Ht, %	-0,434	0,0164	↓dНПВ →↑ Ht
Plt ($\times 10^9/\text{л}$)	+0,374	0,0417	↑dНПВ →↑ Plt
Температура, °C	-0,518	0,0034	↓dНПВ →↑ t°
Добовий діурез, мл	+0,462	0,102	↑dНПВ →↑ діурез

Примітки: ↑ — збільшення показника; ↓ — зменшення показника; dНПВ — діаметр нижньої порожнистої вени (мм); Hb — гемоглобін; температура, °C — температура тіла за Цельсієм; Ht — гематокрит; Plt — тромбоцити.

Обчислення коефіцієнта для кожного предиктора дозволяє зробити такі інтерпретації. Для dНПВ (мм) значення коефіцієнта становить $-50,1$. На кожний 1 мм dНПВ інфузія менша приблизно на 50 мл. При оцінці значення гемоглобіну (г/л) встановлено значення коефіцієнта $+24,5$. Вищі значення Hb свідчать про гемоконцентрацію, для корекції якої необхідне збільшення об'єму інфузії. Для температури ($^{\circ}\text{C}$) коефіцієнт становить $+315,2$. Підвищення температури потребує додаткового введення рідини ~ 315 мл на кожний 1°C . Константа становить $-12\,287$. Дані наведено у табл. 3.

У рівнянні регресії константа (інша назва — вільний член, або перетин/intercept) — це прогнозоване значення, коли всі предиктори дорівнюють нулю (dНПВ = 0, Hb = 0, $t^{\circ} = 0$). Біологічно це нереальна ситуація, тому сама по собі константа клінічного сенсу не має — це

суто математичний «якір», що піднімає/опускає регресійну площину на потрібну висоту, аби прогнози були правильними в реальному діапазоні значень. Краще назвати її «вільний член регресійної моделі».

На кожний 1 мм dНПВ здійснювали інфузію, меншу на близько 50 мл. Більші значення просвіту НПВ свідчать про наявну гемоконцентрацію, яка потребує більше інфузії. Вищі значення температури тіла потребують додаткової інфузії рідини — близько 315 мл на кожний 1°C .

Це свідчить про мультимодальний підхід до призначення інфузії: клініцисти враховували не лише дані УЗД НПВ, а й лабораторні маркери гемоконцентрації та клінічну картину (лихоманку).

Як видно на рис. 1А — scatter-плот: кожна точка відповідає пацієнту, червоні — з СН, зелені — без СН.

Таблиця 2. Попарні порівняння терцилів за критерієм Манна — Уїтні

Порівняння Т	U	p
T1 (найвужчий) vs T2 (середній)	70	0,1272
T1 (найвужчий) vs T3 (найширший)	83	0,0520
T2 (середній) vs T3 (найширший)	64	0,1383

Примітки: Т — терцилі, T1 (n = 10), T2 (n = 10), T3 (n = 10); U — статистичний показник критерію Манна — Уїтні для порівняння двох незалежних груп; при $p < 0,05$ різниця значуща; при $p = 0,05\text{--}0,10$ — тенденція.

Таблиця 3. Предиктори зміни об'єму інфузії

Предиктор	Коефіцієнт	Інтерпретація
НПВ, мм	$-50,1$	На кожний 1 мм діаметра НПВ інфузія менша на ~ 50 мл
Гемоглобін, г/л	$+24,5$	Вищий Hb $\rightarrow$ більше інфузії
Температура, $^{\circ}\text{C}$	$+315,2$	Вища $t^{\circ} \rightarrow$ додатково ~ 315 мл на кожний 1°C
Константа	$-12\,287$	

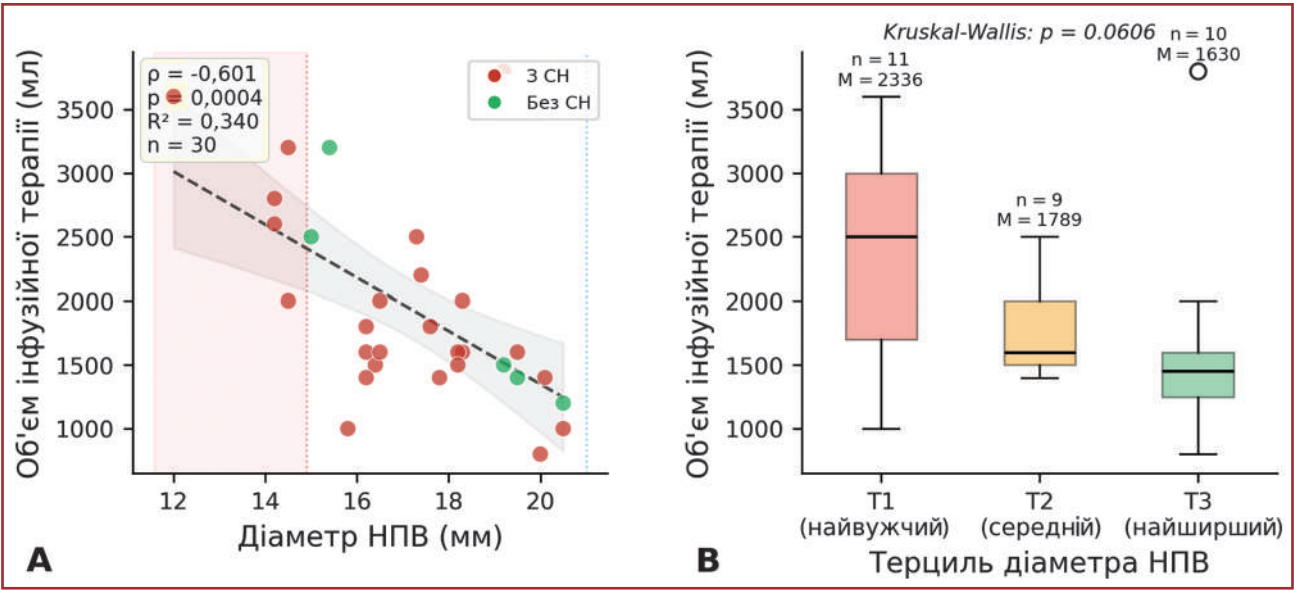


Рисунок 1. Залежність об'єму інфузії від діаметра НПВ

Пунктирна лінія — регресія, сіра зона — 95% ДІ. Червона зона зліва — гіповолемія. Сіра зона — 95% довірчий інтервал регресії: діапазон, у якому з імовірністю 95 % лежить справжній середній зв'язок. Вона звужена в центрі (НПВ ≈16–19 мм), де зосереджена більшість спостережень і оцінка точніша, і розширюється на краях, де пацієнтів мало й невизначеність прогнозу більша. Сіра зона відображає 95% довірчий інтервал навколо регресійної лінії, тобто межі статистичної невизначеності оціненого зв'язку між dНПВ та об'ємом інфузії.

Як видно з рис. 1А, у переважної більшості пацієнтів за діаметром НПВ визначали ознаки нормоволемії: се-

ред пацієнтів без СН — у 100 % випадків (5 осіб), а серед пацієнтів із СН — у 66,66 % випадків (20 осіб).

На рис. 1Б показані бокс-плоти за терціями НПВ: бокс = 25–75 %, лінія — медіана, вуса — розкид. Найбільші значення об'єму інфузії були у пацієнтів з найвужчим діаметром НПВ (перше місце за рангом), при середніх значеннях діаметра НПВ фіксувалося друге за рангом значення об'єму інфузії. При найбільших значеннях dНПВ спостерігалися найменші значення інфузії (третє рангове місце).

Дані кореляції dНПВ з усіма показниками відображені на рис. 2.

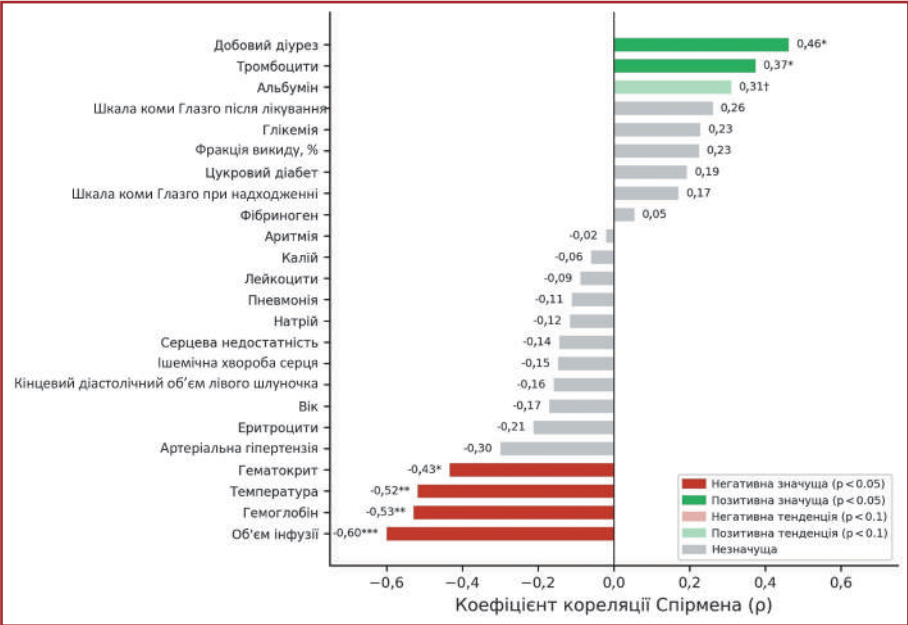


Рисунок 2. Кореляції діаметра НПВ з усіма показниками

Отримані дані щодо позитивної кореляції dНПВ з показниками добового діурезу (позитивна значуща, $\rho = 0,46$, $p < 0,05$), рівня тромбоцитів (позитивна значуща, $\rho = 0,37$, $p < 0,05$), альбуміну (позитивна тенденція, $\rho = 0,31$, $p < 0,1$). Встановлена позитивна незначуща кореляція dНПВ з показниками шкали коми Глазго (ШКГ) після лікування ($\rho = 0,26$), глікемії та ФВ (%) ($\rho = 0,23$), ЦД ($\rho = 0,19$), ШКГ при надходженні ($\rho = 0,17$) та фібриногену ($\rho = 0,05$).

Констатована негативна значуща ($p < 0,05$) кореляція dНПВ з показниками гематокриту ($\rho = -0,43$), температури ($\rho = -0,52$), гемоглобіну ($\rho = -0,53$) та об'ємом інфузії ($\rho = -0,60$).

Таблиця 4. Порівняння груп за волемічним статусом

Показник	Гіповолемія (М ± SD)	Норма (М ± SD)	U	p	г-ефект
Гемоглобін, г/л	164,2 ± 8,0	132,8 ± 14,5	124	< 0,001	0,62
Гематокрит, %	48,9 ± 3,3	40,6 ± 5,0	118	0,0022	0,56
Об'єм інфузії, мл	2840,0 ± 606,6	1756,0 ± 673,3	112	0,0056	0,51
Температура, °C	37,7 ± 0,8	37,0 ± 0,5	105	0,0181	0,43
Тромбоцити, ×10 ⁹ /л	148,6 ± 66,2	210,5 ± 63,7	28	0,0584	
Альбумін, г/л	34,2 ± 3,1	36,6 ± 2,9	34	0,1141	
ШКГ після лікування, бали	11,6 ± 2,4	13,0 ± 1,7	36	0,1362	
Лейкоцити, ×10 ⁹ /л	12,3 ± 4,8	9,4 ± 3,0	86	0,2076	
Добовий діурез, мл	1320,0 ± 705,0	1702,0 ± 1143,6	44	0,3285	
ФВ, %	55,2 ± 0,4	55,1 ± 7,2	50	0,5010	
Вік, роки	73,4 ± 14,4	68,8 ± 13,4	75	0,5038	
Глікемія, ммоль/л	8,3 ± 2,9	7,5 ± 2,2	71	0,6557	
ШКГ при надходженні, бали	10,6 ± 1,5	10,9 ± 1,3	56	0,7518	
Фібриноген, г/л	3,4 ± 1,8	2,8 ± 1,0	68	0,7803	

Встановлена негативна незначуща кореляція dНПВ з такими показниками: аритмія ($\rho = -0,02$), рівень калію у плазмі ($\rho = 0,06$), лейкоцити ($\rho = -0,09$), пневмонія ($\rho = -0,11$), рівень натрію у плазмі ($\rho = -0,12$), СН ($\rho = -0,14$), ішемічна хвороба серця (ІХС) ($\rho = -0,15$), кінцевий діастолічний об'єм лівого шлуночка (КДО ЛШ) ($\rho = -0,16$), вік ($\rho = -0,17$), еритроцити ($\rho = -0,21$), артеріальна гіпертензія ($\rho = -0,30$) (рис. 2).

Рівень альбуміну продемонстрував тенденцію до прямого зв'язку з dНПВ ($\rho \approx +0,31$, $p = 0,095$), що не досягла статистичної значущості. Це свідчить про обмежену роль альбуміну як самостійного маркера волемічного статусу у даній когорті пацієнтів. Водночас виявлений сильний обернений зв'язок між рівнем альбуміну та температурою ($\rho \approx -0,67$) вказує на те, що зниження альбуміну, ймовірно, пов'язане з активацією системної запальної відповіді, а не безпосередньо з дефіцитом внутрішньосудинного об'єму.

Таким чином, альбумін у даному дослідженні відображає переважно метаболічні та запальні зміни, а не ізольований волемічний статус. Це обмежує його використання як прямого індикатора гіповолемії та потребує обережної інтерпретації у клінічній практиці.

Порівняння груп за волемічним статусом

Порівняно показники між групами гіповолемії (dНПВ $\leq 14,9$ мм, $n = 5$) та норми (dНПВ 15–21 мм, $n = 25$) за критерієм Манна — Уїтні (табл. 4).

Розмір ефекту (r): для всіх значущих різниць розмір ефекту великий ($r > 0,5$) або середній (0,3–0,5), що підтверджує клінічну значущість виявлених відмінностей.

Профіль пацієнтів з гіповолемією

Усі 5 пацієнтів з гіповолемією (НПВ $\leq 14,9$ мм) мали СН (100 vs ~ 52 % у групі норми). Середня температура була вищою (37,7 vs 37,0 °C), альбумін — нижчим (34,2 vs 36,6 г/л). Парадокс із СН: зазвичай при СН очікується розширення НПВ, а у цих пацієнтів, навпаки, вона вужча. Ймовірно, поєднання СН та дегідратації/лихо-

манки призводило до переважання гіповолемічного компонента.

Водний баланс має найсильнішу кореляцію з діаметром НПВ

Позитивний водний баланс (затримка рідини) мали 19 (63,3 %) пацієнтів, негативний (переважання втрат) — 9 (30,0 %), нульовий — 2 (6,7 %). Водний баланс найсильніше корелює з діаметром НПВ серед усіх показників: $\rho = -0,695$, $p < 0,0001$. Це інтегральний показник, який відображає одночасно і «вхід» рідини (інфузія — негативно корелює з НПВ), і «вихід» (діурез — позитивно з НПВ), тому його кореляція з НПВ підсилюється (рис. 3).

Комплексна оцінка волемічного статусу у пацієнтів із ГПМК потребує використання як статичних, так і динамічних методів моніторингу.

Синдром гемоконцентрації

Гемоглобін і гематокрит корелюють між собою майже ідеально ($\rho = 0,89$, $p < 0,0001$), і обидва негативно корелюють з dНПВ — класичний синдром гемоконцентрації при дефіциті рідини. Гемоглобін виявився найсильнішим предиктором об'єму інфузії ($\rho = +0,72$, $p < 0,0001$), навіть сильнішим за dНПВ ($\rho = -0,60$). Тобто рішення про інфузію приймалися комплексно — і за даними УЗД НПВ, і за лабораторними маркерами.

Температура як посередник (mediator)

Температура значуще корелює з діаметром НПВ ($\rho = -0,52$), інфузією ($\rho = +0,40$), альбуміном ($\rho = -0,67$) та лейкоцитами ($\rho = +0,43$). Пацієнти з пневмонією (11/30) мали вищу температуру (37,6 vs 36,8 °C) та менший діаметр НПВ (16,8 vs 17,4 мм).

Хоча пневмонія напряму з НПВ не корелює значуще, вона може діяти опосередковано через температуру. ШКГ при надходженні значуще корелює з температурою ($\rho = -0,40$, $p = 0,028$): пацієнти з тяжчим

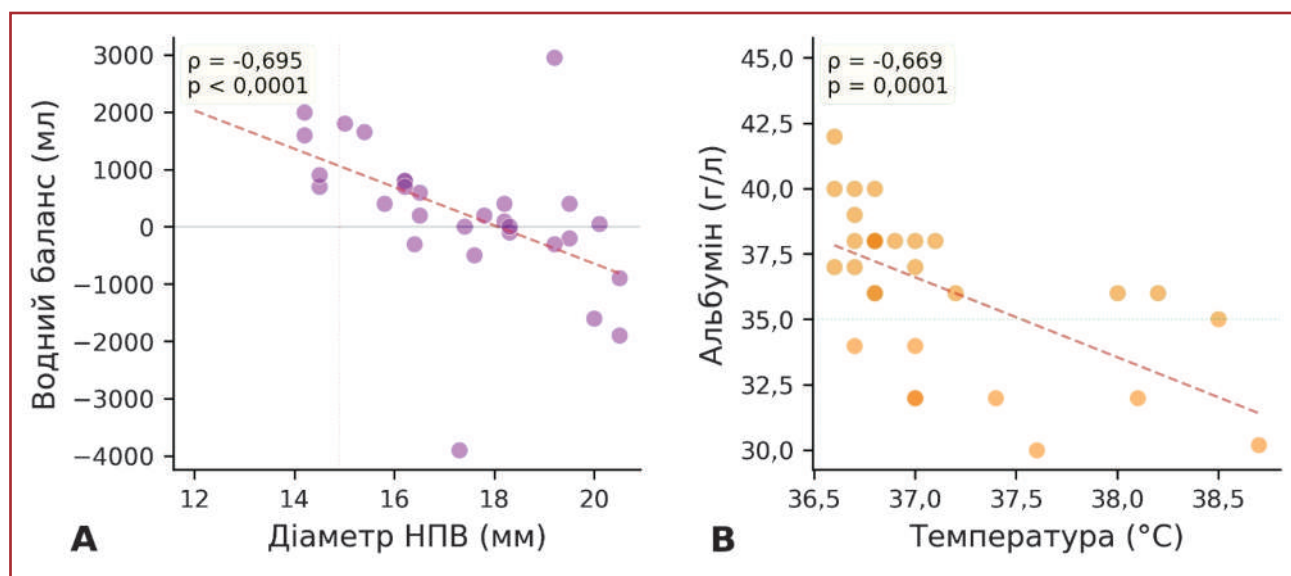


Рисунок 3. Кореляція водного балансу з діаметром НПВ (А) та значень альбуміну з температурою (Б)

станом мали вищу температуру. Але ШКГ не корелює ні з dНПВ, ні з інфузією — тяжкість неврологічного стану та волемічний статус є незалежними характеристиками. Підвищення температури тіла у пацієнтів із гострим порушенням мозкового кровообігу асоціюється зі зменшенням dНПВ та змінами лабораторних показників, зокрема зниженням рівня альбуміну. Виявлені кореляції свідчать про те, що температура може відображати активацію системної запальної відповіді, яка супроводжується підвищеними втратами рідини та розвитком відносної гіповолемії. Ймовірний патофізіологічний механізм включає ланцюг: запальний процес (зокрема, пневмонія) → лихоманка → збільшення втрат рідини → зменшення внутрішньосудинного об'єму → зниження діаметра НПВ. Таким чином, температура може бути непрямим індикатором волемічного дефіциту.

Водночас встановлений зв'язок має асоціативний характер і не дозволяє робити висновки про причинно-наслідковий зв'язок, тому температуру слід розглядати як потенційний посередник (mediator), що потребує подальшого дослідження.

Пацієнти з гемодинамічною нестабільністю

8 пацієнтів (26,7 %) отримували вазопресори. Вони отримували значно більше інфузії (2438 vs 1755 мл, $p = +0,41$, $p = 0,026$), але dНПВ не відрізнявся (17,0 vs 17,2 мм, $p = 0,72$). Потреба у вазопресорах визначалась гемодинамічним статусом (тонус судин), а не лише волемічним (об'єм рідини).

Застосування вазопресорів у досліджуваній когорті пацієнтів асоціювалося зі статистично значущим збільшенням об'єму інфузійної терапії, що відображає більшу гемодинамічну нестабільність у цієї групи. Водночас не було виявлено значущих відмінностей за dНПВ між пацієнтами, які отримували вазопресори, і тими, хто їх не потребував. Це свідчить про те, що потреба у вазопресорній підтримці визначається переважно порушеннями судинного тонусу та системної гемодинаміки, а не лише внутрішньосудинним об'ємом. Іншими словами, волемічний статус і гемодинамічна нестабільність є частково незалежними компонентами. Отримані результати підкреслюють обмеження використання dНПВ як єдиного критерію для прийняття клінічних рішень у пацієнтів із гемодинамічною нестабільністю та обґрунтовують необхідність комплексного підходу, який включає оцінку судинного тонусу та застосування вазопресорів поряд з інфузійною терапією.

Парадокс фракції викиду

4 пацієнти з ФВ < 50 % мали характерний профіль: двоє — найширші НПВ (20,0 та 20,5 мм) з мінімальною інфузією (800—1000 мл), двоє інших — вузьку НПВ (15,8 та 16,2 мм) з помірною інфузією. Клініцисти обережно підходили до інфузії при зниженій систолічній функції. Відсутність кореляції ФВ з dНПВ ($p = +0,23$, $p = 0,22$) свідчить про те, що dНПВ у цій когорті відображає переважно волемію, а не систолічну функцію.

Діаметр нижньої порожнистої вени за рівнем діурезу

Спостерігається чіткий градієнт: олігурія (dНПВ 15,5 мм, $n = 5$) при збільшенні діурезу (dНПВ 18,3 мм, $n = 7$). Діурез не корелює з об'ємом інфузії ($p = -0,12$, $p = 0,52$): об'єм сечі визначається не стільки об'ємом інфузії напряму, скільки станом волемії та ниркової перфузії. Пряма кореляція між dНПВ і добовим діурезом може відображати кращу ниркову перфузію у пацієнтів із більшим внутрішньосудинним об'ємом.

Динаміка оцінки за шкалою коми Глазго

86,7 % пацієнтів (26/30) поліпишили неврологічний статус (Δ ШКГ > 0), середнє поліпшення становило $1,9 \pm 1,5$ бала. Виявлено тенденцію ($p = -0,32$, $p = 0,08$): пацієнти з більшим об'ємом інфузії мали дещо менше поліпшення значення ШКГ. Це не означає, що інфузія шкідлива — ці пацієнти були у тяжчому стані на початку лікування (класичний confounding by indication: тяжчим пацієнтам призначають інтенсивніше лікування, але їхні результати гірші через вихідну тяжкість, а не через лікування).

Показники, які не пов'язані з діаметром нижньої порожнистої вени

Важливий негативний результат: dНПВ не корелює з віком ($p = -0,17$, $p = 0,37$), статтю ($p = 0,63$), ШКГ ($p = +0,17$, $p = 0,37$), глікемією ($p = +0,23$, $p = 0,22$), ФВ ($p = +0,23$, $p = 0,22$), КДО ЛШ ($p = -0,16$, $p = 0,40$), електролітами (калій, натрій) та жодним окремим супутнім захворюванням. Це означає, що dНПВ є відносно незалежним параметром, який відображає саме поточний волемічний баланс, а не загальну тяжкість стану чи коморбідність.

Обговорення

Серед 30 пацієнтів з ГПМК (ішемічний інсульт) 83,3 % мали dНПВ в межах норми (15—21 мм), 16,7 % — ознаки гіповолемії ($\leq 14,9$ мм). У жодного пацієнта не було ознак гіперволемії. Це обґрунтовує необхідність прогнозування стосовно об'ємного навантаження під час інфузійної терапії у ВІТ.

Як відомо з публікацій, УЗД dНПВ та його дихальних коливань у вигляді монофакторного критерію не є надійним методом прогнозування реакції на введення рідини [8, 9]. Це спонукає дослідників до пошуку критеріїв, які дозволяють підвищити діагностичну значимість dНПВ.

У нашому дослідженні однофакторна модель (тільки dНПВ) пояснює лише 34 % варіації об'єму інфузії. А врахування параметрів гемоглобіну та температури підвищує пояснювальну здатність до 57 %.

Проведення sniff-тесту (функціональна дихальна проба) під час УЗД НПВ передбачає виконання пацієнтом різкого, короткого вдиху. Це дозволяє оцінити, як змінюється dНПВ та швидкість кровотоку. Проте при ГПМК відбувається погіршення когнітивних функцій у хворих внаслідок розладів свідомості (у нашому дослідженні: ШКГ = $10,6 \pm 1,5$ — $10,9 \pm 1,3$ бала), що не дозволяє виконати цей тест у класично-

му варіанті. Тому ми оцінювали тест при здійсненні звичайного (а не форсованого) видиху, що ставить під сумнів результати таких даних, як визначення індексу колабованості [10, 11]. Тому результати УЗД НПВ можуть бути обмежені факторами, що впливають на діаметр та колабованість НПВ: клінічною інтерпретацією або оптимальною візуалізацією. Отже, отримані дані необхідно інтерпретувати в контексті загальної клінічної ситуації [10].

Точна оцінка об'ємного статусу при гострій СН може бути складним завданням. Динаміка dНПВ, визначена за допомогою ультразвуку, дозволяє опосередковано оцінити об'ємний статус у цих пацієнтів [12]. Разом з іншими інструментальними дослідженнями, такими як УЗД легень та порожнистих вен, у пацієнтів старших вікових груп, госпіталізованих з приводу гострої СН, dНПВ може бути хорошим незалежним прогностичним фактором [13]. Але подібні підходи виходять за рамки нашого дослідження і свідчать про неможливість використання dНПВ як єдиного критерію для прийняття клінічних рішень у пацієнтів з гемодинамічною нестабільністю.

D.K. Krishnan та співавт. (2016) зазначають, що негативна динаміка dНВВ виявилася надійним прогностичним фактором реакції на діуретичну терапію, незалежно від інших змінних [14]. У нашому дослідженні ми вивчали кореляцію діурезу з об'ємом інфузії; було зроблено висновок, що об'єм сечі визначається не стільки об'ємом інфузії, скільки станом волемії та ниркової перфузії.

Отримані нами дані свідчать про зменшення dНПВ при гіповолемії. Виявлено значущу обернену кореляцію між діаметром НПВ та об'ємом інфузії ($\rho = -0,60$, $p < 0,001$): пацієнти з вужчою НПВ отримували більший об'єм інфузійної терапії. Показово, що при розбивці на терцилі за значеннями dНПВ вузька НПВ була ознакою меншого внутрішньосудинного об'єму, тому таким пацієнтам частіше або більше вводили рідину, що підтверджує висновки інших дослідників [15].

dНПВ негативно корелював з маркерами гемоконцентрації: з гемоглобіном ($\rho = -0,53$) та гематокритом ($\rho = -0,43$), що підтверджує валідність НПВ як індикатора волемічного статусу.

Діаметр НПВ є незалежним чинником у пацієнтів з ГПМК і не корелює з віком, статтю, ШКГ, глікемією, ФВ, КДО ЛШ, електролітами та супутніми захворюваннями, такими як ІХС, ЦД, пневмонія, аритмії та артеріальна гіпертензія.

Водний баланс (інфузія — діурез) показав найсильнішу кореляцію з dНПВ ($\rho = -0,69$, $p < 0,0001$) — інтегральний показник, що відображає сумарний волемічний стан.

Температура виступає як посередник (mediator): корелює з dНПВ ($\rho = -0,52$), інфузією ($\rho = +0,40$), альбуміном ($\rho = -0,67$) та лейкоцитами ($\rho = +0,43$). Можливий ланцюжок: запалення/пневмонія → лихоманка → втрата рідини → зменшення НПВ.

Альбумін показав тенденцію до кореляції з dНПВ ($\rho = +0,31$, $p = 0,095$), але його зв'язок з температурою ($\rho = -0,67$) ставить під сумнів пряму причинно-наслід-

кову інтерпретацію: зниження альбуміну може відображати запальну відповідь.

Вазопресори пов'язані з більшим об'ємом інфузії ($\rho = +0,41$, $p = 0,026$), але не з діаметром НПВ — гемодинамічна нестабільність та волемічний дефіцит є частково незалежними.

Пацієнти з ФВ $< 50\%$ отримували меншу інфузію, що свідчить про обережний підхід клініцистів при зниженій систолічній функції.

86,7 % пацієнтів поліпшили неврологічний статус (ΔШКГ > 0). Більший об'єм інфузії асоціювався з меншим поліпшенням ШКГ (тенденція, $p = 0,08$), що пояснюється confounding by indication, а не шкідливістю інфузії.

Серед обмежень нашого дослідження слід зазначити: малий розмір вибірки ($n = 30$), що не дає підстав для ґрунтовних висновків та рекомендацій; одномоментне вимірювання без динамічного спостереження за dНПВ та відсутність оцінки колабованості НПВ.

Висновки

Для оптимізації волемічної підтримки у пацієнтів з ішемічним інсультом доцільно оцінювати діаметр нижньої порожнистої вени як складову мультимодальної оцінки волемічного статусу, яка має включати лабораторні показники (гемоглобін, гематокрит), клінічні параметри (температуру, діурез) та, за можливості, результати динамічних тестів або інвазивного моніторингу.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Це дослідження не має фінансування та проводилося у рамках науково-дослідницької роботи Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика.

Внесок авторів. Марков Ю.І. — концепція і дизайн дослідження, аналіз матеріалу, написання статті; Невмержицький І.М. — обстеження пацієнтів, обробка і аналіз матеріалів, пошук та аналіз відповідної літератури, написання статті.

Список літератури

1. Carr JR, Hawkins WA, Newsome AS, Smith SE, Amber BC, Bland CM, Branan TN; University of Georgia College of Pharmacy Critical Care Collaborative (UGAC3). Fluid Stewardship of Maintenance Intravenous Fluids. *J Pharm Pract.* 2022 Oct; 35(5):769-782. doi: 10.1177/08971900211008261. Epub 2021 Apr 8. PMID: 33827313; PMCID: PMC8497650.
2. Khajehpour H, Behzadnia MJ. The role of internal jugular vein Doppler ultrasonography in predicting hypovolemic shock in polytrauma patients. *Ultrasonography.* 2022 Apr;41(2):317-324. doi: 10.14366/usg.21144. Epub 2021 Aug 29. PMID: 34711018; PMCID: PMC8942742.
3. Wang MK, Piticar J, Kappel C, Mikhael M, Mbuagbaw L, Rochweg B. Internal jugular vein ultrasound for the diagnosis of hypovolemia and hypervolemia in acutely ill adults: a systematic review and meta-analysis. *Intern Emerg Med.* 2022 Aug;17(5):1521-1532. doi: 10.1007/s11739-022-03003-y. Epub 2022 Jun 20. PMID: 35718838.

4. Goonewardena SN, Gemignani A, Ronan A, Vasaiwala S, Blair J, Brennan JM, et al. Comparison of hand-carried ultrasound assessment of the inferior vena cava and N-terminal pro-brain natriuretic peptide for predicting readmission after hospitalization for acute decompensated heart failure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008 Sep;1(5):595-601. doi: 10.1016/j.jcmg.2008.06.005. PMID: 19356487.
5. Çelik ÖF, Akoğlu H, Çelik A, Asadov R, Onur ÖE, Denizbaşı A. Initial inferior vena cava and aorta diameter parameters measured by ultrasonography or computed tomography does not correlate with vital signs, hemorrhage or shock markers in trauma patients. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2018 Jul;24(4):351-358. doi: 10.5505/tjtes.2017.72365. PMID: 30028494.
6. Kaptein EM, Kaptein MJ. Inferior vena cava ultrasound and other techniques for assessment of intravascular and extravascular volume: an update. *Clin Kidney J*. 2023 Jun 29;16(11):1861-1877. doi: 10.1093/ckj/sfad156. PMID: 37915939; PMCID: PMC10616489.
7. Mukherjee M, Rudski LG, Addetia K, Afilalo J, D'Alto M, Freed BH, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025 Mar;38(3):141-186. doi: 10.1016/j.echo.2025.01.006. Erratum in: *J Am Soc Echocardiogr*. 2025 Jul;38(7):641. doi: 10.1016/j.echo.2025.05.001. PMID: 40044341.
8. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Inferior Vena Cava to Determine Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Intensive Care Med*. 2020 Apr;35(4):354-363. doi: 10.1177/0885066617752308. Epub 2018 Jan 17. PMID: 29343170.
9. Cardozo Júnior LCM, Lemos GSD, Besen BAMP. Fluid responsiveness assessment using inferior vena cava collapsibility among spontaneously breathing patients: Systematic review and meta-analysis. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2023 Feb; 47(2):90-98. doi: 10.1016/j.medine.2021.12.018. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36272909.
10. Kaptein MJ, Kaptein EM. Inferior Vena Cava Collapsibility Index: Clinical Validation and Application for Assessment of Relative Intravascular Volume. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2021 May;28(3):218-226. doi: 10.1053/j.ackd.2021.02.003. PMID: 34906306.
11. Lewko A, Sidaway M, Kulnik ST, Krawczyk M. Agreement and reliability of repeated bedside respiratory muscle strength measurements in acute and subacute stroke. *Physiother Res Int*. 2021 Apr;26(2):e1892. doi: 10.1002/pri.1892. Epub 2021 Jan 20. PMID: 33471945.
12. Patnaik S, Davila CD, Lu M, Alhamshari Y, Shah M, Jorde UP, et al. Clinical correlates of hand-held ultrasound-guided assessments of the inferior vena cava in patients with acute decompensated heart failure. *Echocardiography*. 2020 Jan;37(1):22-28. doi: 10.1111/echo.14551. Epub 2019 Dec 1. PMID: 31786825.
13. Pérez-Herrero S, Lorenzo-Villalba N, Urbano E, Sánchez-Sauce B, Aguilar-Rodríguez F, Bernabeu-Wittel M, et al. Prognostic Significance of Lung and Cava Vein Ultrasound in Elderly Patients Admitted for Acute Heart Failure: PROFUND-IC Registry Analysis. *J Clin Med*. 2022 Aug 5;11(15):4591. doi: 10.3390/jcm11154591. PMID: 35956206; PMCID: PMC9369637.
14. Chong Y, Yu Y, Zhao Y, Zhang Y. Value of inferior vena cava diameter and inferior vena cava collapse index in the evaluation of peripartum volume: A prospective cohort study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2023 Jun;285:69-73. doi: 10.1016/j.ejogrb.2023.03.045. Epub 2023 Apr 11. PMID: 37062116.
15. Krishnan DK, Pawlaczyk B, McCullough PA, Enright S, Kunadi A, Vanhecke TE. Point-of-Care, Ultrasonography Predicts Diuretic Response in Patients Admitted with Acute Decompensated Heart Failure. *Clin Med Insights Cardiol*. 2016 Dec 19;10:201-208. doi: 10.4137/CMC.S38896. PMID: 28008296; PMCID: PMC5170880.

Отримано/Received 30.05.2026

Рецензовано/Revised 02.07.2026

Прийнято до друку/Accepted 21.07.2026

Information about authors

Ihor Nevmerzhytskyi, PhD student, Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; Anaesthesiologist, Doctor of Ultrasound Diagnostics, St. Michael's Clinical Hospital of Kyiv, Kyiv, Ukraine; Ovruch City Hospital of Ovruch City Council, Ovruch, Ukraine; e-mail: ovruch777@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0009-4566-3880>

Yurii Markov, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care with Pediatric Anesthesiology Course, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: yu.mark1961@gmail.com; phone: +380 (96) 679-31-94; <http://orcid.org/0000-0001-6157-9472>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contribution. Yu.I. Markov — research concept and design, material analysis, writing the paper; I.M. Nevmerzhytskyi — examination of patients, material processing and analysis, search and analysis of relevant literature, writing the paper.

I.M. Nevmerzhytskyi¹⁻³, Yu.I. Markov¹

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²St. Michael's Clinical Hospital of Kyiv, Kyiv, Ukraine

³Ovruch City Hospital of Ovruch City Council, Ovruch, Ukraine

Analysis of correlations of inferior vena cava diameter in patients with acute cerebrovascular accident

Abstract. Background. Considerable attention is paid to the correction of ischemia and neuronal hypoxia within the set of therapeutic interventions, as this approach has demonstrated proven efficacy. The use of adequate and rational infusion therapy in patients with acute cerebrovascular accident (ACVA) enables the maintenance of optimal cerebral perfusion pressure, reduction of intracranial pressure, and correction of fluid and electrolyte ba-

lance. The purpose was to evaluate the correlations between inferior vena cava (IVC) diameter, clinical and laboratory parameters, and infusion therapy volume in patients with ischemic ACVA in order to optimize volemic support. **Materials and methods.** A retrospective multicenter study was conducted. Data from 30 patients with ACVA aged 69.6 ± 13.4 years were analyzed. All of them were treated in the intensive care unit and maintained spontaneous breathing

without tracheal intubation. Ultrasound examination of IVC was performed in all patients. Exclusion criteria were cardiac tamponade, isolated right ventricular failure, elevated intra-abdominal pressure, mechanical ventilation, and obesity. IVC diameter was measured at end-expiration, 0.5–3.0 cm proximal to the junction with the right atrium, using a subcostal approach. **Results.** The results obtained demonstrated that IVC diameter was significantly associated with a number of clinical and laboratory parameters characterizing volemic status of patients with ACVA. An inverse relationship was found between IVC diameter and hemoglobin and hematocrit levels, indicating that smaller IVC diameter was associated with hemoconcentration. These findings confirm that IVC may be considered not only an ultrasonographic marker of preload, but also an integrated indicator of intravascular volume reflecting the biological manifestations of fluid deficiency. The ROC analysis additionally supported this hypothesis: IVC diameter demonstrated moderate ability to detect hemoconcentration ($AUC = 0.76$). This finding suggests the potential utility of IVC assessment as a non-invasive tool for evaluating volemic status in clinical practice. At the same time, the absence of a diagnostic value of IVC diameter in terms of fluid balance ($AUC = 0.19$) highlights the fundamental difference between biological and integral indicators. Fluid ba-

lance is influenced by multiple factors, including infusion therapy volume, diuresis, and physician-related clinical decisions, which limits its use as an independent marker of volemia. The observed association between IVC diameter and body temperature may reflect the role of systemic inflammatory response in the formation of volemic status. Increased body temperature likely contributes to greater fluid loss, indirectly resulting in reduced IVC diameter. However, this mechanism requires further investigation and should currently be regarded as hypothetical. A direct correlation between IVC diameter and daily diuresis suggests a possible association with renal perfusion, whereby greater intravascular volume is associated with higher urine output. The obtained findings also emphasize an important clinical implication: IVC diameter reflects the current volemic status but does not allow assessment of responsiveness to infusion therapy. Dynamic assessment methods are required for this purpose. **Conclusions.** To optimize volemic support in patients with ischemic stroke, IVC diameter should be evaluated as part of a multimodal approach that includes laboratory parameters (hemoglobin, hematocrit), clinical indicators (body temperature, diuresis), and, whenever possible, dynamic tests or invasive monitoring. **Keywords:** ischemic stroke; correlation analysis of inferior vena cava diameter; ultrasonography; critical care; infusion therapy

UDC 616.34-007.43-031:611.957+617.55-089.844(616-08-06+616.69)

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.22.5.2026.2049>R.U. Khashimov¹, J.A. Rizayev¹, K.E. Rakhmanov¹, Z.B. Kurbanliyazov¹, S.S. Davlatov²¹Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan²Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino, Bukhara, Uzbekistan

Modified technique of open inguinal hernioalloplasty and its effect on surgical outcomes, as well as preservation of reproductive function

Abstract. Background. According to the World Health Organization, herniated diseases of the anterior abdominal wall, including inguinal hernias, remain one of the most common causes of elective surgery worldwide, accounting for up to 20 % of all general surgery operations. The purpose of this study is to increase the effectiveness of surgical treatment of patients with complicated forms of inguinal hernias by improving the technical aspects of open hernioplasty. **Materials and methods.** One hundred and twenty-four patients with inguinal hernias were selected for a prospective observational study. The first group, the comparison one, consisted of 46.0 % of participants operated by the Lichtenstein method, the second group, the main one, included 54.0 % of patients who underwent modified open tension-free inguinal hernioplasty. **Results.** In the main group, the overall rate of wound complications was 6.0 %, while in the comparison group, this indicator reached 21.2 %. The recurrence rate of inguinal hernia decreased from 4.9 to 0.0 %. In the comparison group, testicular atrophy was observed in 3 cases (7.3 %), and in 4 cases (9.8 %) — impaired reproductive function. These data indicate a significantly lower risk of complications after the use of the modified inguinal hernioalloplasty method. **Conclusions.** Modified open tension-free inguinal hernioplasty using a hernial sac flap to cover a mesh implant demonstrated high clinical efficacy in reducing the frequency of postoperative seromas to 1.5 % in the main group versus 8.8 % with the classical Lichtenstein technique. The formation of a biological barrier between the implant and the structures of the spermatic cord significantly reduces the risk of fibrotic scarring, minimizes the likelihood of compression of the vascular-spermatic bundle, which, in turn, ensures the preservation of reproductive function in men (with a decrease in complications from 17.1 to 0 %) and contributes to a more favorable course of the early postoperative period.

Keywords: inguinal hernia; hernioalloplasty; complication; recurrence

Introduction

According to the World Health Organization, hernias of the anterior abdominal wall, including inguinal hernias, remain one of the most common reasons for elective surgery worldwide, accounting for up to 20 % of all general surgical procedures [1–3]. Inguinal hernias occur predominantly in men of working age, making this pathology not only a medical but also a significant socioeconomic problem [4–6].

In modern surgical practice, the treatment of inguinal hernias remains a pressing issue, requiring an individual approach when choosing a surgical method.

Minimally invasive techniques such as transabdominal preperitoneal hernioplasty and total extraperitoneal hernioplasty are the preferred option for most patients due

to their proven advantages — less trauma, reduced risk of infection and reduced rehabilitation periods [7–10].

However, in a number of clinical cases, the use of laparoscopic techniques is limited or impossible. This applies primarily to patients with large inguinal hernias, irreducible hernial protrusions, as well as in the presence of significant anatomical changes, previous surgeries, or severe comorbidities. In such situations, surgeons must resort to open hernioplasty techniques [11–13].

Despite the proven technique and widespread use of open methods with synthetic allografts, they are often accompanied by a number of postoperative complications. The most common are seromas — accumulations of serous fluid in the postoperative area that can serve as a substrate for infection,

leading to the development of purulent-inflammatory processes. An additional problem is scrotal edema, which causes significant discomfort in patients, especially in the elderly. Another important aspect is the formation of fibrous-cicatricial adhesions between the implant and spermatic cord structures, which is particularly detrimental to reproductive function in young patients. Such complications significantly reduce satisfaction with treatment results and may require repeat surgery [14–16].

In connection with the above, the task of developing and implementing new, improved methods of open hernioplasty, aimed at minimizing postoperative complications, improving anatomical and functional outcomes, accelerating rehabilitation and improving the quality of life of patients in the postoperative period, remains relevant.

The purpose of this study is to increase the effectiveness of surgical treatment of patients with complicated forms of inguinal hernias by improving the technical aspects of open hernioplasty.

Materials and methods

This study is based on an analysis of the examination and treatment results of patients with inguinal hernias operated on in the surgical department of the multidisciplinary clinic of Samarkand State Medical University (SamSMU) from 2016 to 2025.

A total of 124 male patients with various types of inguinal hernias were recruited for a prospective, follow-up study. This study focused on preserving reproductive function in men of childbearing age, as this aspect reflects not only medical but also social aspects of quality of life after hernia repair. Therefore, the study included only male patients, allowing for an objective assessment of the impact of the modified technique on the condition of spermatic cord structures and the potential for fertility restoration.

Surgical interventions were performed both planned and emergency. Depending on the surgical approach used, patients were divided into two groups.

The comparison group consisted of 57 patients (46.0 %) with inguinal hernias who underwent hernioplasty using the Lichtenstein method. The main group consisted of 67 patients (54.0 %) who underwent open tension-free hernioplasty using a modified proprietary technique.

According to the L.M. Nyhus classification, the distribution of hernia types in the study groups is presented in Fig. 1.

One hundred and ten indirect inguinal hernias were reported, accounting for 88.7 % of the total number of cases. Type IIIA hernias (direct inguinal hernias) were recorded in 14 patients (11.3 %). Recurrent inguinal hernias (type IVB) were detected in 31 cases, accounting for 25.0 % of the total sample. Large irreducible inguinal hernias with a straightened hernial canal were diagnosed in 57 patients (46 %) in both study groups.

In order to minimize the likelihood of unfavorable outcomes in the postoperative period after inguinal hernioplasty,

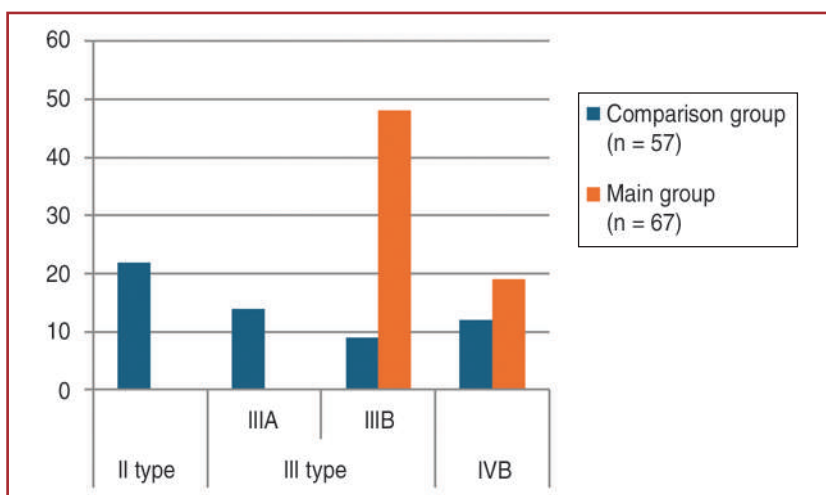


Figure 1. Distribution of patients with inguinal hernias according to the L.M. Nyhus classification (n = 124)

all 67 patients in the main group underwent open hernioplasty using the modified surgical technique protected by the Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 8190.

The technique involves a layer-by-layer opening of the anterior wall of the inguinal canal, identifying and mobilizing the spermatic cord, which is then secured with a sling and retracted. The hernia sac, after careful dissection within the cord, is isolated, opened, and its contents are returned to the abdominal cavity (Fig. 2).

The sac is mobilized toward the internal inguinal ring, separated from the surrounding elements. The base of the sac is hermetically closed with a purse-string suture using an absorbable atraumatic material (Vicryl 3/0). A flap is created from the remaining portion of the hernia sac — a portion of the parietal peritoneum — to subsequently cover the implant (Fig. 3).

The next step involves shaping and placing a polypropylene mesh implant (average size: 10 × 12 cm), taking into account individual anatomical parameters: the size of the posterior wall of the inguinal canal and the height of the hernia defect. The implant is positioned along the posterior wall of the canal to securely cover the internal inguinal ring without compressing the spermatic cord structures (Fig. 4).

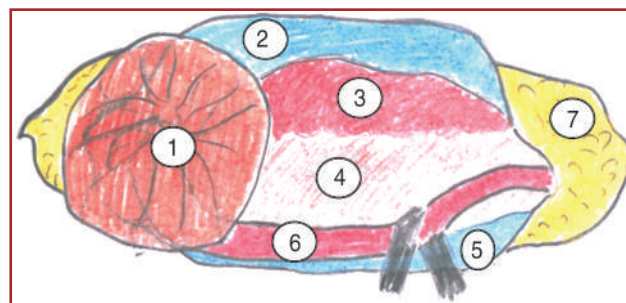


Figure 2. Opening of the inguinal canal, identification and dissection of the hernia sac: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — free edges of the internal oblique and transverse abdominal muscles; 4 — transversalis fascia; 5 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 6 — spermatic cord; 7 — subcutaneous adipose tissue

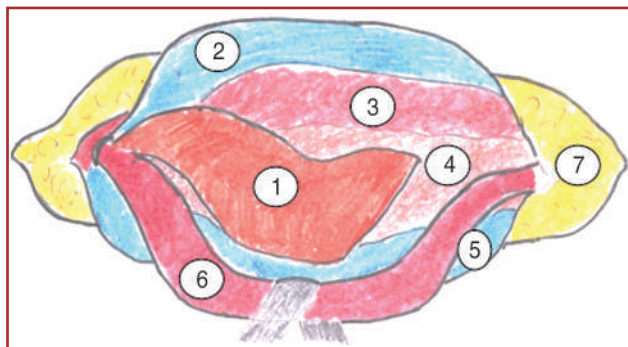


Figure 3. Excision of a flap from the wall of the hernia sac for covering the allotransplant: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — free edges of the internal oblique and transverse abdominal muscles; 4 — transversalis fascia; 5 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 6 — spermatic cord; 7 — subcutaneous adipose tissue

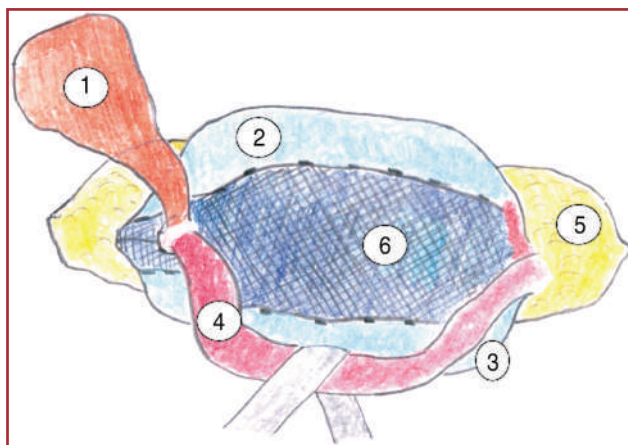


Figure 4. Fixation of the allotransplant to the posterior wall of the inguinal canal: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 4 — spermatic cord; 5 — subcutaneous adipose tissue; 6 — allotransplant fixed to the posterior wall of the inguinal canal

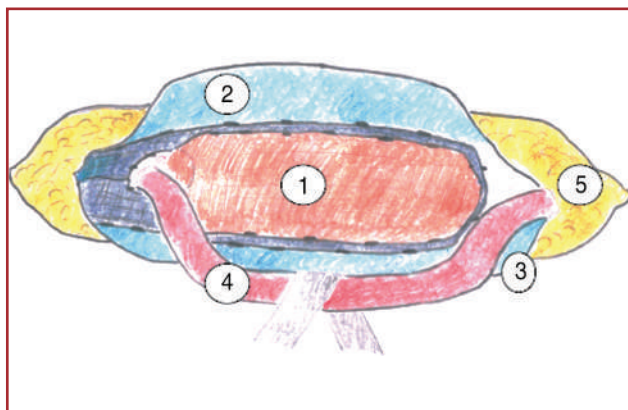


Figure 6. The fixed allotransplant covered with a flap from the wall of the hernia sac: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 4 — spermatic cord; 5 — subcutaneous adipose tissue

The graft is fixed with U-shaped sutures (Fig. 5) (4/0 Prolene) along its upper and lower edges.

A pre-formed parietal peritoneal flap is placed over the mesh graft and secured to the upper and lower walls of the inguinal canal with 6–8 interrupted sutures (4/0 Vicryl) (Fig. 6). This ensures reliable biological isolation of the synthetic material from surrounding tissues, including the spermatic cord structures.

The spermatic cord is placed on the formed biological bed — a flap of parietal peritoneum — excluding its direct contact with the implant (Fig. 7). The final stage of the surgery is tension-free, edge-to-edge suturing of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle over the spermatic cord, followed by standard skin closure (Fig. 8).

Ethical aspects. The study was conducted in accordance with the principles of the WMA Declaration of Helsinki (2013 revision). The protocol was approved by the Local Bioethics Committee of SamSMU (Protocol No. 124 dated November 11, 2025). Informed consent was obtained from all patients.

Statistical analysis. Data are presented as absolute values (%). Intergroup differences were assessed using the chi-square (χ^2) test and Fisher's exact test. The significance level

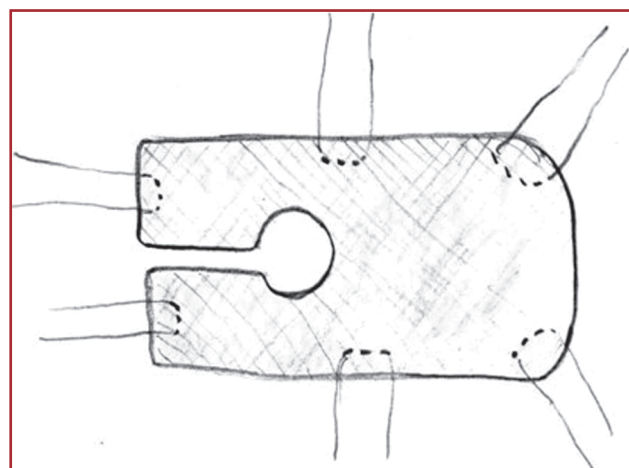


Figure 5. Polypropylene mesh (allotransplant) with equally sized branches and an opening for the spermatic cord, pre-sutured with U-shaped stitches



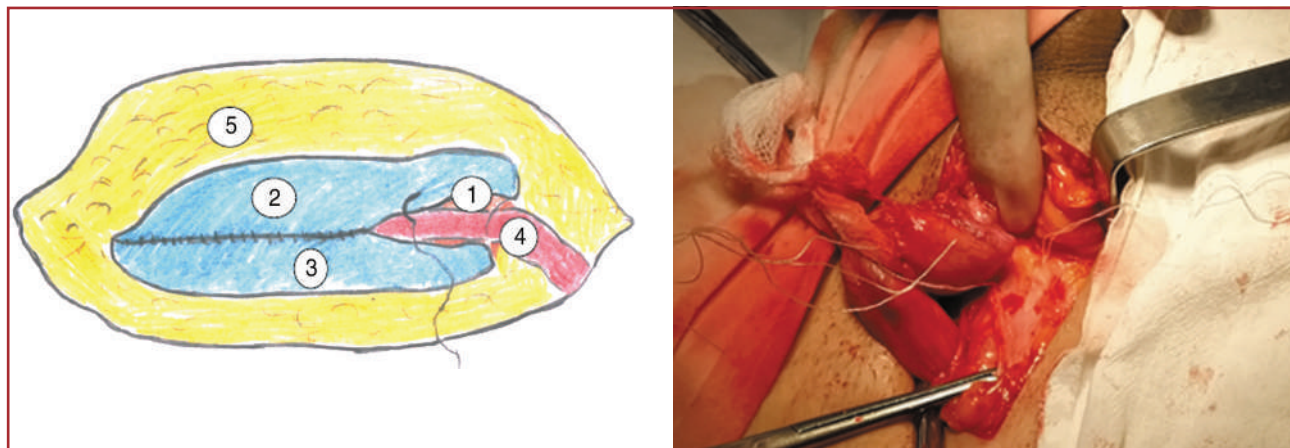


Figure 7. Placement of the spermatic cord on the formed biological bed from the parietal peritoneum and closure of the upper and lower flaps of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle edge to edge without tension: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 4 — spermatic cord; 5 — subcutaneous adipose tissue

was set at $p < 0.05$. Data processing was performed using SPSS Statistics version 26.0.

Compliance of the work with research plans. The study was carried out within the framework of the SamSMU research plan “Improving surgical treatment methods for anterior abdominal wall hernias” (2020–2026).

Results

A comparative analysis of surgical time showed that our modified inguinal herniorrhaphy technique is comparable to the classic Lichtenstein herniorrhaphy. The average surgical time for the Lichtenstein method was 37.4 ± 0.5 minutes, while the for the modified technique, it was 41.6 ± 3.8 minutes (Fig. 9).

An analysis of the results in open surgical treatment for inguinal hernias, presented in Table 1, reveals a significant difference in the rate of early postoperative complications between the study groups. In the main group, the overall wound complication rate was 6.0 %, while in the comparison group, this figure reached 21.2 %. These data indicate a significantly lower risk of complications after the use of the modified inguinal hernia alloplasty technique.

Three years after surgery, a long-term outcome analysis was performed in 95 patients (76.6 %) of the total 124 who underwent inguinal hernioplasty, and inguinal hernia recurrence was recorded in 2 (4.9 %) patients in the comparison group (Table 2).

The use of a modified method of inguinal hernioalloplasty with placement of a hernia sac flap over a mesh implant made it possible to reduce the recurrence rate of inguinal hernia from 4.9 to 0.0 %.

Thanks to the creation of a biological barrier between the mesh implant and the spermatic cord, no complications affecting the structures of the spermatic cord or testicle were reported in the study group. In contrast, in the comparison group of patients who underwent surgery using the Lichtenstein method, testicular atrophy was observed in three cases (7.3 %), and reproductive dysfunction occurred in four cases (9.8 %).

In our opinion, these complications are caused by the formation of fibrous-cicatricial adhesions between the mesh

implant and the spermatic cord, which leads to venous congestion, lymphatic edema and subsequent testicular atrophy with impaired functional activity.

Discussion

The study confirms the relevance of finding ways to optimize surgical treatment for inguinal hernias, which is consistent with global trends in herniology. An analysis of the treatment outcomes in 124 patients revealed the advantages of the proposed modified hernioalloplasty technique, aimed at reducing the incidence of postoperative complications and preserving reproductive function in men. The findings are consistent with modern research emphasizing the importance of an individualized approach to choosing a hernioplasty method [17].

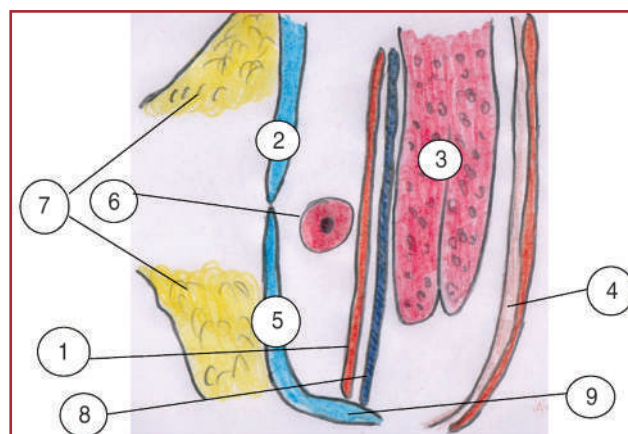


Figure 8. Schematic representation of the modified technique, sagittal section: 1 — hernia sac; 2 — upper flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 3 — free edges of the internal oblique and transverse abdominal muscles; 4 — transversalis fascia; 5 — lower flap of the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle; 6 — spermatic cord; 7 — subcutaneous adipose tissue; 8 — allotransplant fixed to the posterior wall of the inguinal canal; 9 — lower wall of the inguinal canal, inguinal ligament

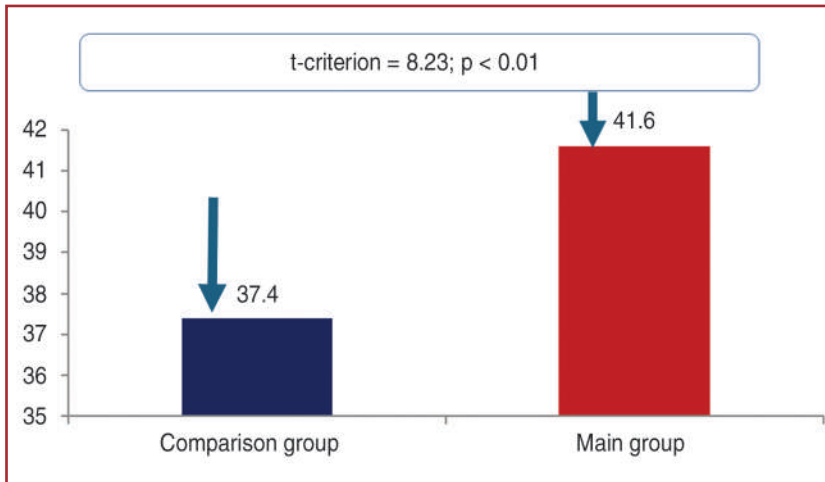


Figure 9. Comparative indicators of the duration of open inguinal hernioplasty (min)

A key aspect of the proposed modification is the use of a hernia sac flap to cover the mesh implant. According to the authors, this creates a biological barrier that minimizes contact of the synthetic material with the spermatic cord and surrounding tissues. The results demonstrated a lower incidence of seromas, indicating a reduced inflammatory response in the postoperative period. The absence of complications associated with testicular atrophy and reproductive dysfunction in the study group confirms the effectiveness

of the proposed technique in preserving important physiological parameters [18].

A comparative analysis of treatment outcomes in the study and comparison groups revealed a statistically significant reduction in the incidence of wound complications and inguinal hernia recurrence when using the modified technique. This indicates a more favorable postoperative course and improved long-term treatment outcomes. These findings support further study and implementation of the proposed technique in clinical practice.

Thus, modified open tension-free inguinal hernioplasty using a hernia sac flap represents a promising approach to the treatment of inguinal hernias, improving surgical outcomes and preserving reproductive function in men. Further research aimed at assessing the long-term results and cost-effectiveness of the proposed technique is warranted.

Conclusions

1. The application of modified open tension-free inguinal hernioplasty using a hernia sac flap to cover the mesh implant significantly reduces the incidence of postoperative seromas to 1.5 % ($p < 0.05$) versus 8.8 % with the classical Lichtenstein technique.

Table 1. Wound complications after inguinal hernioplasties

Indicator	Study groups				Total (n = 124)	
	Comparison group (n = 57)		Main group (n = 67)			
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
Swelling of the scrotum and testicle	2	3.5	–	–	2	1.6
Subcutaneous hematoma of the wound	1	1.8	1	1.5	2	1.6
Scrotal hematoma	1	1.8	–	–	1	0.8
Bleeding from the wound	–	–	1	1.5	1	0.8
Infiltrate	–	–	1	1.5	1	0.8
Seroma	5	8.8	1	1.5	6	4.8
Wound suppuration	2	3.5	–	–	2	1.6
Traumatic orchitis	1	1.8	–	–	1	0.8
Total complications	12	21.2	4	6.0	16	12.9
Number of patients with complications	8	14.0	3	4.5	11	8.9

Table 2. Incidence of adverse outcomes in the long-term postoperative period, abs. (%)

Long-term outcome	Study groups		Total (n = 95)
	Comparison group (n = 41)	Main group (n = 54)	
Relapse	2 (4.9)	–	2 (2.1)
Testicular atrophy	3 (7.3)	–	3 (3.2)
Reproductive dysfunction	4 (9.8)	–	4 (4.2)

2. Formation of a biological barrier from parietal peritoneum between the synthetic implant and the spermatic cord eliminates compression of the vascular-spermatic bundle, prevents testicular atrophy and impairment of reproductive function: in the study group, none of the above complications were observed, versus 7.3 and 9.8 %, respectively, in the comparison group ($p < 0.01$).

3. Recurrence of inguinal hernia in the three-year long-term follow-up period was 0.0 % in the study group and 4.9 % in the comparison group.

4. The overall rate of wound complications in the study group (6.0 %) was significantly lower than in the comparison group (21.2 %). The operative time (41.6 ± 3.8 min) is comparable to the Lichtenstein technique (37.4 ± 0.5 min), ensuring good reproducibility and feasibility of the modification.

5. The developed technique is recommended for use in complicated forms of inguinal hernias in men of reproductive age as a method providing reliable closure of the hernia defect while preserving reproductive potential.

Prospects for further research. A promising direction is conducting a randomized controlled trial on a bigger sample with a longer follow-up period (at least 5 years) and objective assessment of reproductive outcomes (spermatogram, hormonal profile, testicular Doppler ultrasound data). A comparative evaluation of the technique in recurrent hernias and in patients with a high risk of reproductive impairment is warranted. The development of standardized criteria for technical reproducibility and training modules will ensure wide adoption of the technique into broader surgical practice.

References

1. Kurbanyazov Z, Yuldashov P, Rakhmanov K, Davlatov S, Khamdamov B, Yanchenko S. Enhancement of surgical treatment methods for postoperative ventral hernia: experience of laparoscopic prosthetic hernioplasty. *Surgery Eastern Europe*. 2025;14(2):268-277. doi: 10.34883/PI.2025.14.2.027.
2. Senol Z. Evaluation of surgical results and effectiveness of laparoscopic transabdominal preperitoneal and laparoscopic totally extraperitoneal approaches in bilateral inguinal hernia repair: a randomized analysis. *J Laparoendosc Adv Surg Tech*. 2025;35(2):152-155. doi: 10.1089/lap.2024.0360.
3. Rakhmanov K, Hujamov O, Davlatov S, et al. Innovative aspects of open inguinal hernia surgery: reducing complications and preventing recurrences. *Neonatology, Surgery and Perinatal Medicine*. 2025;15(2(56)):150-162. doi: 10.24061/2413-4260.XV.2.56.2025.21.
4. Davlatov S, Rakhmanov K, Usarov S, et al. Inguinal hernia: modern aspects of etiopathogenesis and treatment. *Int J Pharm Res*. 2020;Suppl 2:338. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.338.
5. De la Croix H, Montgomery A, Holmberg H, Melkemichel M, Nordin P. Surgical expertise and risk of long-term complications following groin hernia mesh repair in Sweden: a prospective, patient-reported, nationwide register study. *Int J Surg*. 2025. doi: 10.1097/JS9.0000000000002871.
6. Perez AJ, Strassle PD, Sadava EE, Gaber C, Schlottmann F. Nationwide analysis of inpatient laparoscopic versus open inguinal hernia repair. *J Laparoendosc Adv Surg Tech*. 2020;30(3):292-298. doi: 10.1089/lap.2019.0656.
7. Qiu Z, Li S, Tang J, et al. Measurements of abdominal wall defect and hernia sac volume for the treatment of incisional hernia: application of the ultrasonic volume auto-scan in 50 cases. *Asian J Surg*. 2023;46(9):3601-3606. doi: 10.1016/j.asjsur.2023.01.066.
8. Hori T, Yasukawa D. Fascinating history of groin hernias: comprehensive recognition of anatomy, classic considerations for herniorrhaphy, and current controversies in hernioplasty. *World J Methodol*. 2021;11(4):160-187. doi: 10.5662/wjm.v11.i4.160.
9. Watanabe J, Izumi N, Kobayashi F, Miki A, Sata N. Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients undergoing inguinal hernia repair: a systematic review and meta-analysis. *JMA J*. 2023;6(4):371-380. doi: 10.31662/jmaj.2023-0056.
10. Jung S, Lee JH, Lee HS. Early outcomes of robotic transabdominal preperitoneal inguinal hernia repair: a retrospective single-institution study in Korea. *J Minim Invasive Surg*. 2023;26(3):128-136. doi: 10.7602/jmis.2023.26.3.128.
11. Holland C, Numata K, Rnjak-Kovacina J, Seib FP. The biomedical use of silk: past, present, future. *Adv Healthc Mater*. 2019;8(1):1800465. doi: 10.1002/adhm.201800465.
12. Miserez M, Peeters E, Aufenacker T, et al. Update with level 1 studies of the European Hernia Society guidelines on the treatment of inguinal hernia in adult patients. *Hernia*. 2014;18(2):151-163. doi: 10.1007/s10029-014-1236-6.
13. Reinhold W. Risk factors of chronic pain after inguinal hernia repair: a systematic review. *Innov Surg Sci*. 2017;2(2):61-68. doi: 10.1515/iss-2017-0017.
14. Bittner JG, Clingempeel NL. Hernia repair in the United States: current situation and trends. In: *The Art of Hernia Surgery: A Step-by-Step Guide*. Springer; 2018. 115-122. doi: 10.1007/978-3-319-72626-7_11.
15. Engbang JP, Essola B, Fouda B, et al. Inguinal hernias in adults: epidemiological, clinical and therapeutic aspects in Douala. *J Surg Res*. 2021;4(1):95-118. doi: 10.26502/jsr.10020115.
16. Davlatov S, Navruzov R, Sanoyeva M, et al. Case of laparoscopic treatment of recurrent obturator hernia. *BIO Web of Conferences*. 2024;121:04003. doi: 10.1051/bioconf/202412104003.
17. Ndong A, Tendeng JN, Diallo AC, et al. Adult groin hernia surgery in sub-Saharan Africa: a 20-year systematic review and meta-analysis. *Hernia*. 2023;27(1):157-172. doi: 10.1007/s10029-022-02669-9.
18. Tigora A, Radu PA, Garofil DN, et al. Modern perspectives on inguinal hernia repair: a narrative review on surgical techniques, mesh selection and fixation strategies. *J Clin Med*. 2025;14(14):4875. doi: 10.3390/jcm14144875.

Received 21.04.2026

Revised 02.07.2026

Accepted 21.07.2026

Information about authors

Rustam Khashimov, Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Navoi Regional Multidisciplinary Medical Centre, Navoi, Uzbekistan; e-mail: gap_1993_93@sammu.uz; <https://orcid.org/0009-0004-4784-163X>

Jasur Rizayev, DSc, Professor, Department of Public Health, Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan; e-mail: info@sammu.uz; <https://orcid.org/0000-0001-5468-9403>

Kosim Rakhmanov, DSc, Head of the Department of Surgery, Endoscopy and Anesthesiology-Resuscitation, Faculty of Postgraduate Education, Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan; e-mail: qosim.rakhmanov@sammu.uz; <https://orcid.org/0000-0002-3898-504X>

Zafar Kurbaniyazov, DSc, Professor, Head of the Department of Surgical Diseases and Transplantology 1, Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan; e-mail: zafar.kurbaniyazov@sammu.uz; <https://orcid.org/0000-0002-5725-6088>

Salim Davlatov, DSc, Professor of the Department of Faculty and Hospital Surgery, Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino, Bukhara, Uzbekistan; e-mail: pro.ilmiy@bsmi.uz; <https://orcid.org/0000-0002-3268-7156>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The study was conducted without external funding.

Authors' contribution. R.U. Khashimov — participation in the analysis and collection of materials, writing the article; J.A. Rizayev — concept and design of research, conducting research, editing the article; K.E. Rakhmanov — concept and design of research, analysis of materials and results, writing the text of the article, creating drawings; Z.B. Kurbaniyazov — collection, analysis of materials and results; S.S. Davlatov — analysis of materials and results, editing the article.

Use of artificial intelligence. The authors used generative AI tools for text editing and to improve the clarity of the Introduction and Discussion sections. All content was critically reviewed, edited, and approved by the authors, who bear full responsibility for the integrity and accuracy of the manuscript.

Khashimov R.U.¹, Rizayev J.A.¹, Rakhmanov K.E.¹, Kurbaniyazov Z.B.¹, Davlatov S.S.²

¹Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

²Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino, Bukhara, Uzbekistan

Модифікована техніка відкритої пахвинної герніоалопластики та її вплив на хірургічні наслідки, а також збереження репродуктивної функції

Резюме. Актуальність. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, грижові захворювання передньої черевної стінки, включаючи пахвинні грижі, залишаються однією з найпоширеніших причин планових хірургічних втручань у всьому світі (до 20 % всіх операцій загальної хірургії). **Мета:** підвищення ефективності хірургічного лікування пацієнтів з ускладненими формами пахвинних гриж шляхом удосконалення технічних аспектів відкритої герніопластики. **Матеріал та методи.** Для проспективного динамічного активного дослідження було відібрано 124 чоловіки із пахвинними грижами. Першу групу (група порівняння) становили 46,0 % хворих, оперованих за методом Ліхтенштейна, у другу (основну) групу увійшли 54,0 % пацієнтів, у яких застосовано модифіковану пахвинну герніоалопластику. **Результати.** В основній групі загальна частота ускладнень при загоєнні ран становила 6,0 %, тоді як у групі порівняння цей показник сягав 21,2 %. Частота рецидивів пахвинної грижі знизилася з 4,9 до 0,0 %. Серед пацієнтів групи порівняння у 3 випадках (7,3 %) спостерігалася

атрофія яєчка, а в 4 (9,8 %) — порушення репродуктивної функції. Ці дані вказують на вірогідно нижчий ризик ускладнень після застосування модифікованого методу пахвинної герніоалопластики. **Висновки.** Модифікована відкрита пахвинна герніоалопластика з використанням клаптя грижового мішка для покриття сітчастого імплантату продемонструвала високу клінічну ефективність у зниженні частоти післяопераційних сером до 1,5 % в основній групі проти 8,8 % у групі порівняння (метод Ліхтенштейна). Формування біологічного бар'єра між імплантатом та структурами сім'яного канатика суттєво знижує ризик розвитку фіброзно-рубцевих змін, мінімізує ризик компресії судинно-сім'яного пучка, що, у свою чергу, забезпечує збереження репродуктивної функції у чоловіків (при зниженні ускладнень з 17,1 до 0 %) та обумовлює більш сприятливий перебіг раннього післяопераційного періоду.

Ключові слова: пахвинна грижа; герніоалопластика; ускладнення; рецидив

О. СІДЕЛКОВСЬКИЙ

ЮРИДИЧНА ГІГІЄНА МЕДИЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ

ПРОЧИТАЙ
ТА ПРАЦЮЙ
СПОКІЙНО

КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ "АКСІМЕД"

Посібник містить вкрай необхідну інформацію для кожного медичного працівника незалежно від напрямку його діяльності. Книга буде надійним помічником у разі виникнення конфліктних або непередбачуваних ситуацій у щоденній практичній діяльності.

AKSIMED.UA



(044) 390-0055



*“Аксімед”
завжди
попереду!*

НА БАЗІ КЛІНІКИ “АКСІМЕД” ФУНКЦІОНУЄ

ЦЕНТР ПРОБЛЕМ СНУ

ЕФЕКТИВНА ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ:

- порушень дихання уві сні (нічне апное);
- усіх видів безсоння;
- синдрому неспокійних ніг.

ПРОВДИМО НАЙСУЧАСНІШУ
ПОЛІСОМНОГРАФІЮ



AKSIMED.UA • 044 390 00 55