

УДК 616–001.17:616–073

Т.І. Фармага, О.В. Лукавецький, О.М. Чемерис, І.В. Стояновський

# Використання безконтактного термографа FLIR One для оцінювання глибини опікової рани

*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Україна*

Paediatric Surgery(Ukraine).2024.2(83):13-18; doi 10.15574/PS.2024.83.13

**For citation:** Farmaha TI, Lukavetskyi OV, Chemerys OM, Stoianovskyi IV. (2024). The FLIR One non-contact thermography application in the assessment of the burn wound depth. Paediatric Surgery (Ukraine). 2(83): 13-18; doi: 10.15574/PS.2024.83.13.

Лікування опікових травм ускладнюється правильним діагностуванням ділянок, які потребують негайної некректомії (глибокий опік), і тих, що можуть самостійно загоїтися (поверхневий опік). Безконтактна термографія з використанням пристрою FLIR One може бути надійним, неінвазивним і недороговартісним методом для оцінювання глибини термічного ураження.

**Мета** – вивчити температуру здорової шкіри, глибокого та поверхневого опіків за допомогою безконтактного термографа FLIR One, температурну різницю між ними та діагностичну цінність методу для оцінювання глибини опіку.

**Матеріали та методи.** У дослідженні взяли участь 22 пацієнти з опіками кінцівок. Термометрію уражених ділянок проводили за допомогою термографа FLIR One протягом перших 48 годин після травмування перед санацією рани та під час неї, зображення аналізували в додатку FLIR One.

**Результати.** Температура здорової шкіри становила 34,7°C (34,4–35,1°C), температура поверхневого опіку – 35,8°C (35,5–36,2°C), а глибокого опіку – 32,4°C (32,0–32,8°C). Різниця між здоровою шкірою та глибоким опіком дорівнювала 2,3°C (2,2–2,4°C), між поверхневим і глибоким опіками – 3,4°C (3,0–3,8°C). Температура 33,7°C при безконтактній термографії з 95% чутливістю та специфічністю вказувала на глибокий опік. Зниження температури ураженої шкіри на більше 2,0°C порівняно зі здоровою шкірою (2,2–2,4°C) або поверхневим опіком (3,0–3,8°C) також вказувало на глибоке термічне ураження.

**Висновки.** Термографія з використанням FLIR One є надійним і доступним методом для аналізу глибини опікових ран. Температура здорової шкіри під час термографії становить 34,7°C (34,4; 35,1)°C і є нижчою за температуру поверхневого опіку (35,8°C (35,5; 36,2)°C), але вищою за температуру глибокого опіку (32,4°C (32,0; 32,8)°C). Температура 33,7°C із високою чутливістю та специфічністю вказує на глибокий опік. Дослідження свідчить, що зниження температури на понад 2,0°C порівняно зі здоровою шкірою або поверхневим опіком вказує на глибоке термічне ураження.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення досліджень отримано інформовану згоду пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Ключові слова:** опікова травма, діагностика глибини опікової рани, термографія, безконтактна термографія, FLIR One.

## The FLIR One non-contact thermography application in the assessment of the burn wound depth

**T.I. Farmaha, O.V. Lukavetskyi, O.M. Chemerys, I.V. Stoianovskyi***Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Ukraine*

The treatment of burn injuries is complicated by the proper diagnosis of areas requiring immediate necrectomy (deep burn) and those that can heal on their own (superficial burn). Non-contact thermography using the FLIR One device may be a reliable, non-invasive, and cost-effective method for assessing the depth of thermal injury.

**Aim** – to study the temperature of healthy skin, deep and superficial burns using the FLIR One non-contact thermograph, the temperature difference between them, and the diagnostic value of the method for assessing burn depth.

*Original articles. Combustiology*

**Materials and methods.** The study involved 22 patients with limb burns. Thermometry of the affected areas was performed using the FLIR One thermograph within the first 48 hours after injury, before and during wound sanitation, with images analyzed using the FLIR One application.

**Results.** The temperature of healthy skin was 34.7°C (34.4–35.1°C), the temperature of superficial burns was 35.8°C (35.5–36.2°C), and the temperature of deep burns was 32.4°C (32.0–32.8°C). The difference between healthy skin and deep burns was 2.3°C (2.2–2.4°C), and between superficial and deep burns was 3.4°C (3.0–3.8°C). A temperature of 33.7°C with non-contact thermography indicated a deep burn with 95% sensitivity and specificity. A decrease in the temperature of the affected skin by more than 2.0°C compared to healthy skin (2.2–2.4°C) or superficial burns (3.0–3.8°C) also indicated deep thermal damage.

**Conclusions.** Thermography using FLIR One is a reliable and accessible method for analyzing the depth of burn wounds. The temperature of healthy skin during thermography is 34.7°C (34.4; 35.1)°C and is lower than the temperature of superficial burns (35.8°C (35.5; 36.2)°C) but higher than the temperature of deep burns (32.4°C (32.0; 32.8)°C). A temperature of 33.7°C with high sensitivity and specificity indicates a deep burn. The study showed that a temperature decrease of more than 2.0°C compared to healthy skin or superficial burns indicates deep thermal damage.

The research was carried out in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. Informed consent of the child and child's parents was obtained for the research.

The authors declare no conflict of interest.

**Keywords:** burn injury, determining the burn wound depth, thermography, non-contact thermography, FLIR One.

**Вступ**

Частота виникнення термічних уражень у побуті та на виробництві є високою, а їхнє лікування – складним і тривалим [2]. Наслідки опікових травм можуть характеризуватися формуванням рубців та інвалідацією пацієнта, для попередження яких найефективнішим є раннє видалення мертвих тканин і відновлення шкірного покриву [6]. Однак під час лікування таких пацієнтів не завжди вдається швидко та якісно діагностувати ті ділянки, що потребують негайної некректомії та закриття рани, і ті, що здатні до самозагоєння без патологічних наслідків [1,6]. Саме з цією метою важливою є диференціація глибоких уражень від поверхневих у перші години прибуття пацієнта до стаціонару.

Найчастіше на практиці застосовується візуальне оцінювання глибини опікової рани, оскільки є найбільш доступним і базується на огляді рани та визначенні її тактильних характеристик (зовнішній вигляд, капілярне наповнення та чутливість). Однак достовірність такої методики є обмеженою через оцінювання лікарем лише поверхні рани та суб'єктивність самої методики, адже вона не підкріплена жодними чіткими класифікаціями. Іншим методом, який, навпаки, використовується вкрай рідко, проте вважається стандартом, є гістологічний аналіз пункційної біопсії, отриманої з опікової рани. Але цей метод має низку недоліків, таких як відсутність стандартизованої гістологічної інтерпретації, високу частоту помилок у відборі зразків через неоднорідність опікової рани, ураження місця біопсії. Серед методів, які також можуть застосовуватися для оцінювання глибини опікової рани, є лазерна доплерографія, що визначає кровотік у рані, та індоціанін-зелений ангиографія з використанням

ін'єкційного барвника для відображення перфузії тканин у реальному часі [4,7].

Постійно ведеться пошук нових надійних неінвазивних і недороговартісних методик, що швидко й якісно в реальному часі змогли б оцінити глибину ураження. Саме такими критеріями володіє безконтактна термографія з інфрачервоною камерою за допомогою портативного пристрою FLIR One [7]. Цей прилад зарекомендував себе як економічно ефективний, універсальний і цінний інструмент для допомоги клініцистам в оцінюванні глибини термічного ураження не лише в опікових центрах, але й у відділеннях невідкладної допомоги [3,7]. Враховуючи такі характеристики приладу, вивчено його надійність і діагностичну цінність для оцінювання глибини термічного ураження.

**Мета** дослідження – вивчити температуру здорової та термічно ураженої (глибокого та поверхневого опіків) шкіри за допомогою безконтактного термографа FLIR One, температурну різницю між вказаними ділянками та діагностичну цінність методу для оцінювання глибини опікової рани.

**Матеріали та методи дослідження**

До дослідження, рандомізовано 22 пацієнти з опіками верхніх і/або нижніх кінцівок. Усіх пацієнтів проліковано в Міському центрі термічної травми та пластичної хірургії, відокремлений підрозділ «Лікарня Святого Луки», Комунальне некомерційне підприємство «1 Територіальне медичне об'єднання міста Львова» упродовж 2023 року.

Критерії залучення до дослідження: вік пацієнтів 18–65 років, відсутність тяжкої супутньої патології, зокрема цукрового діабету, наявність термічної травми внаслідок контакту з полум'ям або розжареним предметом.



**Рис. 1.** Ілюстрація методу вимірювання в додатку FLIR One. *Ліворуч:* звичайна VGA-фотографія, на якій попередньо визначено зону інтересу в опіковій рані, а також контрольну ділянку. *Праворуч:* термофотографія (колірна палітра Rainbow). Позначки у верхньому лівому куті показують температуру обраних точок

Термометрію виконано за допомогою безконтактного термометра FLIR One (FLIR® Systems, Inc., Wilsonville, OR, USA) упродовж перших 48 годин після травмування перед санацією рани та під час неї. За допомогою пристрою FLIR One, який під'єднали до планшету iOS (iPad 9, Apple, Inc., Cupertino, USA), отримано теплові зображення. Зображення зроблено двома камерами: тепловим датчиком Lepton™ (160×120 пікселів) і видимою камерою VGA (640×480 пікселів). Відповідно отримано два зображення, об'єднані за допомогою технології Multi Spectral Dynamic Imaging (MSX) в одне теплове зображення з роздільною здатністю 640×480 пікселів. Камера FLIR One має температурний діапазон у межах від -20°C до +120°C і здатна виявляти різницю температур до 0,1°C. Для отримання зображення пристрій розміщено паралельно поверхні тіла на відстані 30,0–40,0 см над опіковою раною з обов'язковим вимкненням нагрівальних ламп та інших зовнішніх джерел тепла з метою попередження помилок під час вимірювання. Усі вимірювання виконано в операційній, де додатково також зафіксовано температуру повітря кімнатним термометром (середня температура становила 23,6°C (діапазон – 21,4–27,4°C)).

Зображення проаналізовано в додатку FLIR One після одужання пацієнта. В одного пацієнта проведено фіксацію трьох температурних точок – температура здорової шкіри (на відстані  $\geq 3$  см проксимальніше опікової рани), температура поверхневого опіку (ділянки, що загоїлася самостійно), температура глибокого опіку (ділянки, що потребувала висічення), а також оцінено різницю температур між ділянками, виражену як  $\Delta T$  (°C) (рис. 1).

Отримані результати вимірювання температур опрацьовано на персональному комп'ютері в програмі «Excel» (Microsoft) із використанням описової статистики, t-критерію Стьюдента для порівняння рівності середніх значень у двох вибірках. Діагностичну цінність методу оцінено за допомогою програми SPSS із побудовою ROC-кривих і площі під кривою AUC й обчисленням показників чутливості та специфічності. Для перевірки гіпотези про рівність математичного сподівання середнього значення для популяції проведено t-тестування. Отримані результати наведено у вигляді  $M (d_1; d_2)$ , де  $M$  – середнє арифметичне,  $d_1$  – нижня межа 95% довірчого інтервалу середнього арифметичного,  $d_2$  – верхня межа 95% довірчого

Original articles. Combustiology

**Таблиця 1**

Результати вимірювання безконтактним термометром FLIR One температури здорової шкіри, поверхневого та глибокого опіків

Показник	Температура, °C		
	здорової шкіри	поверхневого опіку	глибокого опіку
M (d <sub>1</sub> ; d <sub>2</sub> )	34,7 (34,4; 35,1)	35,8 (35,5; 36,2)*	32,4 (32,0; 32,8)*.#
Max	35,8	37,5	33,8
Min	33,6	34,6	31,2
Med	34,8	35,9	32,5

Примітки: \* –  $p < 0,05$  за t-критерієм Стюдента порівняно з показниками температури здорової шкіри; # –  $p < 0,05$  за t-критерієм Стюдента порівняно з показниками температури поверхневого опіку.

**Таблиця 2**

Різниця температур здорової шкіри, поверхневого та глибокого опіків

Показник	Різниця температур ( $\Delta T$ ), °C		
	здорової шкіри та поверхневого опіку	здорової шкіри та глибокого опіку	поверхневого опіку та глибокого опіку
M (d <sub>1</sub> ; d <sub>2</sub> )	1,1 (0,7; 1,5)	2,3 (2,2; 2,4)	3,4 (3,0; 3,8)
Max	2,9	3,1	5,2
Min	-0,7	1,9	1,6
Med	1,1	2,2	3,2

інтервалу середнього арифметичного, n – кількість обстежених пацієнтів у групі, max – максимальне значення, min – мінімальне значення, med – медіана. Статистично достовірною прийнято різницю за  $p < 0,05$ .

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення досліджень отримано інформовану згоду пацієнтів.

**Результати дослідження та їх обговорення**

Оцінено 22 опікові рани. Температура тіла здорової шкіри становила 34,7°C (34,4°C; 35,1°C), що була достовірно нижчою за температуру поверхневого опіку – 35,8°C (35,5°C; 36,2°C) і достовірно вищою за температуру глибокого опіку – 32,4°C (32,0°C; 32,8°C). Зафіксоване нами максимальне значення температури здорової шкіри становило 35,8°C, що також було нижчим за максимальне значення температури поверхневого опіку (37,5°C) та вищим за максимальну температуру глибокого опіку (33,8°C). Найнижче температурне значення серед вимірювань температури здорової шкіри становило 33,6°C, що менше за найнижче значення температури поверхневих опіків (34,6°C) та вище за найнижче значення вимірювань глибоких опіків (31,2°C). Додатково також визначено медіану – статистичну величину, розташовану посередині ранжованого ряду вибірки. Медіана значень темпера-

тури здорової шкіри дорівнювала 34,8°C, що була нижчою за медіану вимірювань температур поверхневого опіку (35,9°C) і вищою за медіану вимірювань температур глибокого опіку (32,5°C). Результати наведено в таблиці 1.

Наступним етапом обчислено різницю температур ( $\Delta T$ ) між ділянками шкіри. Різницю обчислено самостійно лікарем. Відповідно до отриманих результатів (табл. 2) встановлено, що  $\Delta T$  між температурою здорової шкіри та поверхневого опіку становила 1,1°C (0,7°C; 1,5°C). При цьому найбільша різниця температур дорівнювала 2,9°C, а найменша різниця температур становила -0,7°C, а отже, були такі випадки, коли температура здорової шкіри перевищувала температуру поверхневого опіку. Середнє (медіальне) значення  $\Delta T$  між здоровою шкірою та поверхневим опіком становило 1,1°C.  $\Delta T$  між температурами здорової шкіри та глибокого опіку дорівнювала 2,3°C (2,2°C; 2,4°C), максимальна різниця становила 3,1°C, а мінімальна – 1,9°C. Медіана  $\Delta T$  між здоровою шкірою та поверхневим опіком дорівнювала 2,2°C.  $\Delta T$  між температурою поверхневого та глибокого опіків була найбільшою і становила 3,4°C (3,0°C; 3,8°C), максимальна різниця дорівнювала 5,2°C, мінімальна – 1,6°C, медіальне значення – 3,2°C.

Наступним кроком визначено критерії глибокого термічного ураження за допомогою термографії шляхом статистичного аналізу. Для пошуку «точки відсікання» – температури, яка свідчить про глибо-



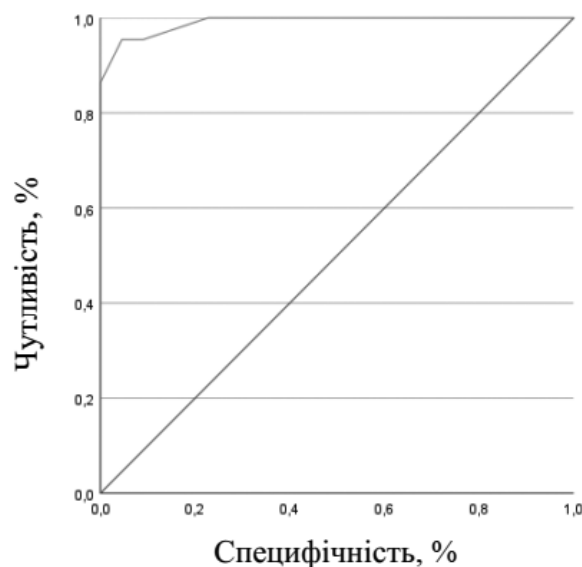
кий опік, побудовано ROC-криву (рис. 2). Площа під кривою – показник AUC – рівний 0,99 (0,97; 1,00), що достовірно ( $p < 0,05$ ) вказувало на діагностичну цінність такого методу діагностування.

Оцінюючи ROC-криву, встановлено, що за температури 33,7°C і нижче з 95,0% чутливістю та специфічністю можна стверджувати про наявність глибокого опіку в пацієнта порівняно зі здоровою контрольною ділянкою.

Провівши відповідні статистичні обрахунки, встановлено, що  $\Delta T$  між температурою здорової шкіри та глибокого опіку дорівнює вище 2,0°C, а різниця між здоровою шкірою та глибоким опіком з 95,0% достовірністю знаходиться у межах 2,2–2,4°C. За результатами порівняння температури глибокої та поверхнево-термічно-ураженої шкіри виявлено, що різниця більше 2,0°C та з 95,0% достовірністю знаходиться в межах 3,0–3,8°C.

За умови термічної травми раннє оперативне втручання – тангенціальне висічення з одночасною аутодерматопластиком – у межах перших діб після травмування дає змогу вірогідно скоротити термін перебування хворого в стаціонарі, кількість оперативних втручань, потреб у перев'язках, загальних знеболювань, що сприяє скороченню тривалості загоєння рани [3]. Однак під час проведення таких втручань особливо важливо правильно встановити глибину ураження, щоб спрогнозувати обсяг тканин, який зможе потенційно знекротизувати і має бути видаленим. Водночас підтверджений поверхневий опік здатен до самозагоєння. Способи, які традиційно використовуються комбустіологами з цією метою, є або малоінформативними і непереконливими, як візуальний аналіз, або складними у використанні (гістологічне дослідження, лазерна доплерографія, індоціанін-зелений ангиографія) [4].

Методика для диференціювання глибокого ураження від поверхневого, а також для підтвердження наявності глибокого ураження порівняно зі здоровою шкірою має бути простою та доступною у використанні, об'єктивною та недорогою. Саме таким критеріям відповідає портативний термограф FLIR One з інфрачервоною камерою [3,7]. Тепловізор можна приєднати до планшетів або смартфонів iOS та Android, а відповідний додаток FLIR One дає змогу аналізувати зображення одразу, що є особливо важливим для практичної медицини, а також ретроспективно, що цікаво для наукових спостережень і досліджень [7]. Такі прості та недорогі технології сьогодні стають все більш важливими в охороні здоров'я, оскільки вважаються еконо-



**Рис. 2.** ROC-крива пошуку температури, що свідчить про глибокий опік, порівняно з температурою здорової ділянки шкіри

мічно ефективними, універсальними і, отже, широко застосовними.

Методика FLIR One дає змогу оцінити перфузію в місці термічного ураження ділянки за допомогою вимірювання температури шкіри. При термометрії глибокі опіки є «холоднішими», що, імовірно, пов'язано зі зниженням мікросудинного кровотоку і/або втратою клітинного метаболізму в некротичній тканині. Водночас поверхневі опіки є «теплішими» через втрату епітелію, запалення та набряк [5].

Враховуючи такі властивості термографії, проаналізовано температуру на ділянках глибокого і поверхневого ураження та на контрольній ділянці здорової шкіри. За отриманими даними, показники температури достовірно різнилися між собою на кожній досліджуваній ділянці. Температура тіла здорової шкіри становила 34,7°C (34,4°C; 35,1°C), що була достовірно нижчою за температуру поверхневого опіку (35,8°C (35,5°C; 36,2°C) і достовірно вищою за температуру глибокого опіку (32,4°C (32,0°C; 32,8°C)). Не менш важливим було вивчення  $\Delta T$  між ділянками, що досліджувалися.  $\Delta T$  між температурою здорової шкіри та поверхневого опіку становила 1,1°C (0,7°C; 1,5°C), між температурами здорової шкіри та глибокого опіку – 2,3°C (2,2°C; 2,4°C), а між температурою поверхневого та глибокого опіків  $\Delta T$  була найбільшою і становила 3,4°C (3,0°C; 3,8°C). Власне ці результати і лягли в основу діагностичних критеріїв, які дають змогу об'єктивно оцінити глибину термічного ураження.

*Original articles. Combustiology*

Шляхом статистичних обрахунків встановлено, що під час термографії температура термічноураженої шкіри 33,7°C з 95,0% чутливістю та специфічністю вказувала на глибокий опік. Не менш важливими були показники  $\Delta T$ , де зниження температури термічного ураження порівняно зі здоровою ділянкою на понад 2,0°C (з 95,0% достовірністю на 2,2–2,4°C), а порівняно з поверхневим опіком – понад 2,0°C (з 95,0% достовірністю 3,0–3,8°C) вказували на глибоке ураження.

Зважаючи на отримані результати, термограф FLIR One є цінним та доступним інструментом діагностування глибини опікової рани, що є необхідним на етапі її санації. Цей метод може бути корисним як в опікових центрах, так і в менш профільних відділеннях невідкладної допомоги.

**Висновки**

Термографія з використанням FLIR One є надійним і доступним методом для аналізу глибини опікових ран і може бути використаний у практичній медицині під час діагностування та лікування хворих із термічними травмами.

За результатами термографії, температура здорової шкіри становить 34,7°C (34,4–35,1°C), що є значно нижчою за температуру поверхневого опіку (35,8°C (35,5–36,2°C)) і значно вищою за температуру глибокого опіку (32,4°C (32,0–32,8°C)). Різниця температур між здоровою шкірою та поверхневим опіком становить 1,1°C (0,7–1,5°C), між здоровою шкірою та глибоким опіком – 2,3°C (2,2–2,4°C), а між поверхневим і глибоким опіками – 3,4°C (3,0–3,8°C).

Про глибоке термічне ураження свідчить температура ураженої шкіри 33,7°C, зафіксована під час

безконтактної термографії. Зниження температури ураженої ділянки на більше 2,0°C порівняно зі здоровою шкірою (2,2–2,4°C) або з поверхневим опіком (3,0–3,8°C) з 95% достовірністю свідчить про глибоке термічне ураження.

*Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.*

**References/Література**

1. Farmaha TI, Lukavetskyi OV, Chemerys OM. (2023). Advantages of tangential excision with simultaneous autodermoplasty for treating burn wounds. Paediatric Surgery (Ukraine). 2(79): 23–27. [Фармага ТІ, Лукавецький ОВ, Чемерис ОМ. (2023). Переваги тангенціального висічення з одночасною аутодерматопластиком для лікування опікових ран. Хірургія дитячого віку (Україна). 2(79): 23–27]. doi: 10.15574/PS.2023.79.23.
2. Greenhalgh DG. (2019, Jun 13). Management of Burns. N Engl J Med. 380(24): 2349–2359.
3. Jaspers MEH, Carrière ME, Meij-de Vries A, Klaessens JHGM, van Zuijlen PPM. (2017, Nov). The FLIR ONE thermal imager for the assessment of burn wounds: Reliability and validity study. Burns. 43(7): 1516–1523. Epub 2017 May 20. doi: 10.1016/j.burns.2017.04.006.
4. Jaspers MEH, van Haasterecht L, van Zuijlen PPM, Mokkink LB. (2019, Mar). A systematic review on the quality of measurement techniques for the assessment of burn wound depth or healing potential. Burns. 45(2): 261–281. Epub 2018 Jun 23. doi: 10.1016/j.burns.2018.05.015. PMID: 29941159.
5. Marina CN, Raducu L, Ardeleanu V, Florescu IP, Jecan CR. (2020, Dec). Thermographic camera in traumatology, diabetic foot and reconstructive procedures. Injury. 51 Suppl 4: S117–S120. Epub 2020 Mar 9. doi: 10.1016/j.injury.2020.03.020. PMID: 32173079.
6. Sharma DJ, Langer V. (2019). Management of hand burns using tangential excision and grafting versus delayed excision and grafting. Int Surg J. 6(6): 2097–2103.
7. Xue EY, Chandler LK, Viviano SL, Keith JD. (2018, Apr). Use of FLIR ONE Smartphone Thermography in Burn Wound Assessment. Ann Plast Surg. 80; 4 Suppl 4: S236–S238.

**Відомості про авторів:**

**Фармага Тарас Ігорович** – аспірант каф. хірургії № 1 Львівського НМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0002-7187-4974>.

**Лукавецький Олексій Васильович** – д.мед.н., проф., зав. каф. хірургії № 1 Львівського НМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0002-3998-6749>.

**Чемерис Орест Мирославович** – д.мед.н., проф., ректор Львівського НМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0001-8550-6980>.

**Стояновський Ігор Володимирович** – к.мед.н., доц., доц. каф. хірургії № 1 Львівського НМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0003-3336-1016>.

Стаття надійшла до редакції 08.03.2024 р., прийнята до друку 14.05.2024 р.