

## МЕДИЦИНСКОЕ ТЕПЛОВИДЕНИЕ – СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА

Шушарин А.Г.<sup>1</sup>, Морозов В.В.<sup>1</sup>, Половинка М.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: [shurin54@yandex.ru](mailto:shurin54@yandex.ru).*

<sup>2</sup> *Институт органической химии СО РАН, Новосибирск, Россия.*

---

**Целью обзора являлась оценка возможностей современной инфракрасной термографии (ИКТ) в различных областях медицины. Бесспорные достоинства метода, такие как абсолютная безопасность и неинвазивность, наглядность результатов и простота их получения при высокой информативности, ранняя диагностика на доклинической стадии привели к быстрому расширению сферы применения тепловидения. Метод применяется для решения различных проблем и, прежде всего, диагностики заболеваний и контроля эффективности лечения. Обзор включает в себя анализ результатов клинических исследований, опубликованных в 2005–2011 годы.**

---

Ключевые слова: инфракрасная термография (ИКТ), тепловидение, функциональная диагностика, мониторинг лечения.

## MEDICAL INFRARED IMAGING – MODERN FEATURES OF THE METHOD

Shusharin A.G.<sup>1</sup>, Morozov V.V.<sup>1</sup>, Polovinka M.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: [shurin54@yandex.ru](mailto:shurin54@yandex.ru).*

<sup>2</sup> *Institute of Organic Chemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.*

**The purpose of the review was to evaluate the possibilities the modern infrared thermography (IRT) in various areas of medicine. The undoubted advantages of this method, such as absolute safety and non-invasive, visual clarity, simplicity and speed of obtaining results with high information content, early diagnosis at the preclinical stage, led to the rapid expansion of the scope of application IR imaging. The method applied to solve different problems and, above all, disease diagnosis and monitoring of treatment effectiveness. The review includes analysis of the results the clinical studies published in 2005 - 2011 years.**

Key words: infrared thermography (IRT), infrared imaging, functional diagnostics, monitoring of treatment.

Медицинская термография – это метод обследования пациентов с помощью специального прибора – тепловизора, позволяющего улавливать инфракрасное излучение и преобразовывать его в изображение – термограмму, которая регистрирует распределение тепла на поверхности тела [4; 36; 42; 49]. Температура кожи является интегральным показателем, и в ее формировании принимают участие несколько факторов: сосудистая сеть (артерии и вены, лимфатическая система), уровень метаболизма в органах и теплопроводность кожи. При анализе термограмм должны учитываться все эти факторы. Главным из них является все-таки сосудистый, который и определяет основные направления использования инфракрасного тепловидения (ИКТ) в клинической медицине. Увеличение притока крови или, наоборот, его уменьшение, вызванное сужением сосудов (стеноз) или их закупоркой (окклюзия), приводит к повышению или снижению температуры тканей соответственно.

Многие патологические процессы меняют нормальное распределение температуры на поверхности тела, причем во многих случаях изменения температуры опережают другие клинические проявления, что очень важно для ранней диагностики и своевременного лечения. Именно поэтому ИКТ, как метод функциональной диагностики, в последнее время завоевывает все большее признание в различных областях медицины, науки и клинической практики [14; 15; 21; 24; 27; 29; 44]. Его значение и преимущество сопоставимо с рентгенографией, УЗИ, КТ и МРТ, которые применяются только для оценки морфологических особенностей органов [10]. ИКТ визуально и количественно (для приборов последнего поколения с высокой точностью 0,01 °С) оценивает инфракрасное излучение от поверхности тела, отражающее состояние внутренних структур организма. Этот вид диагностики позволяет оценивать функциональные изменения в динамике, то есть следить за изменениями при первичном обследовании и непосредственно в течение проводимого лечения. Термография позволяет уточнять локализацию функциональных изменений, активность процесса и его распространенность, характер изменений – воспаление, застойность или злокачественность.

В отличие от большинства применяемых в современной медицине методов обследования, инфракрасное тепловидение удовлетворяет критериям диагностических методов, которые могут применяться для целей профилактического обследования [22]. В этом случае учитывается безопасность для здоровья пациента и врача, так как аппараты только регистрируют тепловое излучение от поверхности тела пациента, не излучая; обследование абсолютно безвредно, дистанционно, неинвазивно. Ни один из существующих сегодня диагностических методов не имеет такой широты диагностического диапазона, возможности выявления сразу многих групп заболеваний. Высокая информативность – достоверность тепловизионной диагностики при некоторых заболеваниях приближается к 100%, а в целом составляет для первичных обследований величину порядка 80% [5; 14]. Важно отметить также низкую стоимость проводимого обследования, быстроту и простоту выполнения, возможность применения тепловизора для целей экспресс-диагностики больших групп населения. Подготовка пациента к тепловизионному обследованию не требует проведения специальных мероприятий и занимает короткий промежуток времени: требуется только освободить от одежды соответствующие участки кожного покрова за 5–7 минут до обследования. Результаты обследования отображаются в режиме реального времени на мониторе компьютера, представляют собой динамичное изображение терморельефа кожных покровов с регистрацией цифровых точных показателей кожной температуры, в обязательном порядке записываются и архивируются.

К несомненным достоинствам современной тепловизионной диагностики относится его способность определять заболевание задолго до его клинического проявления и даже при бессимптомном течении болезни. Кроме того, возможно обследовать весь организм сразу и в рамках одного обращения получить достоверную информацию о состоянии здоровья пациента.

Медицинское применение термографии началось в 60-х годах прошлого века, и к настоящему времени достигнуто большее понимание теплового излучения в физиологии человека и зависимости между температурой кожи и кровотоком. Для подтверждения вышеизложенного в обзоре будут представлены результаты, полученные в основном в последнее десятилетие отечественными и зарубежными медиками различных специальностей. **Эти данные показывают, что возможности метода настолько разнообразны, что легче сказать, в какой области медицины использование ИКТ невозможно или ограничено.** Метод применяется при решении различных задач, прежде всего, это диагностика заболеваний и контроль эффективности лечения. Круг заболеваний, в которых для диагностики и мониторинга лечения начинают использовать современные дистантные тепловизоры, в последнее время расширяется; медиками используются различные марки тепловизоров, как отечественных, так и зарубежных.

В ряду различных способов бесконтактной диагностики, регистрирующих ответные реакции организма в инфракрасном, ультрафиолетовом, крайневысокочастотном и рентгеновском спектре излучений, отмечается особое место ИКТ [1]. Этот метод помогает выявить соотношение между выраженностью клинических проявлений заболевания и поверхностной температурой, и в этом случае ИК-излучение зависит от состояния кровообращения в тканях и не всегда коррелирует с жалобами больного, что позволяет диагностировать заболевания в доклинической стадии. Преимущества современных инфракрасных камер [16] в том, что они обеспечивают очень высокую температурную чувствительность и точность измерения температуры. Использование портативных приборов нового поколения в кабинете врача, в палате у постели больного, в операционной и даже в полевых условиях позволяет осуществлять динамическое инфракрасное термокартирование и анализ полученных термограмм в виде динамического тепловизионного фильма.

Возможности использования ИКТ для дифференциальной диагностики сосудистых заболеваний и возможности использования метода для оценки эффекта проводимого лечения рассмотрены во многих отечественных и зарубежных публикациях. Были получены данные об эффективности лечения заболеваний сосудов нижних конечностей с использованием перфторана [31]. В результате обследования пациентов с целью оценки

эффективности лечения облитерирующего атеросклероза сосудов нижних конечностей перфтораном было установлено уменьшение перепада температур между пальцами и стопой в случаях успешного проведения терапевтических методов лечения. У 54-х пациентов в результате лечения наблюдалось улучшение состояния периферических сосудов с переходом болезни из стадии III-Б в стадию II-Б, при этом соответствующий перепад температур между пальцами и стопой уменьшался с 4–5 °С до 2–3 °С.

Высокая степень чувствительности ИКТ подтверждена регистрацией изменений в условиях физиологической нормы, это обеспечивает выявление предпатологических симптомов и вариантов условной физиологической нормы. Известен зарубежный опыт применения ИКТ в оценке пациентов с высоким риском заболеваний периферических артерий нижних конечностей, включая степень тяжести, функциональные возможности и качество жизни [38]. В обследовании участвовал 51 пациент (в том числе 23 мужчины в возрасте  $70 \pm 9,8$  лет). Пациенты параллельно с ИКТ прошли стандартные диагностические тесты (определение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и определение ЛПИ с физической нагрузкой, измерение сегментарного давления в конечностях). Для двадцати восьми пациентов по ИКТ отмечалось нарушение кровообращения в периферических артериях нижних конечностей, в то время как отклонения по стандартным тестам имели только 20 пациентов.

Нашими специалистами также удачно проводятся подобные исследования. Был изучен термографический профиль поверхности голени больных с венозной болезнью нижних конечностей (ВБНК) с помощью ИКТ и РТ (радиотермографии) для определения диагностической ценности различных термографических методов в диагностике ВБНК [13]. В качестве референтного метода, подтверждающего наличие или отсутствие патологии вен, использовали ультразвуковое ангиосканирование (УЗАС) с цветовым кодированием кровотока на аппарате Vivid-3 expert (General Electric, США). В 1-ю группу включили 30 пациентов с ВБ классов С1-С2 (45 нижних конечностей) и 29 здоровых лиц (58 нижних конечностей), во 2-ю группу – 25 пациентов с ВБ классов С3-С6 (38 нижних конечностей) и 29 здоровых лиц (58 нижних конечностей). Определяли процент совпадения диагнозов, определённых с помощью различных видов термографии и их комбинации с УЗАС. Вычисление операционных характеристик в 1-й группе (у пациентов с ВБ классов С1-С2) показало, что методы ИКТ и РТ были одинаково неэффективны для диагностики ранней стадии ВБ. Самая высокая чувствительность (доля больных, у которых выявлена патологическая термограмма) была при комбинированной термометрии (63,6%). Специфичность (частота отсутствия патологических термограмм у здоровых людей) была самой высокой при комбинированном методе (76,4%), так же как и частота

совпадений диагноза с референтным методом (71,5%). Во 2-й группе самая высокая чувствительность (89%) и специфичность (91,5%) были зарегистрированы при комбинированном методе, как и частота совпадений диагноза с референтным методом (91%). Для выяснения истинных диагностических возможностей метода при других видах венозной патологии провели «двойное слепое» сравнение термограмм в 3-й группе (57 пациентов, 114 конечностей). В 3-й, смешанной, группе специфичность и чувствительность комбинированной термографии составили 86,7 и 87,9% соответственно. ВБ выявлена при УЗАС в 35 случаях, посттромботическая болезнь в стадии реканализации – в 32, острый венозный тромбоз – в 16, патологии вен не обнаружено в 31 наблюдении. По мнению авторов, изменения поверхностных и глубоких температур у больных с ВБ нижних конечностей имеют определённое диагностическое значение, но не достигают возможностей УЗАС. Особенно явно недостаточная эффективность термографии проявляется при начальных стадиях ВБ, когда практически отсутствуют признаки венозного застоя, поэтому термографические методы будут иметь большее клиническое значение в контроле за эффективностью лечения заболевания.

Эффективность ИКТ оценивали и при других формах хронической венозной недостаточности (ХВН) [2]. В исследовании больные распределились следующим образом: варикозная болезнь (ВБ) – 1690 (83,2%) человек; посттромбофлебитическая болезнь (ПТФБ) – 238 (11,7%); врожденные ангиодисплазии конечностей (ВАДК) – 103 (5,1%) пациента. В распознавании ВАДК, кроме УЗДАС, использовали тепловидение, компьютерную (КТ) и/или магнитно-резонансную (МРТ) томографию, вольтметрию. На основе большого клинического материала авторами определены чувствительность, специфичность и диагностическая точность УЗДАС, КТ и МРТ, инфракрасной термографии в верификации различных форм ХВН. Чувствительность методов составила 94–98%; специфичность – 90–95%; диагностическая точность – 92–96%. Выводы авторов следующие: УЗДАС является «золотым стандартом» неинвазивной диагностики врожденной и приобретенной патологии периферического кровообращения. Кроме дуплексного ангиосканирования, в алгоритм распознавания ВАДК могут быть включены КТ, МРТ, а также тепловидение.

Раннее выявление лиц с риском развития ИБС остаётся важной задачей медицины. Стандартом инструментального исследования сердечно-сосудистой системы являются электрокардиография, реография и доплерография. С их помощью оценивают параметры, характеризующие функциональное и органическое состояние сердца, сосудов, а также особенности регуляции их деятельности. Важность таких исследований обусловлена еще и тем, что при вегетативных расстройствах регуляции тонуса сосудов

может происходить снижение кровоснабжения головного мозга, что увеличивает вероятность развития коллаптоидных и нейромедиаторных синкопальных состояний, составляющих от 61 до 91% в общей структуре обморочных состояний [23]. Мониторинг с помощью ИКТ сосудистой реактивности – новый неинвазивный тест, основанный на изменении температурной картины во время и после окклюзии. В этом ключе была исследована температурная реакция области дистальных фаланг пальцев на окклюзию плечевой артерии для оценки вегетативной реактивности и общей адаптивности пациента в условиях нагрузки [30; 33; 52]. Бесконтактные наблюдения температурных изменений на поверхности кисти проводились с использованием тепловизионной камеры ThermoCAM SC3000 фирмы FLIR Systems [30] в контрольной группе из 10 человек и группе из 15 пациентов с нарушениями вегетативной регуляции сосудов, сочетающейся с недифференцированной дисплазией соединительной ткани (НДСТ). Авторы [30] отмечают, что методы доплеро-, сфигмо- и реографии работают при наличии пульсирующего характера кровотока в сосудах. В условиях искусственной окклюзии пульсация в конечности отсутствует, и наблюдение реакции на окклюзию становится невозможным. Преимущество в данном случае ИКТ в том, что измерение во время окклюзии такого параметра, как температура, дает возможность неинвазивного исследования особенностей реакции на нагрузочную пробу, которые могут служить диагностическим критерием для оценки функционального состояния кровеносных сосудов.

Обзор и статьи, посвящённые исследованиям в области диабетологии [34; 41; 45; 46; 50], показали значение ИКТ и актуальность использования метода для клинической оценки периферической перфузии и жизнеспособности тканей, особенно для проведения серийных измерений, используемых для оценки результатов проведённого лечения. Диабет во всем мире считается заболеванием, приводящим к наибольшему количеству операций по ампутации конечностей, которые проводятся каждые 30 секунд, более 2500 конечностей в день [35]. В работе описано успешное использование методики ИКТ для диагностики и мониторинга лечения диабетической язвы стопы у пациента 63-х лет (сахарный диабет в течение 13 лет). Данные были получены на исходном уровне и 7, 14, 21, 35 и 48-м днях лечения. Язвы на подошве ноги излечены на 48-й день, что коррелировало с термографической картиной. Инфракрасная термография рекомендуется авторами не только для оценки заживления ран у больных с диабетической стопой, но и как метод для мониторинга лечения язв и ран другой этиологии.

Имеется опыт оценки возможностей инфракрасной цветной жидкокристаллической термографии и ИКТ в комплексном лечении больных циррозом печени, осложнённом

портальной гипертензией [32]. Метод позволяет объективно оценить выраженность окольного кровотока по сосудистым коллатералям передней брюшной стенки, при этом обнаружена корреляция термографических показателей с ультразвуковыми и эндоскопическими данными. В основу работы положены результаты комплексного клинико-лабораторного, ультразвукового, эндоскопического и термографического обследований 30 больных циррозом печени (ЦП), осложнённым портальной гипертензией (ПГ). Полученные результаты свидетельствуют о том, что ИКТ с помощью тепловизора ThermoCAM P65 даёт объективную информацию о степени кровоснабжения передней брюшной стенки у больных ЦП, осложнённым ПГ, что позволяет хирургам определять целесообразность оперативного лечения и проводить неинвазивный мониторинг состояния пациента в послеоперационном периоде.

Этиопатогенетическими факторами, определяющими возникновение проблем в краниовертебральной области, помимо генетических, рассматривают травмы верхнешейного отдела позвоночника. Были изучены нарушения гемодинамики при краниовертебральной патологии у подростков [19]. В основу работы положены результаты комплексного обследования 300 подростков в возрасте от 14 до 18 лет с вертеброгенными головными болями. Использовались следующие методы: клинико-неврологический, рентгенологический, ультразвуковая доплерография (УЗДГ), реоэнцефалография (РЭГ), электроэнцефалография (ЭЭГ), дистанционная инфракрасная термография области головы и шеи. Инфракрасная термография была проведена у 79 (43,9%) подростков с нарушением кровообращения в вертебробазилярном бассейне (ВББ) и дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника. В результате проведённого исследования признаки термографической асимметрии выявлены у 34 (43%) подростков, и в 94,4% они соответствовали данным УЗДГ и РЭГ.

Термографические признаки одностороннего синдрома позвоночной артерии (СПА) выявлены у 53,2% исследуемых, и это в 100% случаев соответствовало данным, полученным другими методами исследования мозгового кровотока. Термографические признаки вертебробазилярной недостаточности (ВБН) выявлены у 19%, соответствие составило 86,7%; термографические признаки венозного застоя выявлены у 64,6% подростков и в 100% соответствовали данным УЗДГ и РЭГ. Термографические признаки нестабильности шейного отдела позвоночника и дегенеративно-дистрофических изменений в нем выявлены у 58 и 56% подростков соответственно, и практически всегда были подтверждены данными рентгенографии. Проведённые исследования продемонстрировали высокую эффективность и достаточную точность комплекса доступных и неинвазивных методов исследования области головы и шеи при патологии

шейного отдела позвоночника у подростков как комплекса объективизации болевого синдрома и выявления патологии и компенсаторных возможностей мозгового кровотока при нарушении мозгового кровообращения в вертебробазиллярной системе головного мозга.

Исследования по использованию диагностики ИКТ проводятся и в других областях неврологии. Так, при лечении пациентов с кокцигодией (анокочиковый болевой синдром), эффективность проводимых лечебных мероприятий в комплексе с сеансами мануальной терапии оценивали с помощью ИКТ [53]. Показано достоверное совпадение результатов термографии (снижение поверхностной температуры в исследуемой области) со снижением уровня боли в процессе лечения, что более информативно, чем классический подход по субъективной оценке уровня боли по опросникам и шкалам. Авторы также подчёркивают безопасность ИКТ-мониторинга по сравнению с динамической рентгенографией [53].

Положительные результаты получены и в ревматологии. Для диагностики микрососудистых нарушений при системном склерозе и синдроме Рейно использовали капилляроскопию, тепловидение и лазерную доплеровскую флоуметрию [43]. Эффективность диагностики в применённых методиках 89, 74 и 72% соответственно, что показывает, что каждый подход, независимо друг от друга, может использоваться для диагностики перечисленных заболеваний, но точность диагноза повышается при применении всех трёх методов одновременно. Данные по динамическим изменениям микроциркуляции, полученные с помощью лазерной доплеровской флоуметрии и тепловидения, близки, но результативность этих методов значительно уступает методу капиллярографии.

В ряде исследований оценивается эффективность ИКТ-визуализации в области травматологии и ортопедии, полученные данные неоднозначны. Было проведено проспективное исследование 100 пациентов с подозрением на импичмент-синдром (контрольная группа – 30 здоровых) [47]. В обеих группах проводилась ИКТ плечевого пояса, у 73% пациентов имелись отклонения от нормы: у 51% пациентов зафиксирована гипотермия, а у 22% – гипертермия. В группе гипотермии – ограничение движения плеча было более заметным, чем в группе гипертермии и группе без отклонений ( $p < 0,05$ ). Другие клинические данные, однако, не коррелировали с выводами ИКТ, из чего авторы работы сделали выводы о том, что ИКТ-визуализация «работает» только в случае фиксирования гипотермии в исследованной области при постановке диагноза импичмент-синдрома.

При остеохондрозе позвоночника различной локализации [11] показано, что метод дистанционной инфракрасной термографии, как вспомогательный метод при болях в спине, может успешно и информативно дополнять традиционные методы диагностики данной патологии. Авторы отмечают, что метод ИКТ, безусловно, значительно расширяет диагностические возможности. Безусловно, компьютерная томография (КТ) с миелографией и магнитно-резонансная томография (МРТ) позвоночника, дают более обширную информацию (например, о состоянии мягких тканей позвоночного столба), но увеличение дозы облучения при КТ и значительная стоимость обследования как КТ, так и МРТ не позволяют столь угодно часто использовать их у одного и того же больного.

Метод ИКТ даёт хорошие результаты при мониторинге лечебных мероприятий при вышеупомянутой патологии, а также при диагностике и мониторинге спортивных травм и заболеваний спортсменов [8; 9; 12].

В другом масштабном исследовании [5] обобщён опыт исследования методом ИКТ у 960 больных в возрасте 18–68 лет, проходивших курс восстановительного лечения по поводу:

- остеохондроза различных отделов позвоночника (675 больных); на этом фоне у 243 из них (36%) отмечались явления плече-лопаточного периартрита и у 209 (31%) – люмбаишиалгический синдром;
- посттравматических повреждений магистральных нервов верхних и нижних конечностей (119 пациентов); у 63 пациентов с застарелыми посттравматическими дефектами нервов на уровне предплечья и кисти (давность травмы от нескольких месяцев до 2 лет) было проведено оперативное восстановление поврежденных нервных стволов;
- посттравматического нейродистрофического синдрома (ПТНДС) верхних и нижних конечностей во II и III фазах заболевания (61% и 39% больных соответственно) – всего 56 больных;
- остеоартроза суставов конечностей – 110 больных, из них 72 пациента (65%) страдали гонартрозом.

Термографические исследования проводили с помощью современного портативного компьютерного термографа «ИРТИС» (Россия), имеющего спектральный диапазон 3–5 мкм и чувствительность 0,02 °С. Авторы отмечают, что при обследовании пациентов с остеохондрозом позвоночника термографические признаки остеохондроза выявлялись при отсутствии таковых при рентгенологическом обследовании. Этот важный факт указывает на возможность выявления методом ИКТ функциональных нарушений на ранней стадии заболевания, когда ещё отсутствуют структурные изменения. Отмечено

также, что ИКТ-визуализация позволяет выявить различные нейрососудистые нарушения ещё до появления клинической картины.

Было показано [5], что термографическая картина не всегда может соответствовать степени травматического поражения нерва, что было подтверждено на ряде операций. При тщательном анализе всех проведённых исследований, с учётом достоинств и недостатков метода ИКТ, авторы рекомендуют широкое использование метода при медицинской реабилитации больных с патологией опорно-двигательной и нервной систем.

В ряде зарубежных работ получены удачные результаты применения ИКТ для диагностики воспалительного процесса при остеоартрите колена [37; 51]. В разных группах исследований, при воспалениях различной этиологии, показано, что метод ИКТ при диагностике патологии колена является надёжным и объективно оценивает признаки воспаления, что коррелирует с данными рентгеновских исследований, но при этом безопасность метода ИКТ гораздо выше.

Интересные данные получены в травматологии. Авторы работы [17] отмечают, что особенности теплообмена в материале кости описаны в небольшом числе публикаций, которые, главным образом, демонстрируют факт возникновения тепловых сигналов при дегенеративных изменениях в костной ткани и суставах [3; 28]. В последнее время в практику лечения переломов костей входят новые методы остеосинтеза с применением фиксаторов с памятью формы, которые охлаждают перед установкой до температуры жидкого азота  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Размещение охлаждённых металлических фиксаторов запускает процесс теплообмена в зоне контакта конструкции с костью. В работе [17] с использованием метода ИКТ проводилась оценка амплитуды и временных особенностей распространения тепловых потоков в костной ткани при остеосинтезе с применением фиксаторов с памятью формы. Результаты экспериментов свидетельствуют в пользу указанных муфт, обеспечивающих не только снижение механического воздействия металла на кость, но и двукратное снижение температурных градиентов в кости, что способствует повышению её витальности.

В неонатологии [40] была проведена оценка результатов использования ИКТ для исследования терморегуляции у новорождённых; выбор метода не случаен ввиду полной его безопасности. Высококачественные термограммы позволили исследователям не только оценить распределение температур у недоношенных детей с целью определения дальнейшей тактики процедур, но и позволили изучить взаимосвязь между температурой тела и развитием некротизирующего энтероколита у недоношенных новорождённых.

Объективные данные получены [18] с помощью ИКТ при изучении влияния различных схем антибактериальной терапии на течение послеоперационного периода у

пациентов после факоэмульсификации катаракты. Под наблюдением находились 68 пациентов с возрастной корковой начинающейся катарактой. Подбор оптимальной медикаментозной коррекции в послеоперационном периоде проводили с использованием тепловизионной камеры ThermoCAM SC3000 фирмы FLIR Systems.

В ряде обзоров представлены результаты применения ИКТ в онкологии [26; 48]. Приведены показания к выполнению исследований, оценена диагностическая эффективность термографии и перспективы дальнейших исследований в онкологии. Авторы считают, что основные перспективные направления использования ИКТ следующие: установление стадии опухолевого процесса, в частности, для злокачественных образований кожи (рак, меланома); изучение информативности ИКТ при обследовании больных с лихорадкой неясного генеза (при саркоме Юинга, опухолях тонкой кишки и предстательной железы, ретикулосаркоме, раке легкого, толстой кишки, желудка, желчного пузыря, мочевого пузыря, тела матки, опухоли Вильмса, гипернефроидном раке и т.д.); изучение взаимосвязи неспецифических и специфических элементов термосемиотики с потенциальной эффективностью противоопухолевых лекарственных средств.

Как отмечено в обзоре [20], очень продуктивен тепловизионный метод в ранней диагностике заболеваний молочных желез: мастопатий, новообразований, раннем распознавании метастазирования злокачественных новообразований. На основании анализа результатов более, чем 50-ти работ авторы пришли к заключению, что хотя маммография является стандартным методом первого ряда, который используется для получения изображения молочной железы, тем не менее он не даёт возможности поставить окончательный диагноз – рак молочной железы (РМЖ). К функциональному методу, который воспроизводит картину ранней васкуляризации и метаболических изменений, соответствующих росту опухоли, авторы относят ИКТ. Именно этот метод фиксирует патологическую картину, предшествующую значительным морфологическим изменениям. При обследовании и соответствующем диагнозу лечении возможно частое повторение ИКТ, так как метод неинвазивен и не сопровождается облучением пациента. Как констатируют авторы, разные методы фиксируют разные стороны динамики ракового процесса: маммография – структурную, а ИКТ – физиологическую, необходимо учитывать всю сумму данных. В качестве примера, иллюстрирующего этот вывод, приводятся результаты обследования группы женщин [39], у 66% которых РМЖ диагностировали на основании клинических данных, у 83% – по ИКТ, у 85% – на основании маммографии (с признаком патологии + все сомнительные случаи); и только при учёте данных клинических исследований, ИКТ и маммографии РМЖ был

диагностирован у 98% пациенток. При этом при маммографии опухоль определялась при минимальном среднем размере 1,66 см, при использовании ИКТ – менее 1,28 см, средний размер опухоли, определённый гистологически, составил 2,5 см.

Прогнозирование развития злокачественных опухолей является важной задачей, стоящей перед клиницистами-онкологами. Использование современных приборов (Тепловизор ТКВр-ИФП «СВИТ») с чувствительностью, достаточной для устойчивой регистрации различий в минимальных температурных показателях нормальной и патологически изменённой тканей, позволяет зафиксировать РМЖ в начальном состоянии, до того как диагноз подтверждается другими методами исследований. Результаты, подтверждающие этот тезис, были доложены на конференции в Санкт-Петербурге в 2010 г. [25]. Диагностику проводили 5674 пациенткам в возрасте от 19 до 78 лет. Обязательным минимумом являлся клинический осмотр, УЗИ молочных желёз и тепловидение; при необходимости выполнялась тонкоигольная аспирационная биопсия с врачебным ответом через 1,5–2 часа. Пациенткам, у которых выявлялась повышенная температура, но не было признаков злокачественного роста, предлагалось обязательно пройти ИКТ молочной железы через 6–8 месяцев. При повторных исследованиях (3–4 повтора) в 90% случаев фиксировалось прогрессивное повышение локальной температуры (в среднем на 0,2 градуса по Цельсию) и в последующем подтверждение опухолевого образования, верифицированное цитологически.

ИКТ-обследование проводилось при мониторинге до и после курса реабилитации у женщин, перенесших радикальное лечение РМЖ [6; 7]. В результате исследования впервые показано влияние постмастэктомического отека на функциональное состояние опорно-двигательной системы; тепловизионное обследование выполнялось при помощи программно-аппаратного комплекса «ТеплоСкан». Таким образом, диагностика заболеваний, как отмечено выше, не единственная цель ИКТ. С его помощью врач контролирует эффективность различных видов лечения, корректирует их и прогнозирует ближайший период реабилитации.

### **Заключение**

Значимые результаты использования ИКТ получены за последнее десятилетие в различных областях медицины. Достоинствами ИКТ являются:

#### для пациента

- относительная дешевизна исследования,
- безопасность и неинвазивность проводимого исследования,
- возможность повторения диагностики неоднократно;

#### для врача

- безопасность,
- возможность ранней диагностики на доклинической стадии,
- мониторинг проводимого лечения (как хирургического, так и консервативного),
- требуемое число повторных исследований,
- возможность получения достоверной информации по различным патологиям (по литературным данным, по ИКТ диагностируется более 150 болезней).

Плюсом использования методики ИКТ для российских врачей является также тот факт, что на настоящий момент времени есть качественные российские приборы, дешевые, по сравнению с импортным оборудованием, но имеющие технические характеристики, позволяющие осуществить высокий уровень исследований.

Анализ опубликованных результатов медицинских исследований показывает неоднозначность выводов об использовании ИКТ в клинике. Это означает, что исследования по столь информативному, безопасному для пациента и врача, неинвазивному методу должны продолжаться. Метод ИКТ обладает большими возможностями, помогает врачу не только оценить степень патологии, назначить правильное лечение и контролировать его на всех этапах, этот метод позволяет определить те или иные заболевания на стадии доклинической картины, что важно для принятия превентивных мер, проведения профилактического лечения, позволяющего предотвратить развитие патологического процесса.

#### **Список литературы**

1. Блюмин Р.Б., Наумова Э.М., Хадарцев А.А. Технологии бесконтактной диагностики // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV. – № 4. – С. 146–149.
2. Буторин С.П., Попов В.А, Крыжановский С.Г. и др. Стандарты диагностики хронической венозной недостаточности (ХВН) // Актуальные вопросы флебологии. Хронические заболевания вен. Приложение. – 2007. – С. 20.
3. Вавилов В.П., Илюшенов В.Н. Распределение тепловых полей в структуре кости. Материалы Международного конгресса «Современные технологии в травматологии-ортопедии». – М., 2004. – С. 173.
4. Вайнер Б.Г. Матричное тепловидение в физиологии: исследование сосудистых реакций, перспирации и терморегуляции у человека. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2004. – 96 с.

5. Виноградов В.И., Веретенев И.С., Слезко В.Н. и др. Некоторые аспекты применения термографии при реабилитации пациентов с нарушением функций опорно-двигательной и нервной систем // Функциональная диагностика. – 2005. – № 3. – С. 72–78.
6. Гаевская О.Э., Смирнова Л.М. Особенности использования тепловидения при оценке нарушений микроциркуляции в области верхних конечностей после мастэктомии // Вестник гильдии протезистов-ортопедов. – 2008. – Т. 3. – № 33. – С 48–52.
7. Гаевская О.Э., Смирнова Л.М. Тепловизионная оценка микроциркуляторных нарушений в области верхних конечностей после радикальной мастэктомии // Гений ортопедии. – 2008. – № 4. – С. 108–113.
8. Дехтярев Ю.П., Мироненко С.А., Нечипорук В.И. и др. Применение дистанционной инфракрасной термографии в диагностике заболеваний и последствий травм у спортсменов // Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». – 2009. – № 1. – С. 220–223.
9. Дехтярев Ю.П., Мироненко С.А., Нечипорук В.И. и др. Дистанционная инфракрасная термография в диагностике заболеваний у спортсменов // Журнал российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов. – 2009. – С. 49–55.
10. Дехтярев Ю.П., Нечипорук В.И., Мироненко С.А. и др. Место и роль дистанционной инфракрасной термографии среди современных диагностических методов // Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». – 2010. – № 2. – С. 192–196.
11. Дехтярев Ю.П., Нечипорук В.И., Мироненко С.А. и др. Инфракрасная дистанционная термография как вспомогательный метод в диагностике и лечении вертеброгенных болей у спортсменов // Там же. – 2010. – № 3. – С. 122–125.
12. Жарова И.А. Показатели термографии у больных остеохондрозом и плоскостопием до и после курса физической реабилитации // Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – 2005. – № 2. – С. 66–73.
13. Замечник Т.В., Ларин С.И. Возможности термографии в диагностике варикозной болезни нижних конечностей // Флебология. – 2009. – № 3. – С. 10–14.
14. Заяц Г.А., Коваль В.Т. Медицинское тепловидение – современный метод функциональной диагностики // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2010. – Т. 43. № 3. – С. 27–33.
15. Иваницкий Г.Р. Тепловидение в медицине // Вестник РАН. – 2006. – Том 76. – № 1. – С. 48–58.

16. Иваницкий Г.Р., Деев А.А., Хижняк Е.П. и др. Тепловидение в медицине: сравнительная оценка инфракрасных систем диапазонов длин волн 3–5 и 8–12 мкм для диагностических целей // ДАН. – 2006. – Т. 407. – № 2. – С. 258–262.
17. Илюшенов В.Н., Вавилов В.П., Ширяев В.В. и др. ИК термографический анализ динамических температурных полей в костной ткани при ее контакте с охлажденными фиксаторами с памятью формы // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 2. – С. 64–68.
18. Лопатинская Н.Р., Каменских Т.Г., Усанов Д.А. и др. Динамический тепловизионный контроль состояния глаза в послеоперационном периоде факоэмульсификации катаракты // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 346–350.
19. Мамонова Е.Ю., Калинина М.Ю. Нарушения гемодинамики при краниовертебральной патологии у подростков // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – Вып. 2. – № 3. – С. 17–19.
20. Маркель А.Л., Вайнер Б.Г. Инфракрасная термография в диагностике рака молочной железы // Терапевтический архив. – 2005. – Т. 77. – № 10. – С. 57–61.
21. Мельников Г.С., Самков В.М., Солдатов Ю.И. [и др.] Современные медицинские тепловизоры // Материалы IX Международной конференции «Прикладная оптика – 2010» – СПб., 2010. – С. 11–17.
22. Неврология. Национальное руководство / под ред. Е.И. Гусева [и др.]. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 291–297.
23. Окорочков А.Н. Диагностика болезней внутренних органов. : Т. 7. Диагностика болезней сердца и сосудов. – М. : Медицинская литература, 2007. – С. 335.
24. Перцов О.Л., Самков В.М. Медико-технические аспекты развития современных тепловизорных методов в теоретической и практической медицине. Материалы IX Международной конференции «Прикладная оптика – 2010». – СПб., 2010. – С. 18–21.
25. Пушкарьев С.В., Ивлюшкин В.В., Беленький В.Я. и др. Медицинское тепловидение: современный взгляд на диагностику опухолей молочной железы. – Там же. – С. 73–74.
26. Розенфельд Л.Г., Колотилов Н.Н. Дистанционная инфракрасная термография (ДИТ) в онкологии // Онкология. – 2001. – Т. 3. – № 2–3. – С. 103–106.
27. Розенфельд Л.Г., Богдан Т.В., Тимофеев В.И. и др. Ранняя диагностика заболеваний сосудов нижних конечностей с применением инфракрасной термографии // Укр. Мед. Часопис. – 2011. – № 2. – С. 28–30.
28. Терновой Н.К., Державин А.Е. Возможности и перспективы дистанционной инфракрасной термографии при изучении патологии опорно-двигательного аппарата // Ортопедия и травматология. – 1985. – № 5. – С. 68–71.

29. Ткаченко Ю.А., Голованова М.В., Овечкин А.М. Клиническая термография (обзор основных возможностей). – Нижний Новгород : Союз Восточной и Западной Медицины. – 1998. – 270 с.
30. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Протопопов А.А. и др. Оценка функционального состояния кровеносных сосудов по анализу температурной реакции на окклюзионную пробу // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т. 5. – № 4. – С. 554–558.
31. Хижняк Л.Н. Диагностика и контроль эффективности лечения заболеваний сосудов нижних конечностей с использованием матричных термовизионных систем : автореф. ... канд. мед. наук. – Пушкино, 2006. – 23 с.
32. Якупов А.Ф., Анисимов А.Ю., Галимзянов А.Ф. и др. Возможности термографии в диагностике и лечении больных циррозом печени, осложненным портальной гипертензией // Казанский медицинский журнал. – 2008. – Т. 89. – № 6. – С. 842–846.
33. Ahmadi N., Nabavi V., Nuguri V. et al. Low fingertip temperature rebound measured by digital thermal monitoring strongly correlates with the presence and extent of coronary artery disease diagnosed by 64-slice multi-detector computed tomography // Int. J. Cardiovasc. Imaging. – 2009. – Vol. 25. – P. 725–738.
34. Bharara M., Cobb J.E., Claremont D.J. Thermography and thermometry in the assessment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques // Int. J. Low. Extrem. Wounds. – 2006. – Vol. 5. – № 4. – P. 250–260.
35. Bharara M., Schoess J., Nouvong A. et al. Wound Inflammatory Index: A “Proof of Concept” Study to Assess Wound Healing Trajectory. // J. Diabetes Sci. Technol. – 2010. – Vol. 4. – № 4. – P. 773–779.
36. Bichinho G.L., Gariba M.A., Sanches I.J. et al. A computer tool for the fusion and visualization of thermal and magnetic resonance images // J. Digit. Imaging. – 2009. – Vol. 22. – № 5. – P. 527–534.
37. Denoble A.E., Hall N., Pieper C.F. et al. Patellar Skin Surface Temperature by Thermography Reflects Knee Osteoarthritis Severity // Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders. – 2010. – № 3. – P. 69–75.
38. Huang C.L., Wu Y.W., Hwang C.L. et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease // Journal of Vascular Surgery, In Press, Corrected Proof. – 2011. – (ScienceDirect).
39. Keyserlink J.R., Yu E., Belliveau N. et al. Functional infrared imaging of the breast. // J. IEEE Engin. Med. Biol. – 2000. – Vol. 19. – № 3. – P. 30–41.

40. Knobel R.B., Guenther B.D., Rice H.E. Thermoregulation and thermography in neonatal physiology and disease. // *Biological research for nursing*. – 2011. – Vol. 13. – № 3. – P. 274–282.
41. Lavery L.A., Higgins K.R., Lanctot D.R. et al. Preventing diabetic foot ulcer recurrence in high-risk patients: use of temperature monitoring as a self-assessment tool // *Diabetes Care*. – 2007. – Vol. 30. – № 1. – P. 14–20.
42. Merla A., Romani G.L. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach // *Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. – 2006. – Vol. 1. – P. 224–227.
43. Murray A.K., Moore T.L., Manning J.B. et al. Noninvasive imaging techniques in the assessment of scleroderma spectrum disorders // *Arthritis Rheum*. – 2009. – Vol. 61. – № 8. – P. 1103–1111.
44. Murthy J.N., van Jaarsveld J., Fei J. et al. Thermal Infrared Imaging: A Novel Method to Monitor Airflow During Polysomnography // *SLEEP*. – 2009. – Vol. 32. – № 11. – P. 1521–1527.
45. Naicker A.S., Roohi S.A., Lee C.S. et al. Alteration of foot temperature in diabetic neuropathy: is it another piece of puzzle? // *Med. J. Malaysia*. – 2006. – Vol. 61. – Suppl A. – P. 10–13.
46. Papanas N., Papatheodorou K., Papazoglou D. et al. Association between Foot Temperature and Sudomotor Dysfunction in Type 2 Diabetes // *J. Diabetes Sci. Technol*. – 2010. – Vol. 4. – № 4. – P. 803–807.
47. Park J.Y., Hyun J.K., Seo J.B. The effectiveness of digital infrared thermographic imaging in patients with shoulder impingement syndrome. – *J. Shoulder Elbow Surg*. – 2007. – Vol. 16. – № 5. – P. 548–554.
48. Poljak-Blazi M., Kolaric D., Jaganjac M. et al. Specific thermographic changes during Walker 256 carcinoma development: differential infrared imaging of tumour, inflammation and haematoma // *Cancer Detect. Prev*. – 2009. – Vol. 32. – № 5–6. – P. 431–436.
49. Ring E.F. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine // *J. Med. Eng. Technol*. – 2006. – Vol. 30. – № 4. – P. 192–198.
50. Ring E.F. Thermal Imaging Today and Its Relevance to Diabetes // *Journal of Diabetes Science and Technology*. – 2010. – Vol. 4. – № 4. – P. 857–862.
51. Spalding S.J., Kwoh C.K., Boudreau R. et al. Three-dimensional and thermal surface imaging produces reliable measures of joint shape and temperature: a potential tool for quantifying arthritis // *Arthritis Res. Ther*. – 2008. – Vol. 10. – № 1. – P. R 10.

52. Van der Wall E.E., Schuijf J.D., Bax J.J. et al. Fingertip digital thermal monitoring: a fingerprint for cardiovascular disease? // *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* – 2010. – Vol. 26. – P. 249–252.

53. Wu C.L., Yu K.L., Chuang H.Y. et al. The application of infrared thermography in the assessment of patients with coccygodynia before and after manual therapy combined with diathermy // *J. Manipulative Physiol. Ther.* – 2009. – Vol. 32. – № 4. – P. 287–293.

**Рецензенты:**

Нимаев В.В., д.м.н., профессор, кафедры хирургических болезней медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск.

Смагин А.А., д.м.н., профессор, руководитель лаборатории лимфодетоксикации Учреждения Российской академии медицинских наук Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной лимфологии Сибирского отделения РАМН, г. Новосибирск.

**Работа получена 22.08.2011**