

# Вивчення порушень кровообігу та зокрема мікроциркуляції кінцівок у хворих на оніхомікози методом дистанційної інфрачервоної термографії

Олійник І.О.<sup>1</sup>, Шустакова Г.В.<sup>2</sup>, Супрун К.Г.<sup>1</sup>,  
Олійник Г.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ДУ «Інститут дерматології та венерології НАМН України»

<sup>2</sup>Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України

<sup>3</sup>Харківська медична академія післядипломної освіти

**Резюме.** У статті наведено дані щодо вивчення порушень кровообігу та зокрема мікроциркуляції кінцівок у хворих на оніхомікози методом тепловізійного дослідження, який є неінвазивним та дозволяє безконтактно проводити моніторинг на всіх етапах саногенезу захворювання. Метод інфрачервоної термографії дозволив підтвердити наявність супутньої патології та виявити ступінь порушень кровообігу у хворих на оніхомікози, що було підґрунтям для призначення цим хворим відповідної коригуючої терапії.

**Ключові слова:** оніхомікоз, інфрачервона термографія, коморбідна патологія, діагностика, лікування.

**DOI:** 10.33743/2308-1066-2022-4-13-16

Дистанційний метод інфрачервоної термографії (ІЧТ) знаходить все більше застосування в різних галузях людської діяльності [5] завдяки інформативності самого методу та сучасним тепловізорам, які компактні, мобільні, нескладні в управлінні і мають високу температурну чутливість (соті частки градуса), просторовий дозвіл (частки мілірадіану) та частоту зміни кадрів (десятки герц). Ці параметри дають змогу з високою точністю оцінювати динаміку температурного поля різних об'єктів, включаючи біологічні. І хоча більшість тепловізорів мають ділянку спектральної чутливості (3–5 і 8–13) мкм, при якій вони «бачать» практично лише поверхневі температурні поля, ці поля містять безліч інформації про внутрішні (ендо-) екзотермічні процеси. Використання термографії в медицині особливо привабливе завдяки неінвазивності методу, його функціональності, легкості та дешевизні обстеження [1, 2, 4]. Але й досі, за винятком тепловізійної діагностики молочних залоз, ІЧТ використовується у клінічній практиці лише як додатковий другорядний метод. Причина цього – недостатні знання про патофізіологічні основи теплових зображень і, як наслідок, відсутність клінічних методик кількісного тепловізійного аналізу. Тому нова наукова інформація про зв'язок теплових параметрів та клінічних показників дуже важлива і сприяє поширенню термографії у клінічній медицині.

Метою нашого дослідження було використання ІЧТ для первинної кількісної оцінки тяжкості порушень кровопостачання та мікроциркуляції в групі хворих з оніхомікозами для виявлення та санації коморбідних

порушень мікроциркуляції, що обтяжують патогенетичний фон та роблять необхідним доповнення терапевтичного комплексу.

## Матеріали і методи

Всього обстежено 54 хворих на оніхомікоз із підозрою на наявність порушень кровообігу.

Тепловізійне дослідження пацієнтів здійснювали з використанням тепловізора FLIR (FLIR Portland, США) при температурі повітря в приміщенні, що встановлювалося в межах від 22°C до 24°C. Діапазон вимірювання температур становить від мінус 20°C до плюс 400°C, спектральний діапазон – від 8 мкм до 14 мкм [3].

ІЧТ проводили для кожного хворого в реальному часі до та після лікування.

Для кількісної оцінки теплових параметрів з метою порівняння їх значень по групі хворих і здорових вимірювали (рис. 1):

- $\Delta(T_i)_n$  – показник теплової асиметрії, де  $\Delta T$  – різниця температур в симетричних ділянках, що досліджуються,  $i$  – номер тепловізійної сесії,  $n$  – номер ділянки, що досліджується;
- $\delta(T_i)_1$  – температурний градієнт (різниця температур між приблизною серединою тильної поверхні стопи і передньою поверхнею дистальної фаланги великого пальця ніжньої кінцівки, де  $i$  – номер тепловізійної сесії);
- $\delta(T_i)_2$  – температурний градієнт (різниця температур між приблизною серединою коліна і серединою тильної поверхні стопи) для кожної нижньої кінцівки;

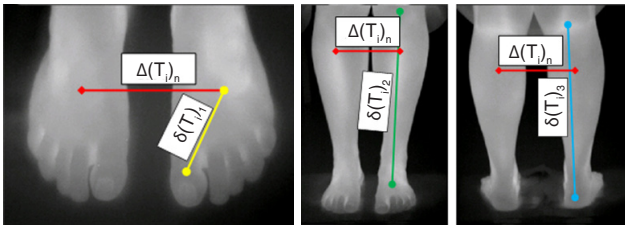


Рисунок 1. Схема вимірювання показників теплової симетрії та градієнтів температур

- $\delta(T_i)_3$  – температурний градієнт (різниця температур між приблизною серединою підколінної ямки і серединою задньої поверхні п'ята) для кожної нижньої кінцівки.

### Результати та їх обговорення

У результаті обстеження хворих: проведення ІЧТ, консультації відповідних спеціалістів, зокрема судинних хірургів, ендокринологів тощо, було виявлено: облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок – 8 хворих (14,8%), діабетичну ангіопатію судин нижніх кінцівок – 9 хворих (16,7%), варикозну хворобу – 20 хворих (37,0%). Крім того, додатково було встановлено наявність псоріазу у 7 хворих (13,0%) і мікробної екземи – у 10 (18,5%).

Отримані дані ІЧТ у хворих з артеріальною судинною патологією у вигляді облітеруючого атеросклерозу судин нижніх кінцівок свідчили про значні порушення температурних параметрів дистальних фрагментів нижніх кінцівок, значну термоасиметрію пальців правої і лівої ступні, а в деяких випадках і гомілок (рис. 2).

Права і ліва кінцівки (рис. 2) мають суттєву теплову асиметрію в ділянці дистальних фаланг «великого пальця» і в ділянці передньої поверхні гомілок.

Теплова асиметрія в ділянці дистальної фаланги великого пальця складає:

$$\Delta(T_o)_1 = 29,2^\circ\text{C} - 27,9^\circ\text{C} = 1,3^\circ\text{C},$$

Теплова асиметрія в ділянці дистальних фаланг великих пальців складає:

$$\Delta(T_o)_2 = 29,4^\circ\text{C} - 27,7^\circ\text{C} = 1,7^\circ\text{C},$$

У ділянках тильної сторони стопи термоасиметрія зменшується і складає відповідно:

$$\Delta(T_o)_2 = 30,4^\circ\text{C} - 31,1^\circ\text{C} = -0,7^\circ\text{C}$$

Температурні градієнти між тильною поверхнею стоп і передньою поверхнею дистальної фаланги великих пальців до початку лікування склали:

$$\delta(T_o)_1 = 30,4^\circ\text{C} - 29,2^\circ\text{C} = 1,2^\circ\text{C} \text{ для правої стопи;}$$

$$\delta(T_o) = 31,1^\circ\text{C} - 27,9^\circ\text{C} = 3,2^\circ\text{C} \text{ для лівої стопи;}$$

У ділянках передньої сторони гомілок (рис. 2) спостерігається значна термоасиметрія по великій площі, яка в середньому складає

$$\Delta(T_o)_3 = 36,1^\circ\text{C} - 34,7^\circ\text{C} = 1,4^\circ\text{C}.$$

Хворим на оніхомікоз, що страждали на облітеруючий ендартеріт, проводилася судинна терапія:

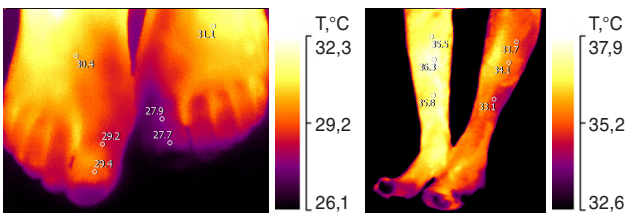


Рисунок 2. Теплові зображення стоп і гомілок хворого П., 72 роки, діагноз: оніхомікоз стоп, облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок (до лікування).

пентоксифілін 5,0 мл на 200 мл фізіологічного розчину внутрішньовенно краплинно № 7, тівортин по 100 мл внутрішньовенно № 7, нікотинава кислота по 2,0 мл внутрішньом'язово № 7 із подальшим переведенням на таблетовані препарати. Для пришвидшення відростання нігтьових пластин та поліпшення мікроциркуляції використовували препарат цитофлавін, що містить бурштинову кислоту 0,3 г, нікотинамід 0,025 г, рибкосин 0,05 г, рибофлавін 0,005 г та є природним метаболітом організму, стимулює тканинне дихання, є метаболічним енергокоректором та покращує мікроциркуляцію нігтьового ложа. Цитофлавін призначали по 10 мл на 100 мл фізіологічного розчину внутрішньовенно кожного дня протягом 10 днів з подальшим використанням внутрішньо по одній таблетці 2 рази на добу 3 тижні.

Контрольне ІЧТ дослідження проводили в реальному часі один раз на два тижні. На рис. 3 представлені термограми стоп і гомілок хворого через 14 днів після початку лікування.

Після проведеного комплексного лікування проводили контрольне ІЧТ дослідження.

За розподілом температур по досліджуваних ділянках видно, що після лікування теплова асиметрія значно зменшилася і складає відповідно:

$\Delta(T_o)_1 = 30,6^\circ\text{C} - 30,4^\circ\text{C} = 0,2^\circ\text{C}$ , – в ділянці дистальної фаланги великого пальця;

$\Delta(T_o)_2 = 31,0^\circ\text{C} - 30,9^\circ\text{C} = 0,1^\circ\text{C}$ , – в ділянці дистальних фаланг великих пальців;

$\Delta(T_o)_3 = 29,9^\circ\text{C} - 29,9^\circ\text{C} = 0^\circ\text{C}$ , – в ділянці тильної сторони стопи.

Температурні градієнти між тильною поверхнею стоп і передньою поверхнею дистальної фаланги великих пальців після лікування:

$$\delta(T_o)_1 = 29,9^\circ\text{C} - 30,6^\circ\text{C} = -0,7^\circ\text{C}, \text{ – для правої стопи;}$$

$$\delta(T_o) = 29,9^\circ\text{C} - 30,4^\circ\text{C} = -0,5^\circ\text{C}, \text{ – для лівої стопи;}$$

Теплова асиметрія передніх поверхонь гомілок також суттєво зменшилася і складає в середньому:

$$\Delta(T_i)_3 = 33,0^\circ\text{C} - 32,2^\circ\text{C} = 0,8^\circ\text{C}.$$

Після проведеного лікування відмічалася настання клінічного покращення нігтьових пластин.

ІЧТ проводили хворим на оніхомікоз, що страждали на варикозну хворобу (20 пацієнтів – 37,0%). ІЧТ у таких хворих свідчила про значні порушення крововідтоку та мікроциркуляції, як у дистальних, так і у проксимальних відділах кінцівок. Дані порушення можливо пов'язані з наявністю набряків та пастозністю гомілок та стоп. На рис. 4 наведено теплові зображення нижніх кінцівок такого хворого до початку лікування. Термограма ліворуч свідчить про значні порушення крововідтоку та мікроциркуляції у пальцях кінцівок. Середня термограма і графік праворуч (тепловий перетин зверху донизу) ілюструє порушення теплової симетрії внаслідок варикозної хвороби.

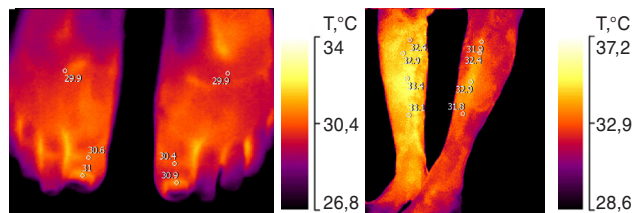


Рисунок 3. Теплові зображення стоп і гомілок хворого П., 72 роки, діагноз: оніхомікоз стоп, облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок (після лікування).

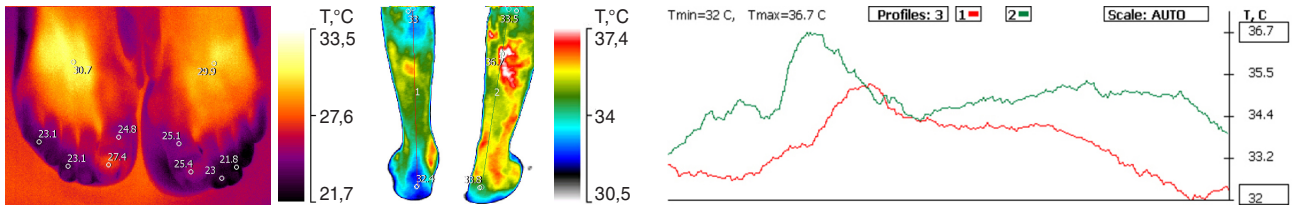


Рисунок 4. Хворий Ч., 72 роки, діагноз: оніхомікоз стоп, варикозний симптомокомплекс. Термометрія до лікування.

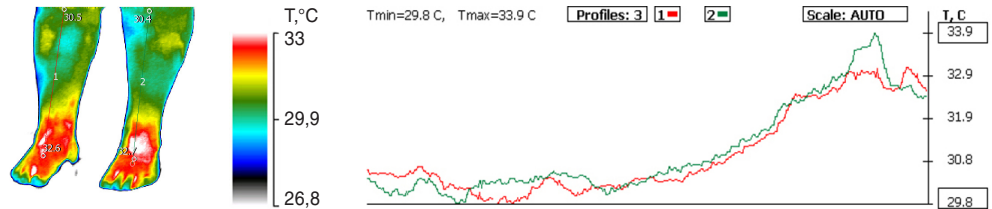


Рисунок 5. Хвора І., 56 років, діагноз: оніхомікоз стоп, мікробна екзема

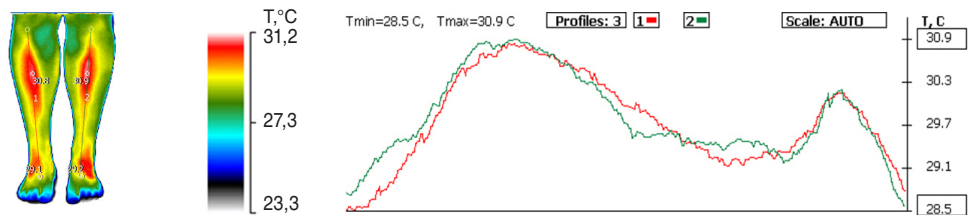


Рисунок 6. Здорова людина, 35 років. Тепловий перетин в нормі

Температурні градієнти між тильною поверхнею стоп і передньою поверхнею дистальної фаланги великих пальців до початку лікування:

$$\delta(T_{o1}) = 30,7^{\circ}\text{C} - 24,8^{\circ}\text{C} = 5,9^{\circ}\text{C}, \text{ – для правої стопи,}$$

$$\delta(T_o) = 29,9^{\circ}\text{C} - 25,1^{\circ}\text{C} = 4,8^{\circ}\text{C}, \text{ – для лівої стопи.}$$

Хворим на оніхомікоз, що страждали на варикозну хворобу, призначали судинні препарати венотонізуючої дії, такі як: детралекс по 1 капсулі 2 рази на добу, ескузан по 15 крапель 2 рази на добу, а також сечогінні – тріампур (брітомар) по 1 таблетці 1 раз на добу. Проведення судинної терапії сприяло покращенню температурних показників та швидшому настанню клінічного та мікологічного видужання.

У хворих із супутнім псоріазом та мікробною екземою під час проведення інфрачервоної термометрії спостерігалось підвищення температури стоп в середньому на 3 С від температури гомілок, на відміну від температури кінцівок здорової людини, де гомілка гарячіше за стопу. Ці порушення, можливо, пов'язані з наявністю запального процесу в кінцівках.

На рис. 5 наведено теплові зображення нижніх кінцівок хворого на мікробну екзему. Градієнт температури вдовж гомілок (тепловий перетин зверху донизу з середини колінь) показаний на рисунку. Для порівняння

на рисунку 6 приведено теплове зображення та аналогічний перетини (з середини колінь до середини тильної сторони ступні) для обох гомілок здорової людини 35 років середньої статури. Спостерігається тепла симетрія й інший градієнт температур вдовж теплового перетину.

Проведення комплексного лікування супутніх хронічних дерматозів сприяло купіруванню запального процесу в кінцівках хворих, нормалізації мікроциркуляції та швидшому настанню клінічної та мікологічної ремісії.

### Висновки

Таким чином, використання методу ІЧТ дозволило підтвердити наявність судинної патології та виявити ступінь порушень кровообігу та зокрема мікроциркуляції у хворих на оніхомікози, що стало підставою для призначення хворим судинної та протизапальної терапії, яка сприяла покращенню стану хворих, нормалізації температурних показників та досягненню ремісії у коротші терміни. Тепловізійний метод є неінвазивним і дозволяє бесконтактно моніторити проведення судинної терапії та коригувати лікування на всіх етапах саногенезу.

### Література

1. Ата М.А. Дистанционное термометрическое исследование измененных кожных покровов у больных очаговой склеродермией. *Дерматология та венерология*. 2018. № 2 (80). С. 50–53.
2. Возможности дистанционной термографии в комплексной диагностике артропатического псориаза / Я.Ф. Кутасевич, И.А. Олейник, А.А. Гаврилюк и др. *Експериментальна і клінічна медицина*. 2015. № 4 (69). С. 91–93.
3. Термографы ФТИНТ НАН Украины: медицинский аспект / Г.В. Шустакова, Ю.А. Винник, Г.С. Ефимова и др. *Лучевая диагностика. Лучевая терапия*. 2013. № 1. С. 27–33.
4. Diakides N.A., Bronzino J.D. *Medical Infrared Imaging*. New York: CRC Press, 2007. 448 p.
5. Infrared Thermography as an Effective Tool for Research and Industrial Application / Ye. F. Venger, V. I. Dunaievsky, V. Yo. Kotovskyi et al. *Sci. innov.* 2021. Vol. 17, Iss. 5. P. 20–33.

### References

1. Ata MA Distantionnoe termometricheskoe issledovanie izmenennykh kozhnykh pokrovov u bolnykh ochagovoi sklerodermiei [Remote thermometric study of altered skin in patients with focal scleroderma]. *Dermatolohiia ta venerolohiia*. 2018; 2 (80): 50–53. [in Ukr.]
2. Kutasevich YaF, Oleinik IA, Gavriiuk AA et al. *Vozmozhnosti distantionnoi termografii v kompleksnoi diagnostike artropaticheskogo psoriaza* [Possibilities of remote thermography in complex diagnostics of arthropathic psoriasis]. *Eksperymentalna i klinichna medytsyna*. 2015; 4 (69): 91–93. [in Ukr.]
3. Shustakova GV, Vinnik IUA, Efimova GS et al. *Termografy FTINT NAN Ukrainy: meditsinskii aspekt* [Thermographs of ILTPE of NAS of Ukraine: medical aspect]. *Luchevaia diagnostika. Luchevaia terapiia*. 2013; 1: 27–33. [in Ukr.]
4. Diakides NA, Bronzino JD. *Medical Infrared Imaging*. New York: CRC Press; 2007. 448 p.
5. Venger YeF, Dunaievsky VI, Kotovskyi VYo et al. *Infrared Thermography as an Effective Tool for Research and Industrial Application*. *Sci. innov.* 2021; 17(5): 20–33.

**STUDY OF DISORDERS OF BLOOD CIRCULATION  
AND MICROCIRCULATION IN PARTICULAR OF THE EXTREMITIES  
IN PATIENTS WITH ONYCHOMYCOSIS BY THE METHOD OF REMOTE  
INFRARED THERMOGRAPHY**

**Oliinyk I. O.<sup>1</sup>, Shustakova G. V.<sup>2</sup>, Suprun K. G.<sup>1</sup>, Oliinyk G. A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>SE «Institute of Dermatology and Venereology of NAMS of Ukraine»

<sup>2</sup>B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of the NAS of Ukraine

<sup>3</sup>Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education

**Abstract.** The article provides data on the study of blood circulation disorders and microcirculation of the limbs in patients with onychomycosis by the method of thermal imaging, which is non-invasive and allows non-contact monitoring and treatment at all stages of the disease's sanogenesis. The method of infrared thermography made it possible to confirm the presence of concomitant pathology and reveal the degree of blood circulation and microcirculation disorders in patients with onychomycosis, which was the basis for prescribing vascular and anti-inflammatory therapy to these patients.

**Key words:** onychomycosis, infrared thermography, comorbid pathology, diagnosis, treatment.

---

**Відомості про авторів:**

**Олійник Ірина Олександрівна** – д-р мед. наук, ст. наук. співроб., гол. наук. співроб. відділу дерматології, інфекційних і паразитарних захворювань шкіри ДУ «Інститут дерматології та венерології НАМН України». E-mail: otdderm@ukr.net.

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-6408-830X>.

**Шустакова Галина Володимирівна** – мол. наук. співроб. відділу надпровідних та мезоскопічних структур Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України. E-mail: galshustakova@gmail.com.

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-8737-0359>.

**Супрун Ксенія Григоріївна** – мол. наук. співроб. відділу дерматології, інфекційних і паразитарних захворювань шкіри ДУ «Інститут дерматології та венерології НАМН України». E-mail: liza100413@ukr.net.

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0003-2540-9147>.

**Олійник Григорій Анатолійович** – д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри комбустіології, реконструктивної та відновної хірургії Харківської медичної академії післядипломної освіти. E-mail: griol54@meta.ua.

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-7445-553X>.