

## ТЕРМОГРАФІЯ, ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЦИНІ

*Д.І. Остафійчук, О.Г. Шайко-Шайковський<sup>1</sup>, М.Є. Білов<sup>2</sup>, К.І. Чиботару*

Вищий державний навчальний заклад України "Буковинський державний медичний університет", м. Чернівці  
Чернівецький національний університет ім. Федьковича, м. Чернівці<sup>1</sup>  
ТОВ "Іномед", м. Чернівці<sup>2</sup>

Клінічна та експериментальна патологія Т.18, №1 (67). С.126-131.

DOI:10.24061/1727-4338.XVIII.1.67.2019.218

E-mail: biophysics@bsmu.edu.ua

**Резюме.** Термографія - сучасний діагностичний метод, який на сьогодні все частіше застосовується в медичних дослідженнях у зв'язку з достатньою інформативністю і неінвазивністю. У роботі озглянуто можливості термографії в сучасній медичній діагностиці. Проведений аналіз літератури на тему термографічних методів дослідження, визначено основні напрямки застосування методу в медицині. Визначено біофізичні аспекти термографії, фізіологічні та фізичні фактори, які впливають на формування термографічної картини.

**Ключові слова:** температура, термографія, інфрачервоне випромінювання, термодіагностика.

Клиническая и экспериментальная патология Т.18, №1 (67). С.126-131.

## ТЕРМОГРАФИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

*Д.И. Остафийчук, О.Г. Шайко-Шайковский, М.Е. Билов, К.И. Чиботару*

**Резюме.** Термография - современный диагностический метод, который в настоящее время всё больше применяется в медицинских исследованиях в связи с достаточной информативностью и неинвазивностью. В работе рассмотрены возможности термографии в современной медицинской диагностике. Произведён анализ литературы на тему термографических методов исследования, определены основные направления применения метода в медицине. Определены биофизические аспекты термографии, физиологические и физические факторы, которые влияют на формирование термографической картины.

**Ключевые слова:** температура, термография, инфракрасное излучение, термодиагностика.

Clinical and experimental pathology. Vol.18, №1 (67). P.126-131.

## THERMOGRAPHY, APPLICATION IN MEDICINE

*D.I. Ostafiychuk, O.S. Shaiko-Shaikovsky, M.E. Bilov, K.I. Chibotaru*

**Abstract.** Thermography is a modern diagnostic method, which is now increasingly used in medical researches due to sufficient information and non-invasiveness. The possibilities of thermography in modern medical diagnostics are considered in this paper. The analysis of literature on the topic of thermographic research methods was carried out, the main directions of application of the method in medicine were identified. The biophysical aspects of thermography, physiological and physical factors that influence on the formation of the thermographic picture are determined.

**Key words:** temperature, thermography, infrared radiation, thermal diagnostics.

**Вступ**

Термографія - метод реєстрації теплового випромінювання тіла людини в невидимій інфрачервоній області електромагнітного спектра [1]. У сучасній медицині термографія відновлює втрачені позиції і все частіше використовують термографію для діагностики різних захворювань. Основними напрямками використання термографії в медицині є онкологія і ангіологія. В онкології метод використовують для раннього виявлення злоякісних новоутворень під час профілактичних обстежень і для топічної та диференціальної діагностики пухлин. В ангіології термографія дає високоякісну інформацію про враження вен і артерій, діабетичних ангіопатіях, змінах судин мозку. Висока діагностична цінність методу при гострих запальних процесах черевної порожнини і суглобів. Тому використання термографії в хірургічній клініці, гастроентерології і ревматології є перспективним [1].

Основними напрямками термографічного методу дослідження можна виділити: вивчення термографічної картини різних ділянок тіла людини; виявлення динаміки патологічних процесів: прогресування пухлинного росту, загострення і ремісії хронічних захворювань, покращення стану під впливом лікарських препаратів; оцінка інервації і кровотоку в ділянці дослідження; контроль результатів корекції кровообігу після проведених оперативних втручань [1,2].

Теплове випромінювання людського тіла знаходиться в інфрачервоній частині спектра. Випромінювання тіла людини близьке до випромінювання абсолютно чорного тіла при тій же температурі (з коефіцієнтом поглинання рівним приблизно 0,9). Тому до інфрачервоного випромінювання тіла людини можливо, з відомою долею похибки, застосувати закони для абсолютно чорного тіла [1].

За законом Стефана-Больцмана, випромінювальна

здатність абсолютно чорного тіла прямо пропорційна четвертому ступеню його абсолютної температури (у цьому випадку мають на увазі повну випромінювальну здатність - сумарну енергію, яка випромінюється з одиниці площі поверхні за одиницю часу по всіх довжинах хвиль при даній температурі).

Згідно з теорією Планка, розподіл енергії випромінювання визначається обернено пропорційною залежністю по довжинах хвиль. Цей розподіл енергій однаковий для всіх абсолютно чорних тіл і виражається кривою, що має максимум. Довжина хвилі, якій відповідає максимум енергії випромінювання для абсолютно чорних тіл, визначається відповідно до закону Віна, який інформує, що цей максимум із збільшенням температури зміщується вбік коротко хвильової частини спектру [1,2]. Тому ми можемо стверджувати, що інфрачервоне випромінювання пропорційне четвертому ступеню абсолютної температури людського тіла. Температура організму людини залишається постійною в надзвичайно вузьких температурних межах і дорівнює 36 - 1 градус з визначеним добовим ритмом [1]. Постійність температури тіла людини досягається за рахунок існування в організмі теплового балансу, який визначається: накопиченим тілом теплом в одиницю часу; теплопродукцією метаболізму; радіаційними тепловтратами, випаровуванням; конвективною тепловіддачею; потужністю механічної роботи та випромінюванням (енергія якої пропорційна випромінювальній здатності тіла людини та четвертому ступеню її абсолютної температури) [3]. У людському організмі внаслідок екзотермічних біохімічних процесів у клітинах і тканинах, а також за рахунок вивільнення енергії, пов'язаної з синтезом ДНК і РНК, виробляється значна кількість тепла. Це тепло розподіляється всередині організму за допомогою циркулюючої крові і лімфи [1]. Кровообіг вирівнює температурні градієнти. Кров завдяки високій теплопровідності, що не змінюється від характеру руху, здатна здійснювати інтенсивний теплообмін між центральними і периферичними ділянками організму. Найбільш теплою вважається венозна кров. Вона мало охолоджується в легенях і, розповсюджуючись по великому колу кровообігу, підтримує оптимальну температуру тканин, органів і систем [4,15]. При патології система кровообігу порушується. Зміни виникають тому, що підвищений метаболізм, наприклад, в ділянці запалення, збільшує перфузію крові і відповідно теплопровідність, що відображається на термограмі появою ділянки гіпертермії. Температура тіла має визначену топографію. У здорової людини розподіл температур симетричний відносно середньої лінії тіла [5]. Порушення цієї симетрії і служить основним критерієм термографічної діагностики захворювань. Кількісним виразом термоасиметрії є величина перепаду температури [2,4]. Перечислимо основні причини виникнення температурної асиметрії: порушення кровообігу у зв'язку з травмою, тромбозом, емболією, склерозом судин; вроджена судинна патологія; вегетативні розлади, що призводять до порушення регуляції судинного тону; запальні процеси, пухлини, які викликають підсилення обмінних процесів; венозний застій, ретроградний ток

крові при недостатності клапанів вен [5]; зміна теплопровідності тканин у зв'язку з набряком, збільшенням чи зменшенням шару підшкірної жирової клітковини [4,6]. Відзначаючи різні варіанти температури тіла в нормі і патології, неможливо забувати про те, що всі процеси відбуваються в цілісному організмі і перебувають під контролем нейрогуморальної регуляції. Терморегуляторні реакції в людському організмі керуються гіпоталамусом [5]. Реакції, що збільшують тепловтрати, регулюються переднім гіпоталамусом (вони викликають глибоке дихання, потовиділення, розширення периферичних судин). Реакції, направлені на утворення і збереження тепла (звуження судин і т.д.), обумовлені дією заднього гіпоталамуса [5]. Виникнення тих чи інших реакцій пов'язано з стимуляцією двох груп рецепторів: периферичних і центральних. Від них імпульси ідуть по аферентних шляхах у гіпоталамус, а звідти по соматичних і автономних шляхах розповсюджуються до виконавчих органів, здійснюючи регуляцію потовиділення, судинного і м'язового тонусів [2,3,5,6]. Крім центральних, існують і місцеві механізми терморегуляції [5]. Шкіра завдяки густій мережі капілярів, що знаходяться під контролем вегетативної нервової системи і здатних значно розширюватись, змінювати свій калібр у широких межах, - прекрасний теплообмінний орган і регулятор температури тіла. Нервові зв'язки між шкірою і внутрішніми органами реалізуються у вигляді вісцеро-шкірних рефлексів, які протікають за типом аксон - рефлексів, сегментарних або проєкційних рефлексів. Імпульси з внутрішніх органів йдуть по аферентних шляхах в передні і бокові роги спинного мозку, а звідти передаються на верхні через ефекторні прегангліонарні і постгангліонарні симпатичні волокна [1,5]. Найбільш чітко ці зв'язки проявляються при патологіях, коли виникають стійкі шкірні зони зі зміненою чутливістю, трофікою, порушеними судинними, секреторними та іншими реакціями. Під впливом різних факторів у людини формується додаткова система проєкційних шкірно-вісцеральних взаємовідносин з численними ефектами. Внаслідок шкіра людини перетворюється в широку зону, яка в тому чи іншому ступені відображає процеси, що відбуваються у внутрішніх органах [7]. Температура шкіри може мати мозаїчний характер внаслідок неоднорідності температур внутрішніх органів або навіть окремих ділянок того чи іншого органу. Необхідно звернути увагу на високі термоізолюючі властивості шкіри, яка завдяки розгалуженій підшкірній судинній мережі, перешкоджає контактній передачі термічної дії в глибину тіла і у зворотному напрямку [5]. Усі ці загальні та місцеві механізми терморегуляції впливають на фізичні та фізіологічні фактори, які обумовлюють в кінцевому рахунку особливості термовипромінювання шкіри, а відповідно і характер термографічної картини [8]. Таким чином, термографія - метод функціональної діагностики, що базується на реєстрації інфрачервоного випромінювання людського тіла, пропорційного його температурі. Розподіл та інтенсивність теплового випромінювання в нормі визначається особливістю фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі як у поверхневих, так і в глибо-

ко лежачих тканинах і органах [2]. Різні патологічні стани характеризуються термоасиметрією і наявністю температурного градієнта між зоною підвищеного чи пониженого випромінювання і симетричною ділянкою тіла, що відображається на термографічній картині. Цей факт має важливе діагностичне значення, про що засвідчують численні клінічні дослідження [3].

### Основна частина

#### *Термографія у клініці. Онкологія*

На сьогодні термографія надійно завоювала належне місце в онкологічній клініці поряд з такими загальноприйнятими методами, як рентгенологічне дослідження і радіоізотопне сканування. Термографія полегшує вирішення багатьох задач в онкології. У першу чергу, мова йде про диференційну діагностику між доброякісними і злоякісними утвореннями. За допомогою термографічних досліджень можна визначити ступінь розповсюдження пухлинного процесу, ураження тих чи інших структур органа. Цей метод дає можливість прогнозувати протікання захворювання, визначити ступінь злоякісності пухлинного росту, його швидкість [9]. Термографія у клінічній практиці раціонально використовується в діагностиці пухлин молочних залоз у жінок [10]. Нині досконало розроблена термосеміотика злоякісних процесів грудей. До основних термографічних ознак патології зарахована контурна гіпертермія, асиметрія структури зображення, гіпертермія в ділянці ареоли, а також деформація контура молочної залози. Інформативність термографічного дослідження залежить від особливостей морфології пухлини, клініки і протікання захворювання [7,10]. Значний вплив на результат виявляють такі фактори: розмір пухлини, темп росту, гістологічний тип пухлини (найменш чітко виявляються високодиференційовані злоякісні пухлини). Особлива цінність термографії полягає в тому, що вона дає змогу визначити швидкість пухлинного росту і цим прогнозувати протікання процесу. Невеликий рак з яскравою термографічною характеристикою дає більш несприятливий прогноз, ніж велика, але термографічно "холодна" пухлина [4,10]. Для підвищення якості термографічної діагностики використовують функціональні медикаментозні, теплові і холодні проби [4]. Використовуючи різні фармакологічні препарати, можливо викликати штучну гіпертермію в ділянці патологічної зміни чи підсилити наявну. Це дає підставу виявити термоасиметрію на ранніх стадіях захворювання. Термографія - цінний метод для виявлення новоутворень м'яких тканин (використання методу при лімфогранулематозі та інших видах злоякісних лімфом). Термографія дає змогу встановити ефективність проведеного лікування та своєчасно провести необхідну корекцію терапії, а також визначити початок рецидиву чи, навпаки, засвідчити досягнення ремісії. Перспективним є використання термографії для діагностики пухлин шкіри (меланом, базаліом малігнізованих невусів), що пояснюється поверхневим розміщенням цих новоутворень [10]. З успіхом термографія використовується для діагностики раку шийки матки, черевних пухлин, новоутворень щитовидної залози та органів грудної клітки

[9].

Кардіологія і ангіологія. Необхідно відзначити, що термографія знайшла застосування в діагностиці судинної патології, гіпертонічної хвороби, нейроциркуляторної дистонії, ішемічної хвороби серця [11,12]. Термографія широко застосовується в діагностиці гострих і хронічних захворювань артерій і вен, при хронічній венозній недостатності, варикозному розширенні вен, артеро-венозних анастомозів, аневризмі артерій кінцівок і черевної аорти, діабетичних ангіопатій [11]. У здорових людей термографічна картина нижніх кінцівок характеризується симетричним розподілом температури [13]. При різних захворюваннях нижніх кінцівок термограма різко змінюється. Першою ознакою патології являється термоасиметрія, яка виникає в дистальних відділах нижніх кінцівок [13,14]. За допомогою термографічного методу дослідження можна виявити наявність поверхневих варикозних вен. Метод їх виявлення базується на тому факті, що при недостатності клапанів перфорантних вен виникає зворотний тік крові з глибоких вен у поверхневі. Оскільки температура в глибоких венах вища, то в результаті відбувається збільшення температури шкіри, що прилягає до поверхневих вен. Термографія може бути використана в якості контролюючого тесту при лікуванні захворювань кінцівок методом гіпербаричної оксигнації [13]. Крім того, термографія є найбільш об'єктивним методом для оцінки терапевтичної дії магнітного поля, бо вона дає уявлення про стан периферичного кровопостачання і безпосередньо стану мікроциркуляторних систем. До переваг термографічного дослідження під час оцінки біологічного ефекту електромагнітного поля відноситься також можливість візуального спостереження за змінами кровообігу. Термографія використовується і для оцінки дії судиннорозширюючих препаратів при консервативному лікуванні захворювань кінцівок [14], а також визначення впливу оперативних втручань на кровообіг вражених кінцівок. В останньому випадку термографія може бути використана для оцінки ступеня відновлення кровообігу після шунтування чи протезування враженої судини. Дуже важлива роль методу стосовно оцінки кровотоку після такої операції, як пластика глибокої артерії стегна (це пов'язано з тим, що при ураженні поверхневої стегнової артерії пульс на артеріях стоп відсутній і пальпаторно робити висновок про відновлення кровообігу в даному випадку неможливо) [13]. Метод термографії можна використовувати і для оцінки ефективності лікарських препаратів, які використовуються при порушенні периферичного кровообігу, діабетичному поліневриті. Беззаперечною перевагою термографії перед іншими методами дослідження полягає також в її високій інформативності, наглядності, швидкості обстеження хворих. Термографія дозволяє комплексно оцінити стан кровообігу нижніх кінцівок і виявляти зміни периферичного кровотоку на ранніх стадіях захворювання; діагностувати оклюзивні захворювання судин і інші циркуляторні розлади ще в доклінічній стадії захворювання; вивчати динаміку розвитку патологічного процесу у всіх його фазах за рахунок відображення поверхневого кровообігу, який легко

піддається функціональним змінам [13]. Тому метод термографії значно полегшує диференціальну діагностику серцево-судинних захворювань і дає об'єктивні дані про стан вегетативної нервової системи. Можливості термографії не обмежуються розпізнанням різних захворювань, вона дає змогу в певних випадках встановити її етіологію патологічного процесу [12,15].

*Пульмонологія.* У цьому розділі медицини термографічні дослідження повинні враховувати те, що легені захищені своєрідним бар'єром - грудною кліткою, яка не пропускає теплову енергію, що надходить від внутрішніх органів. Результат термографії значною мірою залежить від багатьох передумов: віку хворого, особливостей кровопостачання пухлин, наявності чи відсутності в ній розпаду, стан оточуючої пухлину легеневої тканини (наявності чи відсутності емфіземи), наявності рідини в плевральній ділянці (раковий плеврит), рефлекторних впливів на судини шкіри, підшкірної клітковини [6]. Тепер розроблена термосеміотика раку легенів і доброякісних пухлин. Останні відрізняються більш чіткими ділянками світіння і меншим перепадом температур. Відносно гнійних захворювань легенів (bronхоектатична хвороба, хронічний абсцес легенів, абсцесуюча пневмонія), то термографічний метод дає чітку реєстрацію підвищення температури над ділянкою запального процесу. Кожне із захворювань легенів має свої специфічні ознаки на термограмах. Для пневмонії, наприклад, характерна гомогенність ділянки і нагрів проєкції зосередження; для емфіземи легенів - дрібнозерниста гіпертермія; у хворих гострою пневмонією на початковій стадії проявляється термоасиметрія теплового поля, що виражається проявом зони гіпертермії [4,6,8].

*Гастроентерологія.* Можливості термографії в гастроентерології зумовлені варіабельністю термографічної картини передньої черевної стінки у здорових людей, що виражається в високому ступені фізіологічної термоасиметрії [1]. Тканини черевної стінки непрозорі для інфрачервоного випромінювання за рахунок шару підшкірної жирової клітковини. При вираженому шарі підшкірної жирової клітковини в 2 см внаслідок її термоізолюючих властивостей на перше місце виступає конвекційний теплообмін крові. У такій ситуації фізіологічна термоасиметрія зумовлена нерівномірним розподілом підшкірних артеріальних судин. При тонкому шарі підшкірної жирової клітковини до 0,3 см. термографічна картина зумовлена інтенсивністю теплопровідності біотканини. Термографічний метод також знайшов застосування в діагностиці запальних і пухлинних уражень черевної порожнини [4].

*Хвороби печінки та жовчочовивідних шляхів.* Найбільш переконлива термографічна картина складається при хронічному холециститі, ускладненому холангітом, обтураційною жовтухою чи вторинним панкреатитом, що виражається чітко вираженою термоасиметрією. Особлива цінність термографічного дослідження при захворюваннях печінки і жовчочовивідних шляхів, що дає можливість глибше оцінити характер запального процесу, локалізацію і ступінь вираженості його у хворих холециститами і хронічними гепатитами

у фазі загострення [1,7]. Значний інтерес представляє можливість термографії в діагностиці цирозу печінки. При постнекротичному церозі у проєкції печінки виявляються дрібні ділянки гіпертермії. При хронічному агресивному гепатиті з тенденцією переходу в цироз над проєкцією печінки виявляється гомогенна з нерівними контурами зона гіпертермії. При біліарному цирозі, пов'язаному із застоєм жовчі, як правило, виявляється зона гіпертермії по ходу проєкції великих внутрішньо печінкових жовчних шляхів [16]. Термографія сприяє ранньому виявленню портальної гіпертензії. При цьому варикозно розширені вени портокавальних анастомозів представлені зонами підвищеного світіння. При прогресуючій портальній гіпертензії у проєкції печінки і збільшеної селезінки визначають також зони гіпертермії. Зона гіпотермії в ділянці передньої черевної стінки і гіпогастральної ділянки засвідчує про асцит [3,16].

*Артрологія.* Термографічні дослідження в діагностиці кісткових уражень ревматичної етіології можлива завдяки судинному механізму запалення. Кров, яка протікає у судинному руслі у фазі гіпертермії, обумовлює підвищення температури в зоні запалення, що відображається на термографічній картині. Термографічною ознакою ревматоїдного артрити є гіпертермія суглобів, яка достовірно вказує на наявність запалення навіть у випадку відсутності клінічних проявів хвороби [6]. При травматичних ушкодженнях суглобів термографія дає можливість визначити ділянку крововиливу, її розміри, своєчасно виявити ускладнення запального процесу. Існує також ряд захворювань суглобів, при яких патологічний процес характеризується появою ділянок гіпотермії на термографічній картині. Сюди можна зарахувати анкілозуючий спондиліт, різні деформуючі артрози, склеродермії [1,16].

*Урологія.* Зміни на термограмах виявляються у хворих як при запальних захворюваннях нирок (пієлонефритах), так і при злоякісних пухлинах ниркової паренхіми. Термографія у комплексі з іншими методами діагностики знаходить застосування в обстеженні урологічних хворих з пухлинами сечовивідних шляхів, аденною простати, сечокам'яною хворобою, гострим пієлонефритом. При всіх перерахованих захворюваннях на термограмах проявляються зони гіпертермії. При пухлинних процесах їх поява зумовлена підвищенням метаболізмом перероджених тканин, що визиває збільшення теплопродукції, а відповідно, передачі тепла. За термограмами можливо робити висновок про розповсюдження патологічного процесу (наприклад, у випадку розвитку цистоуретеропієлонефриту при аденномі простати) [9]. Метод термографії може бути використаний для диференціальної діагностики ниркової коліки. При такій хворобі відсутні запальні процеси і переважає спазм гладкої мускулатури та больовий синдром [5]. Термографічні дослідження допомагають успішно вирішити завдання динамічного спостереження за станом пересаженої нирки і виявити хворих з розвитком кризи відторгнення. Це допомагає своєчасно почати проведення імунодепресантної терапії.

*Неврологія (нервові хвороби).* Термографію вва-

жають одним із перспективних сучасних методів діагностики в клініці нервових хвороб. Підтвердженням цьому служить той факт, що нервова система є одним з важливих регуляторів кровотоку в людському організмі. Локальні зміни кровотоку відіграють основну роль у коливаннях температури людського тіла, виявлених методом термографії [12]. Метод термографії нетравматичний, дає інформацію не тільки про органічні, а і функціональні порушення кровотоку, тому ідеально використовується для діагностики оклюзивних уражень сонних артерій, даючи змогу визначити локалізацію і ступінь звуження сонних артерій. Термографія використовується в діагностиці ішемічного інсульту, характерною ознакою якого є термоасиметрія з гіпертермічними ділянками, пов'язана з паралітичними вегетативно-судинними порушеннями. Термографія допомагає визначити стан компенсаторних можливостей кровообігу і може бути використана в діагностиці і контролі за ефективністю лікування захворювань головного мозку (наприклад, при шийному остеохондрозі). Метод термографії знайшов використання і в діагностиці пухлинних захворювань нервової системи [1,9]. При пухлинах головного мозку на термограмах голови відзначається чітка асиметрія з підвищенням температури на ділянці пухлини до двох градусів. Зона свічення при цьому гомогенна і має чіткі межі [9]. Крім того, термографія дає змогу провести диференціальну діагностику первинних і вторинних пухлин хребта і, більше того, різних за ступенем зрілості гістологічних типів пухлин (сарком, ангіом, гемангіом хребта) [1,3,9].

### Висновок

Отже, термографія сьогодні зайняла визначене місце серед діагностичних методів, що застосовуються в медицині. Термографічні дослідження в комплексі з іншими інструментальними методами сприяють правильному і точному діагнозу, дають підставу врахувати локалізацію і розповсюдження патологічного процесу, спостерігати динаміку захворювання і виявляти можливі ускладнення. Термографія у комплексі з клінічними, нейрофізіологічними і біохімічними дослідженнями - досить цінний метод при розпізнанні механізмів різних захворювань [17].

### Список літератури

- 1.Ткаченко ЮА, Голованова МВ, Овечкин АМ. Клиническая термография (обзор основных возможностей). Ростов-на-Дону; 1999. 274 с.
- 2.Иваницкий ГР. Тепловидение в медицине. Вестник Российской академии наук. 2006;76(1):48-8.
- 3.Маевский ЕИ, Хижняк ЛН, Смуров СВ, Хижняк ЕП. Настоящее и будущее инфракрасной термографии. Известия Института инженерной физики. 2015;1:2-12.
- 4.Ураков АЛ. Инфракрасная термография и тепловая томография в медицинской диагностике: преимущества и ограничения. Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке [Интернет]. 2013[цитировано Фев 28];15(11):45-51. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/v/infrakrasnaya-termografiya-i-teplovaya-tomografiya-v-meditsinskoj-diagnostike-preimuschestva-i-ogranicheniya>
- 5.Амосова КМ, редактор. Внутрішня медицина. У 3-х томах. Київ: Медицина; 2008. Том 1; 1055 с.
- 6.Андреев РС, Каленов ЮН, Якушкин АВ, Акимов ЕБ, Соськин ВД. Возможности инфракрасной термографии по вы-

явлению морфофункциональных характеристик человека (детей и взрослых). Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология. 2016;3:49-58.

7.Хижняк ЛН, Хижняк ЕП, Иваницкий ГР. Диагностические возможности матричной инфракрасной термографии. Проблемы и перспективы. Вестник новых медицинских технологий. 2012;19(4):170-6.

8.Потехина ЮП, Курников ГЮ, Голованова МВ, Ткаченко ЮА. Возможности новой технологии инфракрасной термографии в дифференциальной диагностике меланоцитарных образований кожи. Вестник эстетической медицины. 2012;11(2):83-8.

9.Ефимова ГС. Опыт использования термографии в клинической онкологии. ScienceRise. Medical science. 2015;3-4:91-6. doi: 10.15587/2313-8416.2015.39341

10.Кожевникова ИС, Панков МН, Ермошина НА. Методы обработки и анализа термограмм для экспресс-диагностики новообразований молочных желёз. Журнал медико-биологических исследований. 2017;5(2):56-66. doi: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.56

11.Сагайдачный АА, Фомин АВ, Волков ИЮ. Предельные возможности современных тепловизоров как инструмента для исследования колебаний периферического кровотока человека в различных диапазонах частот. Медицинская физика. 2016;4:84-93.

12.Кожевникова ИС, Панков МН, Старцева ЛФ, Афанасенкова НВ. Применение инфракрасной термографии при сосудистых патологиях (краткий обзор). Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017;(5 Ч 1):72-4.

13.Мекшина ЛА, Усынин ВА, Столяров ВВ, Усынин АФ. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2012;27(2):15-22.

14.Замечник ТВ, Ларин СИ. Возможности термографии в диагностике варикозной болезни нижних конечностей. Флебология. 2009;3(3):10-4.

15. Камзолова ОА. Тепловидение в оценке эффективности восстановительных мероприятий в ревматологии (научный обзор литературы). Вестник новых медицинских технологий (Электронный журнал) [Интернет]. 2013[цитировано Фев 28]; 17(1):212. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/v/teplovidenie-v-otsenke-effektivnosti-vosstanovitelnyh-meropriyatij-v-revmatologii-nauchnyy-obzor-literatury>

16.Злепко СМ, Коваль ЛГ, Гаврилова НМ, Тимчик ІС. Медична апаратура спеціального призначення. Вінниця; 2010. 159 с.

17.Краснокутская ЛН. Создание системы массового скрининга населения на основе метода медицинской инфракрасной термографии. Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. 2014;2:63-4.

### References

- 1.Tkachenko YuA, Golovanova MV, Ovechkin AM. Klinicheskaya termografiya (obzor osnovnykh vozmozhnostey) [Clinical thermography (overview of key features)]. Rostov-na-Donu; 1999. 274 p.
- 2.Ivanitskiy GR. Teplovidenie v meditsine [Thermal imaging in medicine]. Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. 2006;76(1):48-8. (in Russian).
- 3.Maevskiy EI, Khizhnyak LN, Smurov SV, Khizhnyak EP. Nastoyashchee i budushchee infrakrasnoy termografii [Present and future infrared thermography]. Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki. 2015;1:2-12. (in Russian).
- 4.Urakov AL. Infrakrasnaya termografiya i teplovaya tomografiya v meditsinskoj diagnostike: preimuschestva i ogranicheniya [Infrared thermography and thermal imaging in medical diagnostics: advantages and limitations]. On Line Scientific and Educational Bulletin Health and Education Millennium [Internet]. 2013[tsitirovano Фев 28];15(11):45-51. Dostupno: <https://cyberleninka.ru/article/v/infrakrasnaya-termografiya-i-teplovaya-tomografiya-v-meditsinskoj-diagnostike-preimuschestva-i-ogranicheniya> (in Russian).
- 5.Amosova KM, redaktor. Vnutrishnia medytsyna [Internal Medicine]. U 3-kh tomakh. Kiev: Medytsyna; 2008. Tom 1; 1055 p. (in Ukrainian).
6. Andreev RS, Kalenov YuN, Yakushkin AV, Akimov EB, Клінічна та експериментальна патологія. 2019. Т.18, №1 (67)

Son'kin VD. Vozможности infrakrasnoy termografii po vyyavleniyu morfofunktsional'nykh kharakteristik cheloveka (dety i vzroslykh) [Application of infrared thermography to identify morphological and functional characteristics of a person (children and adults)]. Moscow University Anthropology Bulletin. 2016;3: 49-58. (in Russian).

7. Khizhnyak LN, Khizhnyak EP, Ivanitskii GR. Diagnosticheskie vozможnosti matrichnoy infrakrasnoy termografii. Problemy i perspektivy [The Diagnostic Opportunities of Infrared Thermography. Problems and Perspectives]. Journal of New Medical Technologies. 2012;19(4):170-6. (in Russian).

8. Potekhina YuP, Kurnikov GYu, Golovanova MV, Tkachenko YuA. Vozможности novoy tekhnologii infrakrasnoy termografii v differentsial'noy diagnostike melanotsitarnykh obrazovaniy kozhi [Possibilities of new technology of infrared thermography in the differential diagnosis of melanocytic formations of the skin]. Vestnik estetsicheskoy meditsiny. 2012;11(2):83-8. (in Russian).

9. Efimova GS. Opyt ispol'zovaniya termografii v klinicheskoy onkologii [Experience of using thermography in clinical oncology]. ScienceRise. Medical science. 2015;3-4:91-6. doi: 10.15587/2313-8416.2015.39341 (in Russian).

10. Kozhevnikova IS, Pankov MN, Ermoshina NA. Metody obrabotki i analiza termogramm dlya ekspres-diagnostiki novoobrazovaniy molochnykh zhelez [Methods of infrared thermogram processing and analysis for instant diagnosis of breast cancer]. Journal of Medical and Biological Research. 2017;5(2):56-66. doi: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.56 (in Russian).

11. Sagaidachnyi AA., Fomin AV, Volkov IU. Predel'nye vozможности sovremennykh teplovizorov kak instrumenta dlya issledovaniya kolebaniy perifericheskogo krovotoka cheloveka v razlichnykh diapazonakh chastot [Limit capabilities of modern thermal imaging cameras as a tool for investigation of peripheral blood flow oscillations within different frequency ranges]. Medical physics. 2016;4:84-93. (in Russian).

12. Kozhevnikova IS, Pankov MN, Startseva LF, Afanasenkova NV. Primenenie infrakrasnoy termografii pri sosudistykh patologiyakh (kratkiy obzor) [Application of infrared thermography with vascular pathology (brief overview)]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2017;(5 Ch 1):72-4. (in Russian).

13. Mekshina LA, Usynin VA, Stolyarov VV, Usynin AF. Primenenie teplovideniya v diagnostike obliteriruyushchikh zabolevaniy arteriy nizhnikh konechnostey [Thermal imaging in the diagnosis of obliterating diseases of lower limb arteries]. Siberian Medical Journal (Irkutsk). 2012;27(2):15-22. (in Russian).

14. Zamechnik TV, Larin SI. Vozможности termografii v diagnostike varikoznoy bolezni nizhnikh konechnostey [Diagnostic potential of thermography for primary varicosis of the lower extremities]. Flebologiya. 2009;3(3):10-4. (in Russian).

15. Kamzolova OA. Teplovidenie v otsenke effektivnosti vosstanovitel'nykh meropriyatiy v revmatologii (nauchnyy obzor literatury) [Thermal imaging in the evaluation of the efficiency of remedial action in rheumatology (scientific review)]. Journal of New Medical Technologies, eEdition [Internet]. 2013 [tsitirovano Fev 28];17(1):212. Dostupno: <https://cyberleninka.ru/article/v/teplovidenie-v-otsenke-effektivnosti-vosstanovitelnyh-meropriyatiy-v-revmatologii-nauchnyy-obzor-literatury> (in Russian).

16. Zlepko SM, Koval' LH, Havrilova NM, Tymchuk IS. Medychna aparatura spetsial'noho pryznachennia [Medical equipment of special purpose]. Vinnytsia; 2010. 159 p. (in Ukrainian).

17. Krasnokutskaya LN. Sozdanie sistemy massovogo skringinga naseleniya na osnove metoda meditsinskoy infrakrasnoy termografii [Creating a system of mass screening of the population based on the method of medical infrared thermography]. Aktual'nye problemy sotsial'no-gumanitarnogo i nauchno-tekhnicheskogo znaniya. 2014;2:63-4. (in Russian).

#### Відомості про авторів:

Остафійчук Д.І. - асистент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики ВДНЗ України "Буковинський державний медичний університет", м.Чернівці, Україна

Шайко-Шайковський А.Г. - професор кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики, Чернівецький національний університет ім.Федьковича, м.Чернівці, Україна

Білов М.С. - директор ТОВ "Іномед", м.Чернівці, Україна

Чіботару К.І. - студентка 2 групи 6 курсу першого медичного факультету ВДНЗ України "Буковинський державний медичний університет", м.Чернівці, Україна

#### Сведения об авторах:

Остафійчук Д.И. - ассистент кафедры биологической физики и медицинской информатики ВГУЗ Украины "Буковинский государственный медицинский университет", г.Черновцы, Украина

Шайко-Шайковский А.Г. - профессор кафедры профессионально и технологического образования и общей физики, Черновицкий национальный университет им.Федьковича, г.Черновцы, Украина.

Билов М.Е. - директор ООО "Иномед", г.Черновцы, Украина

Чиботару К.И. - студентка 2 группы 6 курса первого медицинского факультета ВГУЗ Украины "Буковинский государственный медицинский университет", г.Черновцы, Украина

#### Information about the authors:

Ostafiychuk D.I. - assistant professor of the Department of Biological Physics and Medical Informatics VDNZ Ukraine "Bukovinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine

Shayko-Shaykovsky A.G. - professor of the Department of Vocational and Technological Education and General Physics, Chernivtsi National University named after Fedkovich, Chernivtsi, Ukraine

Bilov M.E. - director of LLC "Inomed", Chernivtsi, Ukraine

Chibotaru K.I. - student 2 groups of 6 course of the first medical faculty VDNZ Ukraine "Bukovinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 20.02.2019

Рецензент – проф. І.А.Плеш

© Д.І.Остафійчук, О.Г.Шайко-Шайковський, М.С.Білов, К.І. Чіботару, 2019