

ТЕРМОГРАФІЯ В МЕДИЦИНІ — ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ

Д. І. Остафійчук, проф. О. Г. Шайко–Шайковський,
доц. О. О. Рожнов**, М. Є. Білов****

**ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці,
*Чернівецький національний університет ім. Федьковича, м. Чернівці,
**Харківська медична академія післядипломної освіти, м. Харків,
***ТОВ «Іномед», м. Чернівці**

Термографія — сучасний діагностичний метод, який нині все більше застосовується в медичних дослідженнях у зв'язку з достатньою інформативністю та неінвазивністю. Розглянуто можливості термографії в сучасній медичній діагностиці. Проведено аналіз літератури на тему термографічних методів дослідження, визначено основні напрями застосування методу в медицині. Розглянуто біофізичні аспекти термографії, фізіологічні та фізичні чинники, які впливають на формування термографічної картини. Подано характеристику методу термографії як частини диференційної діагностики, що дає змогу встановити етіологію патологічного процесу, методу нешкідливого, без протипоказань, сумісного з іншими методами діагностики. Сформульовано напрями термографічного методу дослідження в медицині. Схарактеризовано терморегуляторні реакції в організмі людини, які призводять до виникнення термоасиметрії. Визначено роль термографічних досліджень в кардіології, ангіології, пульмонології, онкології, артрології, педіатрії.

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

Термографія — з назви цього методу випливає, що за критерій, основний параметр діагностики, приймається не що інше, як тепло, температура тіла, якому лікарі ще за часів Гіппократа надавали великого значення в діагностиці хвороб. Великий арабський вчений Абу Алі Ібн Сіна писав, що «гарячка» є симптомом захворювань, який відбувається від найрізноманітніших причин.

Термографія як метод діагностики дає змогу визначити температуру біотканини за тепловим випромінюванням шляхом аналізу зміни температури відповідних ділянок біотканини [1]. Основними напрями дослідження методу термографії в медицині є онкологія, ангіологія, гастроентерологія, ревматологія. Можна сформулювати основні напрями термографічного методу дослідження в медицині: вивчення термографічної картини різних ділянок тіла у здорових людей; первинний відбір хворих, за динамікою термографічних обстежень; виявлення динаміки патологічних процесів: прогресування пухлинного росту, загострення та ремісії хронічних захворювань, покращення стану під впливом лікарських препаратів; оцінювання іннервації та кровотоку в ділянці дослідження; контроль результатів корекції коронарного кровообігу

в процесі оперативних втручань; експрес-метод для діагностики невідкладних станів [10, 18, 22].

Біофізичні аспекти термографії. Теплове випромінювання людського тіла лежить в інфрачервоній ділянці спектра з коефіцієнтом поглинання 0,90. Тому до інфрачервоного випромінювання тіла людини можна з відомою частиною похибки застосувати закон для абсолютно чорного тіла (з коефіцієнтом поглинання, який дорівнює 1). За законом Стефана–Больцмана енергетична світність абсолютно чорного тіла прямо пропорційна четвертому степеню його абсолютної температури (в даному випадку мають на увазі енергетичну світність — сумарну енергію, що випромінюється з одиниці площі поверхні за одиницю часу за всіма довжинами хвиль за даної температури). Згідно з формулою Планка розподіл енергії випромінювання за довжинами хвиль однаковий для всіх абсолютно чорних тіл і виражається кривою, що має максимум (для абсолютно чорних тіл з $T = 300 \text{ K}$ ($27 \text{ }^\circ\text{C}$), положення спектрального максимуму відповідає довжині хвилі 9,66 мкм) [18, 22]. Довжина хвилі, якій відповідає максимум енергії випромінювання для абсолютно чорних тіл, визначається згідно із законом Віна, який стверджує, що цей

максимум зі збільшенням температури зміщується в бік короткохвильової частини спектра.

Отже, інфрачервоне випромінювання пропорційне четвертому ступеню абсолютної температури людського тіла. Температура організму залишається постійною в надзвичайно вузьких температурних межах і дорівнює 36 ± 1 із визначеним добовим ритмом [17, 18, 22]. Сталість температури тіла досягається за рахунок існування в організмі теплового балансу, зумовленого накопиченим тілом теплом, теплопродукцією метаболізму, радіаційними тепловтратами, випаровуванням, конвективною тепловіддачею та енергією, витраченою на виконання механічної роботи [10]. Поле температур тіла формується завдяки фізичним та фізіологічним чинникам.

Фізичні чинники, які впливають на формування термографічної картини.

1. *Конвекція* — величина, яка визначається тепловтратами при швидкості повітря 1 м/с. Конвективну тепловіддачу характеризує також число Грасгофа — параметр, який зв'язує швидкість та масу потоку повітря із температурою шкіри, кінематичною в'язкістю повітря. Конвекція мінімальна при швидкості повітря 0,1 м/с (природна конвекція). У процесі термографічних досліджень рекомендується наближатися саме до такої величини [18].

2. *Випаровування* — втрата тепла шляхом випаровування, що визначається ступенем вологості шкіри, тиском насичених парів при визначеній температурі шкіри, тиском парів води в навколишньому повітрі [18, 23].

3. *Випромінювання* — енергія випромінювання, яка пропорційна випромінювальній здатності шкіри та четвертому ступеню її абсолютної температури. Залежить від теплових втрат, температури шкіри та температури навколишнього середовища [18, 23].

В людському організмі внаслідок екзотермічних біохімічних процесів у клітинах і тканинах, а також за рахунок вивільнення енергії, пов'язаної з синтезом ДНК і РНК, виробляється велика кількість тепла (50–100 ккал/грам) [5]. Це тепло розподіляється всередині організму за допомогою циркулюючої крові та лімфи. Кровообіг вирівнює температурні градієнти. Кров, завдяки високій теплопровідності, що не змінюється від характеру руху, здатна здійснювати інтенсивний теплообмін між центральними та периферичними ділянками організму. Найтеплішою є венозна кров. Вона мало охолоджується в легенях і, розповсюджуючись по великому колу

кровообігу, підтримує оптимальну температуру тканин, органів та систем. Температура крові, яка проходить по шкіряних судинах, знижується на 2–3 °С. При патології система кровообігу порушується. Зміни виникають вже тому, що підвищений метаболізм, наприклад в ділянці запального процесу, збільшує перфузію крові та, відповідно, теплопровідність, що відображається на термограмі появою ділянки гіпертермії.

Температура шкіри має свою чітко визначену топографію [6, 18, 22]. Найнижчу температуру (23–30 °С) мають дистальні відділи кінцівок, кінчик носа, вушні раковини. Найвища температура — в пахвових ділянках, промежині, ділянці шиї, щік. Добові коливання температури шкіри складають у середньому 0,1–0,3 °С і залежать від низки фізіологічних та психосоматичних чинників [5, 23, 24].

У здорової людини розподіл температур симетричний щодо середньої лінії тіла. Порушення цієї симетрії саме і є основним критерієм термографічної діагностики захворювань. Кількісним вираженням термоасиметрії є величина перепаду температури. Основні причини виникнення температурної асиметрії: вроджена судинна патологія, включаючи судинні пухлини; вегетативні розлади, які призводять до порушення регуляції судинного тону; порушення кровообігу в зв'язку із травмою, тромбозом, емболією, склерозом судин; венозний застій, ретроградний струм крові [19, 20, 21]; запальні процеси, пухлини, які викликають підсилення обмінних процесів [12]; зміни теплопровідності тканин у зв'язку з набряком, збільшенням або зменшенням шару підшкірної жирової клітковини [5, 6, 22, 24].

Хотілося б зазначити дві основні точки зору на причини локальної гіпертермії: 1) підвищення температури ділянки тіла при злоякісних утвореннях зумовлене підвищенням метаболізму малігнізованих клітин (Р. Лаусон); 2) причиною гіпертермії насамперед є підсилення динаміки кровообігу [21].

Термоасиметрія сама по собі не є безумовним чинником патології. Існує так звана фізіологічна термоасиметрія, яка відрізняється від патологічної меншою величиною перепаду температури для кожної окремої частини тіла. Кажучи про різні варіації температури шкіри в нормі та патології, необхідно пам'ятати про те, що всі ці процеси відбуваються в цілісному організмі й перебувають під контролем нейрогуморальної регуляції. Терморегуляторні реакції в людському організмі керуються гіпоталамусом [1]. Реакції,

які збільшують тепловтрати, регулюються переднім гіпоталамусом (вони викликають глибоке дихання, потовиділення, розширення периферичних судин). Реакції, спрямовані на утворення та збереження тепла (звуження судин), зумовлені дією заднього гіпоталамуса. Виникнення тих чи інших реакцій пов'язане зі стимуляцією двох груп рецепторів: периферичних і центральних (розташованих у самому гіпоталамусі та поруч із ним). Від них імпульси розповсюджуються по аферентних шляхах у гіпоталамус, а звідти по соматичних і автономних шляхах поширюються до виконавчих органів, здійснюючи регуляцію потовиділення, судинного та м'язового тонусів. Проведеними дослідженнями встановлено зв'язок визначених ділянок кори великих півкуль із відповідними ділянками шкіри. Кіркові дії можуть за визначених умов викликати неадекватні судинні реакції. Так, при гальмівному стані вищих відділів центральної нервової системи включаються терморегуляторні реакції, спрямовані проти перегріву. Навпаки, при збудженому стані вищих відділів центральної нервової системи проваються реакції, які викликають підсилення теплотворних процесів [1, 10]. Крім центральних, існують і місцеві механізми терморегуляції. Шкіра, завдяки густій сітці капілярів, які знаходяться під контролем вегетативної нервової системи та здатні значно розширити чи повністю закрити просвіт судин, змінювати свої розміри в широких межах, — дуже гарний теплообмінний орган і регулятор температури тіла [1].

Нервові зв'язки між шкірою та внутрішніми органами реалізуються у вигляді вісцеро-шкірних рефлексів, що мають перебіг за типом аксон-рефлексів, сегментарних чи проєкційних рефлексів. Імпульси із внутрішніх органів спрямовуються по аферентних шляхах у передні та бічні роги спинного мозку, а звідти передаються на поверхню через ефекторні прегангліонарні та постгангліонарні симпатичні волокна. Найчіткіше ці зв'язки виявляються при патології, коли виникають стійкі шкірні зони зі зміненою чутливістю, трофікою, порушеними судинними, секреторними та іншими реакціями. Під впливом різних чинників у людини (поруч із вродженими сегментарними вісцеро-дермальними зв'язками) формується додаткова система проєкційних шкірно-вісцеральних взаємодій з численними, в тому числі судинними й трофічними процесами [1, 18, 22]. Унаслідок шкіра людини перетворюється на широку зону, яка відображає в тій чи іншій

мірі процеси, що відбуваються у внутрішніх органах [1].

Температура шкіри може мати мозаїчний характер унаслідок неоднорідностей температур внутрішніх органів чи навіть окремих ділянок того чи іншого органа. Необхідно звернути увагу на високі термоізолюючі властивості шкіри, яка завдяки численній підшкірній капілярній сітці перешкоджає контактній передачі термічної дії всередину тіла та у зворотному напрямку. Усі ці загальні та місцеві механізми терморегуляції мають вплив на фізичні та фізіологічні чинники, зумовлюючи врешті-решт особливості теплопромінювання шкіри, а, відповідно, і характер термографічної картини [1, 28].

Серед методів термодіагностики необхідно виділити інфрачервону термографію [17], засновану на безконтактній дистанційній реєстрації термотопографії шкірних покривів організму людини за її власним тепловим випромінюванням, зумовленого різними фізіологічними та біохімічними процесами в тканинах організму. Основні переваги інфрачервоної термографії полягають у такому: абсолютна нешкідливість та відсутність протипоказань до обстежень; організм людини не піддається ні опроміненню, ні uszkodженню, тому можливе багаторазове дослідження за короткий проміжок часу; абсолютна чистота в процесі роботи чи зберігання термографічної апаратури; досить точна топічна діагностика вогнищ запалення, новоутворень, некрозів та інших локальних проявів різних захворювань; можливість одночасного послідовного обстеження всіх органів та систем організму людини; сумісність з іншими методами діагностики [18, 22, 23].

Визначення відмінності температури поверхні тіла при термографії здійснюється двома методами: в одному випадку використовуються рідкокристалічні індикатори, оптичні властивості яких дуже чутливі до невеликих змін температури, інший метод — технічний і заснований на використанні тепловізорів. Метод термографії об'єктивний, простий і абсолютно нешкідливий, який не має протипоказань [18].

Інфрачервона дистанційна термографія — один із найпоширеніших методів термографії, що забезпечує зображення теплового рельєфу поверхні тіла і температури в будь-якій ділянці [17]. Дана методика дає змогу зафіксувати порушення інфрачервоного випромінювання у випадках: зміни тонусу судин (порушення вегетативної іннервації, рефлекторні зміни тонусу);

місцевих розладів кровообігу (травми, тромбоз, склероз судин); порушення венозного кровотоку (застій, зворотний потік крові за недостатності клапанів вен); локальних змін теплопродукції (запальні вогнища, пухлини); зміни теплопровідності тканин (набряк, ущільнення тканин, зміни вмісту жиру) [17, 22, 23, 24].

Кардіологія і ангиологія [13, 19, 21]. На сьогодні термографічні дослідження знайшли використання в діагностиці судинної патології (діагностика гострих та хронічних захворювань артерій і вен, при хронічній і венозній недостатності, варикозному розширенні вен, артеріо-венозних анастомозів, аневризмі артерій кінцівок, діабетичних ангиопатій). У здорових людей термографічна картина нижніх кінцівок характеризується симетричним розподілом температур, а при їх захворюваннях виникає термоасиметрія в дистальних відділах нижніх кінцівок. За допомогою термографічного дослідження можна виявити наявність поверхневих варикозних вен [8, 20]. Методика їх виявлення базується на тому факті, що за недостатності клапанів перфорантних вен виникає зворотний плин крові із глибоких вен у поверхневі. Оскільки температура в глибоких венах вища, то в результаті відбувається збільшення температури шкірних ділянок, що прилягають до поверхневих вен [8, 20, 21].

Термографія використовується для оцінювання діяльності судино-розширювальних препаратів під час консервативного лікування захворювань кінцівок, а також для визначення впливу оперативних втручань на динаміку кровообігу [19]. В останньому випадку термографія використовується для оцінювання ступеня відновлення кровообігу після шунтування чи протезування ураженої судини. Дуже важлива роль методу в оцінюванні кровотоку після такої операції, як пластика глибокої артерії стегна [28] — це пов'язано з тим, що при ураженні поверхневої стегнової артерії пульс в артеріях стоп відсутній і пальпаторно судити про відновлення кровообігу в цьому випадку не можна. Ефективне використання термографії в контролі за ефективністю лазерної терапії при порушенні артеріального кровообігу кінцівок. Значне місце в термографічній діагностиці судинної патології займає дослідження діабетичних ангиопатій (облітеруючий атеросклероз, діабетична мікроангіопатія) [8, 19, 20]. Судинні ураження нижніх кінцівок здебільшого діагностуються методом термографії з моменту появи клінічних симптомів, найчастіше внаслідок поєднання

ураження капілярів специфічним діабетичним процесом з атеросклерозом середніх та великих артеріальних судин [23].

Метод термографії можна використовувати також і для оцінювання ефективності лікарських препаратів, які використовуються при порушеннях периферичного кровообігу, діабетичному поліневриті.

Безпосередньо термографія виявилася ефективним методом у диференційній діагностиці реноваскулярної гіпертонії. З її допомогою вдається вирішити питання про те, що є причиною гіпертензії: звуження (оклюзія) ниркової артерії, пухлина наднирників чи сама гіпертонічна хвороба. При звуженні чи оклюзії ниркової артерії зазначається асиметрія температурної топографії ділянки нирок зі зниженням температури на боці ураження; при пухлинних процесах наднирників спостерігається гіпертермія відповідної ділянки, пов'язана з підсиленням метаболізму перероджених тканин; при гіпертонічній хворобі ніяких змін в температурному розподілі не виявляється.

Пульмонологія. Оскільки легені захищені своєрідним бар'єром — грудною кліткою, яка не пропускає теплову енергію, що надходить від внутрішніх органів, то результат термографічних досліджень великою мірою залежить від багатьох умов: віку хворого, особливості кровопостачання пухлини, стану оточуючої пухлину легеневої тканини (наявність чи відсутність емфіземи), наявності рідини у плевральній ділянці (раковий плеврит), рефлекторних впливів на судини. Нині розроблена термосеміотика раку легенів і доброякісних пухлин. Останні виділяються більш чіткими межами ділянки світіння і меншим перепадом температур (до 1,5 °C замість 2–3 °C при злоякісних новоутвореннях) [16]. Кожне із захворювань легенів має свої специфічні ознаки на термограмах. Для пневмонії характерна гомогенність ділянки запального процесу, для емфіземи легенів — дрібнозерниста гіпертермія, у хворих на гостру пневмонію в початковій стадії виявляється термоасиметрія теплового поля, що виражається в появі зони гіпертермії.

Онкологія. Нині якісно розроблена термосеміотика злоякісних процесів грудей [9, 12, 13, 15]. До основних термографічних ознак патологій належать місцева гіпертермія, асиметрія структури зображення, гіпертермія в ділянці ареоли, деформація обрису молочної залози. Різниця температур у симетричних точках, що перевищує 1 °C, створює можливість термографічно

діагностувати рак молочної залози (за відсутності гострих гнійно-запальних захворювань). Для підвищення якості термографічної діагностики використовуються функціональні медикаментозні, теплові та холодні проби [12]. З метою підсилення термографічного інфрачервоного випромінювання реально використовувати методику глюкозного навантаження (малігнізовані клітини захоплюють глюкозу та їх енергетичний баланс підвищується, що виявляється гіпертермією на термограмі). При злоякісних пухлинах зазначається різке збільшення термоасиметрії на 0,7–3 °C [9].

Захворювання печінки та жовчовивідних шляхів. Найбільш переконлива термографічна картина складається при хронічному холециститі, вторинному панкреатиті, що виражається чіткою ділянкою вираженої термоасиметрії. Термографічні дослідження при захворюванні печінки та жовчовивідних шляхів дають змогу глибше оцінити характер запального процесу, локалізацію і ступінь вираженості його у хворих на холецистити та хронічні гепатити у фазі загоєння [10, 22].

Артрологія. Ефективно термографічні дослідження використовуються в діагностиці кістково-суглобових уражень. Термографічною ознакою ревматоїдного артриту є гіпертермія суглобів [10], яка достовірно вказує на наявність запалення. Ступінь інтенсивності цієї гіпертермії прямо пропорційна стадії розвитку хвороби [7, 9, 11]. Існує також низка захворювань суглобів, за яких патологічний процес характеризується появою ділянок гіпотермії на термографічній картині. Сюди можна віднести анкілозуючий спондиліт, різноманітні деформуючі артрози, склеродермії.

Педіатрія. Усе більш широке застосування знаходить в неонатології та перинатальній психології метод інфрачервоної термографії через його повну безпеку й безконтактність. Дослідження терморегуляції у немовлят дали змогу дослідникам оцінити розподіл температур у недоношених дітей і визначити подальшу тактику їх ведення, вивчити взаємозв'язок між температурою тіла й розвитком некротизуючого ентероколіту в недоношених немовлят [26].

Дослідниками було показано, що температура шкіри дітей змінювалася, коли вони були відлучені від матері. На момент розставання з матір'ю було зафіксовано, що температура в лобній ділянці в дітей знижувалася в 9, 13, 29 тижнів. Дослідники дійшли висновку, що в дітей розвивається

емоційна прихильність до матері у віці від двох до чотирьох місяців [25, 27].

За допомогою термоіндикаторних плівок у діагностиці захворювань у дітей проведено низку робіт з оцінювання контактної термографії.

Вивчено діагностичну інформативність контактної термографії в дітей молодшого віку. Це свідчить про ефективність і доцільність застосування цього скринінг-тесту в діагностичному алгоритмі при гастроудоденальній патології в дітей молодшого віку, а також можливість його застосування на догоспітальному етапі (первинна ланка педіатричної служби). Доведено, що метод є фізіологічним, безпечним, неінвазивним, необхідним у педіатрії [5, 6, 7].

Наприкінці необхідно підкреслити, що термографія з успіхом використовується для: диференційної діагностики різних захворювань щитоподібної залози; виявлення запальних процесів нирок (пієлонефрит), злоякісних пухлин ниркової паренхіми; діагностики ішемічного інсульту, характерною ознакою якого є термоасиметрія з гіпертермічними ділянками, пов'язаними з паралітичними вегетативно-судинними порушеннями [11], оцінки ефективності протизапальної терапії та визначення оптимальної дози лікарських препаратів.

ВИСНОВКИ

Метод термографії значно полегшує диференційну діагностику серцево-судинних захворювань і надає об'єктивні дані про стан вегетативної нервової системи. Можливості термографії не обмежуються виявленням різноманітних захворювань, але дають змогу здебільшого встановити також етіологію патологічного процесу. Термографія створює можливість збільшити достовірність діагнозу захворювання, отримати дійсну картину розподілу тепла по поверхні шкіри, визначити форму та площу ділянки з порушенням кровообігу, спостерігати динаміку інтенсивності інфрачервоного випромінювання під час функціональних і медикаментозних проб. За допомогою методу можна зробити висновок про наявність запальних процесів у судинному руслі та функціональних змін кровотоку, здійснювати ранню діагностику ураження судин. Усе це робить термографію невід'ємною частиною комплексного обстеження хворих із патологією серцево-судинної системи. Термографія — метод функціональної діагностики, заснований на реєстрації інфрачервоного випромінювання

людського тіла. Розподіл та інтенсивність теплового випромінювання в нормі визначаються особливостями фізіологічних процесів, які відбуваються в організмі як у поверхневих, так і в глибоко лежачих тканинах та органах. Різні патологічні стани характеризуються термоасиметрією

і наявністю температурного градієнта між зоною підвищеного та зниженого випромінювання, що відображається на термографічній картині. Цей факт має досить суттєве діагностичне значення, що підтверджують численні клінічні дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амосова К. М. Внутрішня медицина. Т. 1 / К. М. Амосова. — Київ : Медицина. — 2008. — 1055 с.
2. Белоусова О. Ю. Рідиннокристалічна термографія в диференціальній діагностиці хронічного коліту та синдрому подразненого кишечника у дітей / О. Ю. Белоусова // Педіатрія, акушерство та гінекологія. — 2004. — № 6. — С. 31–33.
3. Бодня Е. И. Контактная холестерическая жидкокристаллическая термография — скрининг-метод догоспитальной диагностики гастродуоденальной патологии у детей младшего возраста / Е. И. Бодня, Е. В. Савицкая // Сучасні аспекти військової медицини. — 2011. — Вип. 18. — С. 423–429. — Режим доступу : <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Savm>.
4. Бодня Е. И. Динамика показателей контактной жидкокристаллической термографии у больных хроническим описторхозом после комплексного антигельминтного лечения с добавлением прополиса / Е. И. Бодня, В. Б. Мироненко // Апітерапія: погляд у майбутнє : зб. наук. праць. — Харків : Вид-во НФаУ: Золоті сторінки, 2002. — С. 169–173.
5. Возможности инфракрасной термографии по выявлению морфофункциональных характеристик человека (детей и взрослых) / Р. С. Андреев, Ю. Н. Каленов, А. В. Якушкин [и др.] // Вестник Московского университета. — 2016. — № 3. — С. 49–56. — (Серия 23 «Антропология»). — Режим доступу : <https://rucont.ru/efd/519891>.
6. Возможности новой технологии инфракрасной термографии в дифференциальной диагностике меланоцитарных образований кожи / Ю. П. Потехина, Г. Ю. Курников, М. В. Голованова, Ю. А. Ткаченко // Вестник эстетической медицины. — 2012. — № 2. — С. 83–91.
7. Герасимова Н. Н. Современные возможности лучевой визуализации лимфатических узлов в подмышечной области / Н. Н. Герасимова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 10, ч. 2. — С. 201–204.
8. Замечник Т. В. Возможности термографии в диагностике варикозной болезни нижних конечностей / Т. В. Замечник, С. И. Ларин // Флебология. — 2009. — № 3. — С. 10–14.
9. Ефимова Г. С. Опыт использования термографии в клинической онкологии / Г. С. Ефимова // Scientific Journal «ScienceRise». — 2015. — № 3/4 (8). — С. 91–96.
10. Иваницкий Г. Р. Тепловидение в медицине / Г. Р. Иваницкий // Вестник РАН. — 2006. — Т. 76, № 1. — С. 48–58.
11. Камзолова О. А. Тепловидение в оценке эффективности восстановительных мероприятий в ревматологии (научный обзор литературы) / О. А. Камзолова // Вестник новых медицинских технологий [Электронный журнал]. — 2013. — Т. 7, № 1. — Раздел 2-212. — DOI: 10.12737/issn.2075-4094.
12. Кожевникова И. С. Методы обработки и анализа термограмм для экспресс-диагностики новообразований молочных желёз / И. С. Кожевникова, М. Н. Панков, Н. А. Ермошина // Журнал медико-биологических исследований. — 2017. — Т. 5 (2). — С. 56–66. — DOI: 10.17238/issn.2542-1298.2017.5.2.56.
13. Кожевникова И. С. Применение инфракрасной термографии в современной медицине (обзор литературы) / И. С. Кожевникова, М. Н. Панков, А. В. Грибанов // Экология человека. — 2017. — № 2. — С. 39–46.
14. Колесов С. Н. Совершенствование методики тепловизионной диагностики поврежденных периферических нервов верхних конечностей / С. Н. Колесов // Оптический журнал. — 2015. — Т. 82, № 7. — С. 51–62.
15. Контактна холестерична рідиннокристалічна термографія — скринінг-метод догоспітальної діагностики гастродуоденальної патології в дітей молодшого віку / К. В. Савицька, О. В. Шутова, Л. Г. Волошина, О. В. Бабаджанян // Перинатологія і педіатрія. — 2013. — Т. 4 (56). — С. 89–91.
16. Краснокутская Л. Н. Создание системы массового скрининга населения на основе метода медицинской инфракрасной термографии / Л. Н. Краснокутская // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. — 2014. — Т. 2, № 3. — С. 63–64.
17. Медична апаратура спеціального призначення / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, Н. М. Гаврилова, І. С. Тимчик. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 159 с.
18. Настоящее и будущее инфракрасной термографии / Е. И. Маевский, Л. Н. Хижняк, С. В. Смуров, Е. П. Хижняк [и др.] // Известия института инженерной физики. — 2015. — № 1. — С. 2–13.
19. Применение инфракрасной термографии при сосудистых патологиях (краткий обзор) / И. С. Кожевникова, М. Н. Панков, Л. Ф. Старцева, Н. В. Афанасенкова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2017. — № 5, ч. 1. — С. 72–74.
20. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей / Л. А. Мекшина, В. А. Усыннин, В. В. Столяров, А. Ф. Усыннин // Сибирский медицинский журнал. — 2012. — Т. 27, № 2. — С. 15–22.
21. Сагайдачный А. А. Предельные возможности современных тепловизоров как инструмента для исследования колебаний периферического кровотока человека в различных диапазонах частот / А. А. Сагайдачный, А. В. Фомин, И. Ю. Волков // Медицинская физика. — 2016. — № 4. — С. 84–93.

22. Ткаченко Ю. А. Клиническая термография (обзор основных возможностей) / Ю. А. Ткаченко, М. В. Голованова, А. М. Овечкин. — Нижний Новгород : ЗАО Союз Восточной и Западной Медицины, 1998. — 270 с.
23. Ураков А. Л. Инфракрасная термография и тепловая томография в медицинской диагностике: преимущества и ограничения / А. Л. Ураков // Электронный науч.-образоват. вестн. «Здоровье и образование в XXI веке». — 2013. — Т. 15, № 11. — С. 45–51.
24. Хижняк Л. Н. Диагностические возможности матричной инфракрасной термографии. Проблемы и перспективы / Л. Н. Хижняк, Е. П. Хижняк, Г. Р. Иваницкий // Вестник новых медицинских технологий. — 2012. — Т. 19, № 4. — С. 170–175.
25. First selective attachment begins in early infancy: A study using telethermography / K. Mizukami, N. Kobayashi, T. Ishii, H. Iwata // Infant Behavior and Development. — 1990. — № 13. — P. 257–271.
26. Knobel R. B. Thermoregulation and thermography in neonatal physiology and disease / R. B. Knobel, B. D. Guenther, H. E. Rice // Biological research for nursing. — 2011. — Vol. 13, № 3. — P. 274–282.
27. Telethermography in infant's emotional behavioral research / K. Mizukami, N. Kobayashi, H. Iwata, T. Ishii // Lancet. — 1987. — № 11. — P. 38–39.
28. Zhuravlev A. S. The possibilities of using remote infrared thermography to diagnose and determine the effectiveness of the treatment of certain ENT organs diseases / A. S. Zhuravlev, G. V. Shustakova, A. A. Karchinsky // Folia Otorhinolaryngol. Pathol. Respirator. — 2015. — № 1. — P. 24–26.

ТЕРМОГРАФИЯ В МЕДИЦИНЕ — ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Д. І. Остафійчук, проф. О. Г. Шайко–Шайковський, доц. А. А. Рожнов**, М. Е. Білов****

Термография — современный диагностический метод, который в настоящее время все больше применяется в медицинских исследованиях в связи с достаточной информативностью и неинвазивностью. Рассмотрены возможности термографии в современной медицинской диагностике. Проведен анализ литературы на тему термографических методов исследования, определены основные направления применения метода в медицине. Рассмотрены биофизические аспекты термографии, физиологические и физические факторы, которые влияют на формирование термографической картины. Представлена характеристика метода термографии как части дифференциальной диагностики, которая позволяет установить этиологию патологического процесса, метода безвредного, без противопоказаний, совместимого с другими методами диагностики. Сформулированы направления термографического метода исследования в медицине. Охарактеризованы терморегуляторные реакции в организме человека, которые приводят к возникновению термоасимметрии. Определена роль термографических исследований в кардиологии, ангиологии, пульмонологии, онкологии, артрологии, педиатрии.

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

THERMOGRAPHY IN MEDICINE — GENERAL PRINCIPLES

D. I. Ostafyichuk, O. G. Shaiko-Shaikovsky, O. O. Rozhnov**, M. E. Bilov****

Thermography is a modern informative and non-invasive diagnostic method, which is used in medical research in recent years. In this paper the possibilities of thermography in modern medical diagnostics is considered. The reference analysis in thermographic research methods identified the main directions of application of the method in medicine. The biophysical aspects of thermography, physiological and physical factors that influence on the thermographic imaging are determined. The description of the method of thermography as a part of differential diagnostics is given, which allows to establish the etiology of the pathological process as harmless, without contraindications, compatible with other methods of diagnostics. The directions of the thermographic method of research in medicine are formulated. Characterized by thermoregulatory reactions in the human body, which lead to the emergence of thermoasymmetry. The role of thermographic studies in cardiology, angiology, pulmonology, oncology, arthrology, pediatrics is determined.

Keywords: temperature, thermography, infrared radiation, thermal diagnostics.