

39. Яковлев С.В., Суворова М.П. Цефотаксим/сульбактам: важное пополнение в арсенале ингибиторзащищенных бета-лактамовых антибиотиков // Антибиотики и химиотерапия. 2019. Т. 64. №. 3-4. С. 70-80.
Yakovlev S.V., Suvorova M.P. Cefotaxime / sulbactam: an important addition to the arsenal of inhibitor-protected beta-lactam antibiotics // Antibiotics and chemotherapy. 2019. V. 64. No. 3-4. P. 70-80. [In Russ.].
40. Суворова М.П. Опыт применения ингибиторзащищенных цефалоспоринов в качестве карбапенем-сберегающих технологий // XXI Российская конференция «Современные проблемы и перспективы антимикробной терапии». Материалы и тезисы 15-16 ноября. 2019. С. 56-61.
Suvorova M.P. Experience in using inhibitor-protected cephalosporins as carbapenem-sparing technologies // XXI Russian Conference «Modern Problems and Prospects of Antimicrobial Therapy». Materials and abstracts of November 15-16. 2019. P. 56-61. [In Russ.].
41. Chan P.C. et al. Control of an outbreak of pandrug-resistant *Acinetobacter baumannii* colonization and infection in a neonatal intensive care unit // Infection Control & Hospital Epidemiology. 2007. T. 28. №. 4. С. 423-429.
42. Hsu J.F. et al. Case-control analysis of endemic *Acinetobacter baumannii* bacteremia in the neonatal intensive care unit // American journal of infection control. 2014. T. 42. №. 1. С. 23-27.
43. Al Jarousha A.M. K. et al. Nosocomial multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* in the neonatal intensive care unit in Gaza City, Palestine // International Journal of Infectious Diseases. 2009. T. 13. №. 5. С. 623-628.
44. Al-Mouqdad M. et al. Safety and efficacy of colistin and fluoroquinolone in neonatal persistent late-onset sepsis // Saudi Pharmaceutical Journal. 2021. T. 29. №. 9. С. 1013-1020.
45. Tekgunduz K.S. et al. Safety and efficacy of intravenous colistin in neonates with culture proven sepsis // Iranian journal of pediatrics. 2015. T. 25. №. 4.
46. Nakwan N. et al. Pharmacokinetics of colistin following a single dose of intravenous colistimethate sodium in critically ill neonates // The Pediatric infectious disease journal. 2016. T. 35. №. 11. С. 1211-1214.
47. Celebi S. et al. Colistimethate sodium therapy for multidrug-resistant isolates in pediatric patients // Pediatrics International. 2010. T. 52. №. 3. С. 410-414.
48. Cakir U. et al. Acquired barter-like syndrome associated with colistin use in a preterm infant // Renal Failure. 2013. T. 35. №. 3. С. 411-413.
49. Yurtutan S., Atalay B.C. Short and long term side effect of colistin treatment in preterm infants // The Turkish Journal of Pediatrics. 2021. T. 63. №. 6. С. 1108-1109.

Статья поступила / Received 10.10.2024
Получена после рецензирования / Revised 20.10.2024
Принята в печать / Accepted 05.12.2024

Сведения об авторах

Теплова Наталья Вадимовна, д.м.н., профессор, зав. кафедрой клинической фармакологии Лечебного факультета¹. E-mail: teplova.nv@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-4259-0945

Постников Сергей Сергеевич, д.м.н., профессор кафедры клинической фармакологии Лечебного факультета¹. E-mail: elixin@list.ru. ORCID: 0000-0001-8468-6959

Румянцев Александр Львович, к.м.н., зав. отделением гемодиализа². E-mail: rumalex1967@gmail.com. ORCID: 0000-0002-7656-1539

Костылева Мария Николаевна, к.м.н., доцент кафедры клинической фармакологии Лечебного факультета¹, зав. отделением клинической фармакологии². E-mail: kostyleva_m_n@rdkb.ru. ORCID: 0000-0002-7656-1539

Грацианская Анна Николаевна, к.м.н., доцент кафедры клинической фармакологии Лечебного факультета¹. E-mail: annagrats@rambler.ru

Белоусова Людмила Борисовна, студентка 6-го курса педиатрического факультета¹. E-mail: lubelousova@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9130-3267

Далакян Дарья Юрьевна, студентка 6-го курса педиатрического факультета¹. E-mail: ddy2310@gmail.com. ORCID: 0009-0009-9118-6122

¹Кафедра клинической фармакологии им. Ю.Б. Белоусова ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

²Российская детская клиническая больница – филиал ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Теплова Наталья Вадимовна. E-mail: teplova.nv@yandex.ru

Для цитирования: Теплова Н.В., Постников С.С., Румянцев А.Л., Костылева М.Н., Грацианская А.Н., Белоусова Л.Б., Далакян Д.Ю. Роль *Acinetobacter baumannii* в этиологии нозокомиальных инфекций и возможные варианты рациональной антибиотикотерапии у взрослых и детей. Медицинский алфавит. 2024; (35): 100-107. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-35-100-107>

About authors

Teplova Natalia V., DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine¹. E-mail: teplova.nv@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-4259-0945

Postnikov Sergey S., DM Sci (habil.), professor at Dept of Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine¹. E-mail: elixin@list.ru. ORCID: 0000-0001-8468-6959

Rumyantsev Alexander L., PhD Med, head of Hemodialysis Dept². E-mail: rumalex1967@gmail.com. ORCID: 0000-0002-7656-1539

Kostyleva Maria N., PhD Med, associate professor at Dept of Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine¹, head of Dept of Clinical Pharmacology². E-mail: kostyleva_m_n@rdkb.ru. ORCID: 0000-0002-7656-1539

Gratsianskaya Anna N., PhD Med, associate professor at Dept of Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine¹. E-mail: annagrats@rambler.ru

Belousova Lyudmila B., 6th-year student of Pediatric Faculty¹. E-mail: lubelousova@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9130-3267

Dalakyan Daria Yu., 6th year student of Pediatric Faculty¹. E-mail: ddy2310@gmail.com. ORCID: 0009-0009-9118-6122

¹Dept of Clinical Pharmacology named after Yu. B. Belousov at N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

²Russian Children's Clinical Hospital – branch of N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Corresponding author: Teplova Natalia V. E-mail: teplova.nv@yandex.ru

For citation: Teplova N.V., Postnikov S.S., Rumyantsev A.L., Kostyleva M.N., Gratsianskaya A.N., Belousova L.B., Dalakyan D. Yu. The role of *Acinetobacter baumannii* in the etiology of nosocomial infections and possible options for rational antibiotic therapy in adults and children. Medical alphabet. 2024; (35): 100-107 <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-35-100-107>



DOI: 10.33667/2078-5631-2024-35-107-113

Медицинское тепловидение как метод визуализации в лечении ран и раневых инфекций: опыт применения и современное состояние вопроса

А. М. Кисленко¹, И. М. Долгов², Ю. В. Карамышев³, С. А. Коваленко³, А. В. Филиппов¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневецкого» Министерства обороны Российской Федерации, г. Красногорск, Московская область, Россия

²ООО «Дигносис», Москва, Россия

³ФГКУ «442 Военный клинический госпиталь» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Медицинское тепловидение (МТ) – активно развивающаяся технология, охватывающая многие области медицинской практики. К сожалению, возможности метода в такой важнейшей области, как лечение ран и раневых инфекций, практически не изучены, мало данных о том, будет ли метод эффективен в реальной практике, где условия применения далеки от стандартных, необходимых для его правильной реализации. Представленный материал показывает, что в части широкого спектра нозологий, имеющих отношение

к гнойной хирургии, в т.ч., инфекции мягких тканей, нарушения локального и периферического кровообращения, остеомиелиты длинных трубчатых костей, тепловизионные диагностические паттерны сохраняют свое значение и практически не зависят от условий применения. По совокупности качеств, МТ может стать важным методом экспресс-диагностики в лечении ран и раневых инфекций в условиях стационара любого уровня, вполне возможно использование МТ для выявления повреждений магистральных сосудов и определения тактики лечения при боевой хирургической травме конечностей. Для уточнения термосемиотики, в том числе, численных критериев, а также уточнения граничных условий окружающей среды, при которых МТ сохраняет свое диагностическое значение, необходимо продолжение клинических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинское тепловидение, раневые инфекции, боевая травма, диагностика.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Medical thermography as a method of visualization in the wounds and wound infections care: application experience and current state of the matter

A. M. Kislenko¹, I. M. Dolgov², Y. V. Karamyshev³, S. A. Kovalenko³, A. V. Filippov¹

¹National Medical Research Center for High Medical Technologies - Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region, Russia

²LLC "Dignosys", Moscow, Russia

³442nd military hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

SUMMARY

Medical thermography (MT) is an actively developing technology that covers many areas of medical practice. Unfortunately, the usefulness of this method in such a crucial area as the treatment of wounds and wound infections are almost unknown. Moreover, there is no data on whether the method will be effective in emergency medical setting, where the conditions are far from standards, necessary for its correct implementation. Clinical evaluation in a wide range of pathologies, including soft tissue infections, local and peripheral blood circulation disorders, osteomyelitis after orthopedic trauma indicates, that infrared imaging diagnostic patterns are valid and almost independent of the environmental conditions. By all its qualities, MT could become the important method in rapid wounds and wound infections diagnostics to use in any surgical departments in the hospitals of any level and to be of interest to verify peripheral vascular disorders in patients with combat extremities injury. To clarify the thermosemiotics, including numerical criteria, as well as the environmental boundary conditions, at which medical thermography maintains its diagnostic value, further clinical studies are needed to support the clinical utility of thermography.

KEYWORDS: medical thermography, wound infection, combat extremities injury, diagnostics.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Введение

Медицинское тепловидение (МТ) как метод исследования существует более 80 лет и представляет собой регистрацию теплового излучения тела человека в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн (8–14 мкм) с помощью специального прибора – тепловизора. Современные изделия достаточно миниатюрны (вес 500–1200 г), снабжены матрицей высокого разрешения (до 1280 ×

960 пикселей – это более 1 000 000 точек измерений температуры), системой автокалибровки, не требуют охлаждения, работают с частотой до 70 герц и имеют специализированное программное обеспечение для анализа результатов. Температурная чувствительность (возможность различать температуру двух близлежащих пикселей) лучших медицинских неохлаждаемых (наиболее удобных в применении) приборов – 0,015°C. Зарегистрированное тепловое излучение с поверхности объекта (в т.ч., тела человека) переводится в матрицу температур и с помощью специального программного обеспечения переводится в визуальный образ (термограмму), которой привычен глазу и удобен для интерпретации (рис. 1).

Формирование тепловизионной картины на поверхности кожных покровов является результатом взаимодействия локальных и центральных механизмов терморегуляции. Несмотря на то, что в термограмме записывается распределение поверхностной температуры, кожная температура является интегральным показателем вклада расположенных глубже тканей, величина которого определяется, в том числе, наличием локальных нарушений кровообращения, очагов септического или асептического воспаления и т.д.

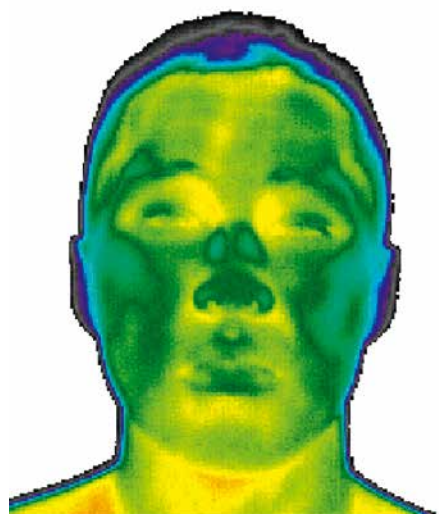


Рисунок 1. Данное изображение имеет размер 130x200 пикселей, т.е., получено на основании 26000 измеренных точек температуры на матрице тепловизора

Основой тепловизионной диагностики является «нормальное» распределения температур по поверхности тела [1]:

- сагиттальная термосимметрия (на симметричных участках поверхности тела в норме средняя температура не отличается более, чем на 0,5 °С);
- определенное, достаточно устойчивое распределения температур на поверхности различных участков тела;
- проксимально-дистальный градиент, когда температура в проксимальных сегментах конечности постепенно снижается к дистальным. В норме этот показатель не превышает 2,5–3 °С.

Любое местное изменение кровотока или метаболизма, независимо от причины (локальной или общей), его вызвавшей, влияет на поверхностный терморисунок. Сопоставляя этот терморисунок с другими методами, рутинно используемые в диагностике, можно сформировать термосемиотику, т.е., совокупность воспроизводимых тепловизионных признаков, позволяющих оценить как общий «сценарий» патологического процесса – увеличение или уменьшение локального кровотока, так и обоснованно предположить лежащие в их основе причины, в том числе, такие, как, например, воспаление, тромбоз магистральных артерий или нарушение функционирования микрососудистого русла при сахарном диабете.

На сегодняшний день установлены тепловизионные признаки более чем 150 нозологий, как у взрослых, так и в педиатрической практике, включая численные критерии для воспалительных процессов мягких тканях и длинных трубчатых костях.

Метод прост и удобен для применения, принципиально безопасен и не имеет противопоказаний, независимо от навыков оператора в интерпретации результатов.

Клиническое применение

Тепловизионная медицинская диагностика введена в практику отделения гнойной хирургии ФГБУ

«Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А. А. Вишневского» Министерства обороны Российской Федерации в январе 2021 года.

Исследования проводятся в перевязочных, палатах отделения гнойной хирургии и реанимационного отделения. Регионы съемки зависят от конкретных клинических потребностей с соблюдением требований к фокусировке, выборе ракурса и заполнению кадра. С учетом скорости работы тепловизора, длительность обследования одного пациента не превышает 3–5 минут.

Основные направления использования метода:

- выявление очагов инфекции (включая «скрытые», сопутствующий лимфангоит), в т.ч. у пациентов, находящихся на медикаментозной седации/ИВЛ;
- анализ инфицированных кожных ран на наличие некротических тканей и состояние микроциркуляции в дне раны и по ее краям;
- анализ эффективности работы дренажных систем;
- оценка эффективности проводимого лечения по характеру изменения тепловизионной картины
- выявление признаков инфицирования чрескожных «конструкций» (места вхождения спиц аппарата наружной фиксации переломов, внутрисосудистые катетеры);
- визуализация нарушений периферической микроциркуляции.

Наибольший интерес представляет использование МТ для выявления очагов инфекции (включая «скрытые», сопутствующий лимфангоит), в т.ч. у пациентов, находящихся на медикаментозной седации/ИВЛ. Если выявление системной воспалительной реакции в ранние сроки от поступления пациентов в стационар, как правило, не представляет особых трудностей (температурная реакция, лабораторные данные), то локализация очагов, а первичные и, особенно, метастатические гнойные очаги, могут располагаться в любых органах и тканях, находится в венозных тромбах (в т.ч., в местах длительно стоящих венозных катетеров), в «карманах», возникающих при недостаточном хирургическом дренировании ран либо при неадекватной работе промывных систем и т.д., до настоящего времени является актуальной проблемой, поскольку опирается, в большинстве случаев на опыт и навыки конкретного врача.

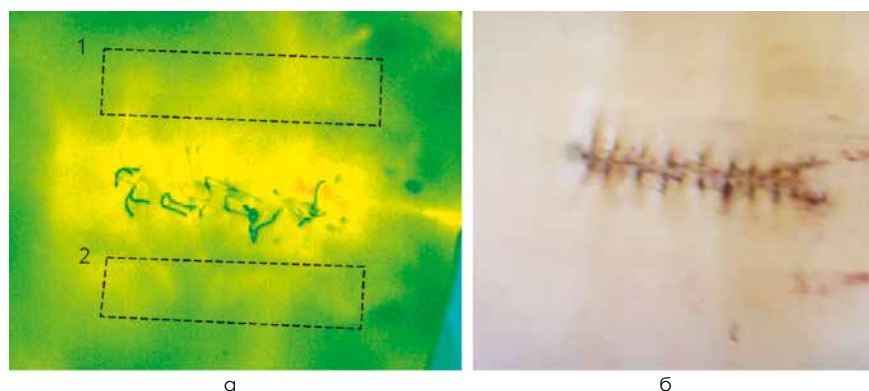


Рисунок 2. Неосложненное заживление операционной раны в поясничной области. а – термограмма, пунктиром выделены области определения температуры (объяснения в тексте); б – нативное фото

Таблица 1
Температурные показатели для областей 1 и 2 на рисунке 2а

	Т _{макс}	Т _{ср}	Т _{мин}
Область 1	36,1°	35,6°	34,4°
Область 2	36,0°	35,3°	34,3°
Разница температуры между областями 1 и 2	0,1°	0,3°	0,1°

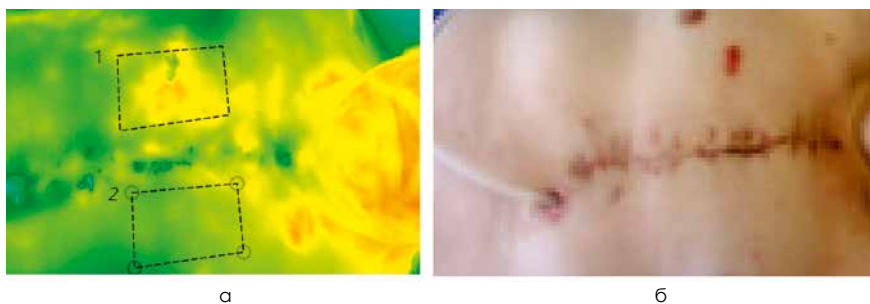


Рисунок 3. Осложненное заживление операционной раны: а – термограмма, пунктиром выделены области определения температуры (объяснения в тексте); б – нативное фото

Таблица 2
Температурные показатели для областей 1 и 2 на рисунке 3 а

	Тмакс	Тср	Тмин
Область 1	35,3°	34,1°	32,4°
Область 2	34,1°	32,8°	31,1°
Разница температуры между областями 1 и 2	0,8°	1,3°	1,3°

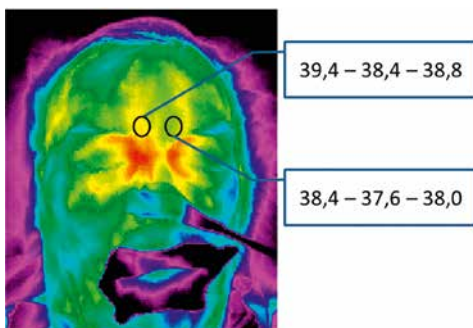


Рисунок 4. Термограмма головы пациента, находящего на ИВЛ. В выносках – значения максимальной, минимальной и средней температуры в проекции фронтальных синусов. Разница значений (в т.ч., 0,8°С по средней температуре) свидетельствует о высокой вероятности (подтверждено клинически) наличия воспалительного процесса в правой лобной пазухе

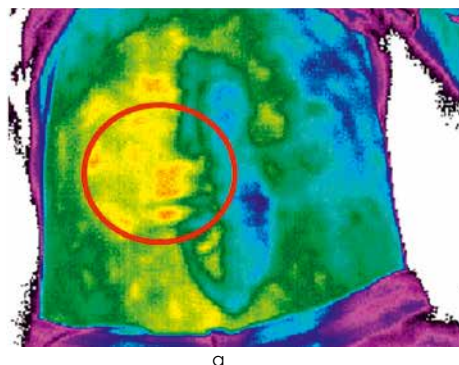


Рисунок 5. Тепловизионная визуализация скопления жидкостного инфицированного содержимого. а – термограмма (красным обведено подкожное скопление жидкости); б – нативное фото

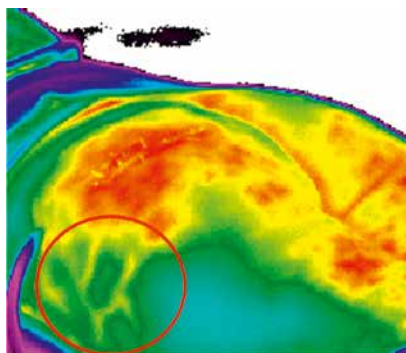


Рисунок 6. Тепловизионная картина абсцесса ягодичной области. Над областью абсцесса – выраженная поверхностная гипертермия, также гипертермия по ходу лимфатических сосудов (выделено красным кругом) – тепловизионные признаки лимангита

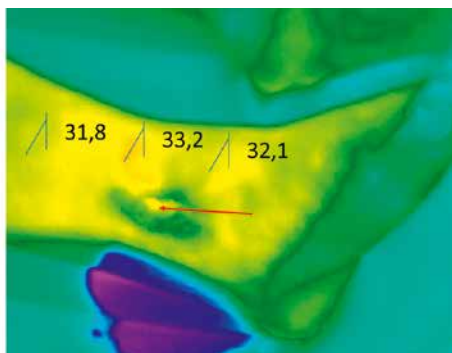


Рисунок 7. Тепловизионная картина остеомиелита дистальной трети большеберцовой кости: гипертермия 33,2°С в проекции очага со значимой разницей температур (более 1°С) с окружающими тканями. Красная стрелка указывает на наружное отверстие свищевого хода

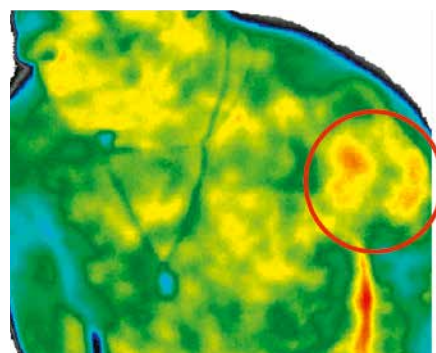


Рисунок 8. Тепловизионная картина остеомиелита проксимального отдела плечевой кости: зона локальной гипертермии в проекции проксимальной трети плечевой кости с разницей температуры с окружающими тканями более 2°С

Тепловизионный метод открывает определенные перспективы в решении таких задач, что подтверждено исследованиями, в которых определена температурная динамика «нормального» и осложненного заживления операционных ран: появление несимметричного терморисунка [2], сохранение очагов гипертермии в области шва позднее 4-х суток [3] или их появление через 3–4 после операции [4], обнаружение в окружности операционного шва участков гипертермии с разницей температуры более 1,1°–1,2°С по сравнению с близкорасположенными здоровыми тканями [5].

С представленными критериями хорошо согласуются наши наблюдения. При неосложненном течении послеоперационного периода отсутствовали зоны локальной гипертермии (рис. 2), а термоасимметрия по сторонам от шва была явно менее 1°С (разница приведенных в таблице 1 значений (минимальная (Тмин), средняя (Тср) и максимальная (Тмакс) температур) в выделенных сегментах (1 и 2) термограммы после вмешательства на поясничном отделе позвоночника не превышает 0,3°С).

Иначе выглядит тепловизионная картина у пациента с осложненным заживлением операционной раны: выявляются области локальной гипертермии (рис. 3), а термоасимметрия по сторонам от шва превышает референсные значения (табл. 2).

С помощью тепловизора возможно быстро обследовать в «поисковом» режиме пациентов, находящихся на ИВЛ. В данном случае, у пациента

был обнаружен ранее неизвестный очаг инфекции в параназальных синусах (рис. 4), о чем свидетельствует характерный терморисунок и разница температур в проекции фронтальных синусов.

Интерес представляет также возможность с помощью МТ выявлять области накопления инфицированного жидкостного содержимого, не имеющие явных визуальных признаков (рис. 5). Тепловизионная визуализация повышает точность локализации процесса и уменьшает операционную травму.

Использование МТ облегчает выявление очагов инфекции мягких тканей (рис. 6).

Тепловизионный метод представляет решения для выявления хронических воспалительных процессов в костях [6–9]. Тепловизионная картина в этом случае будет характеризоваться зонами локальной гипертермии различной интенсивности в проекции участка кости с подозрением на наличие остеомиелита (рис. 7, 8).

Одно из достоинств метода – простота оценки эффективности применяемого лечения, причем не только в визуальном, но и в «цифровом» формате, что повышает объективность результата. В случае с декубитальной язвой (рис. 9) тепловизионным критерием эффективности терапии является увеличение доли 3-го и 4-го квартиля температур (на гистограммах – показатель «плотн») с 6,7 до 42,7% [10].

Современное лечение гнойных ран невозможно без использования дренажных систем. МТ – очень удобный

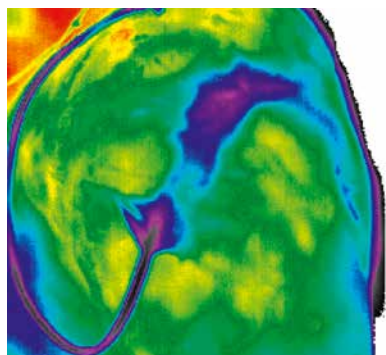


Рисунок 10. Тепловизионный контроль эффективности дренажной системы (область коленного сустава): введение в дренаж физиологического раствора комнатной температуры позволяет в режиме реального времени определить размеры полости за счет быстрого снижения температуры в зоне распространения введенной жидкости

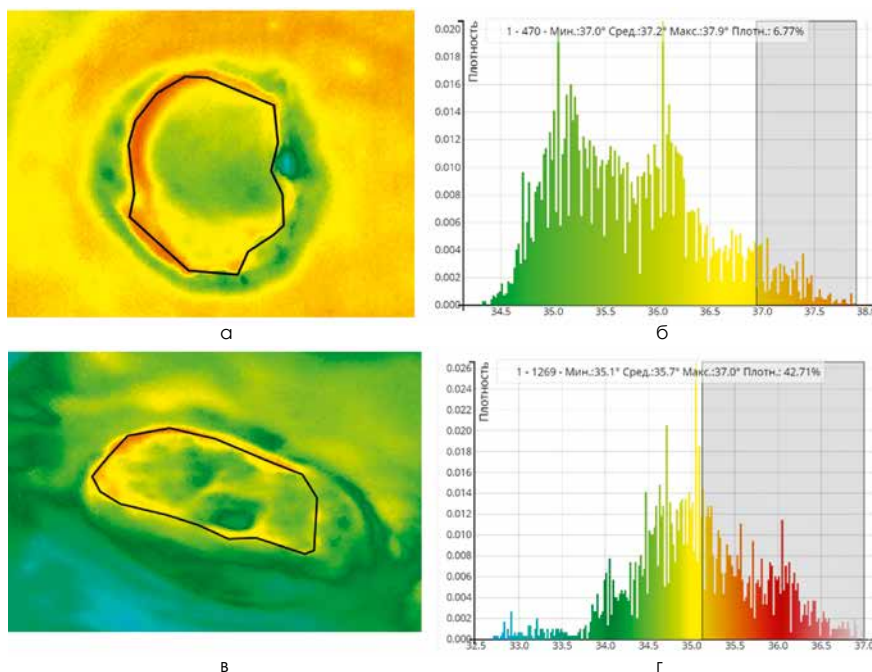


Рисунок 9. Тепловизионная картина, отражающая изменение состояния декубитальной язвы в области крестца на фоне лечения. а - терморисунок декубитальной язвы до начала лечения; б - гистограмма температуры до начала лечения; в - терморисунок декубитальной язвы через 21 день от начала лечения; г - гистограмма температуры через 21 день от начала лечения. Контур на а, в - декубитальная язва

метод, который позволяет без использования рентгена и контрастных препаратов определить эффективный дренируемый объем (рис. 10).

Важным компонентом лечения пациентов является контроль состояния кожных покровов в местах проведения спиц аппаратов наружной фиксации и точках пункции центральных вен, особенно у пациентов, длительно получающих инфузионную терапию. Признаки инфицирования определены как локальная гипертермия кожных покровов в месте введения спиц, с градиентом $0,9^{\circ}\text{C}$ по отношению к окружающим тканям [11]. Отсутствие локальной гипертермии является тепловизионным признаком отсутствия инфицирования (рис. 11).

По нашим наблюдениям, отсутствие локальной гипертермии также является согласующимся с клинической практикой признаком «нормального стояния» центрального катетера. (рис. 12).

Метод МТ дает возможность быстрой визуализации нарушений кровообращения любого генеза, в т.ч., эффективен для оценки периферической перфузии при исследовании поврежденных конечностей.

Пример значимых нарушений периферической микроциркуляции в стопе у пациента с сахарным диабетом: при отсутствии явных визуальных признаков, имеются тепловизионные критерии патологии (разница температур между

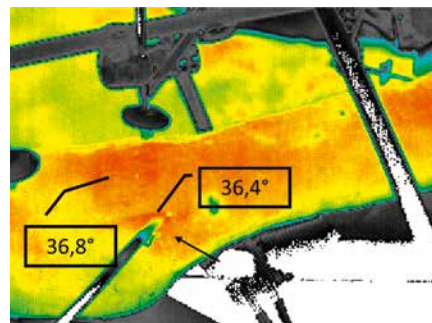


Рисунок 11. Отсутствие локальной гипертермии (в выносках указаны температура кожного покрова в месте проведения спицы аппарата наружной фиксации (стрелка) и близлежащих тканей) – разница менее $0,5^{\circ}\text{C}$ – свидетельствует о малой вероятности локального инфицирования

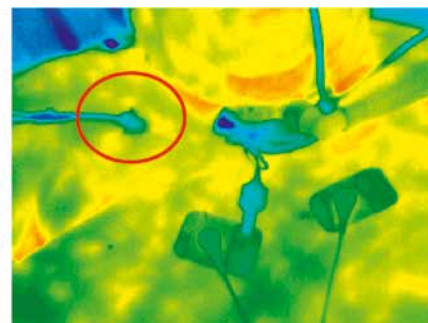


Рисунок 12. Тепловизионный контроль возможных осложнений катетеризации центральной вены (красный контур). Гипертермия в области пункции не выявлена, тепловизионных признаков инфицирования нет

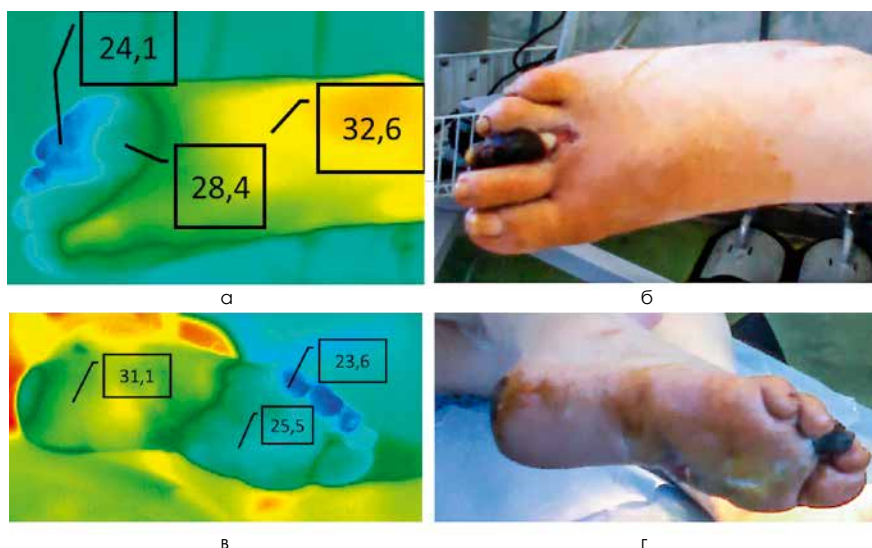


Рисунок 13. Тепловизионная оценка состояния микроциркуляторного русла у пациентки с сахарным диабетом: а, в-термограммы, б, г – нативное фото. В выносках – измеренная локальная температура

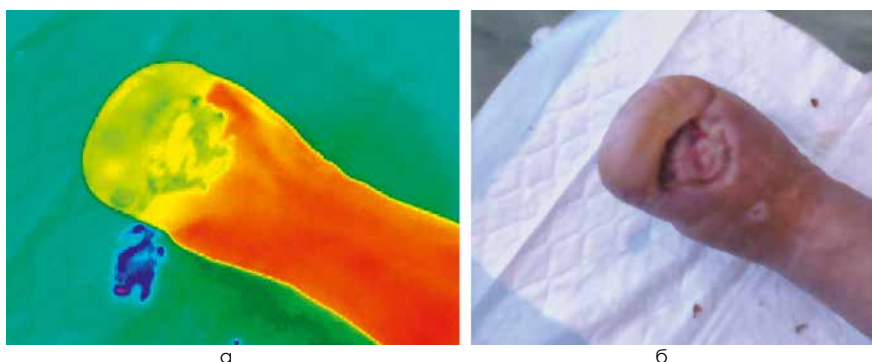


Рисунок 14. Тепловизионное исследование стопы после частичной ампутации в связи с развивавшейся диабетической гангреной: а – термограмма, б – нативное фото. Тепловизионные признаки равномерной перфузии дистальных отделов

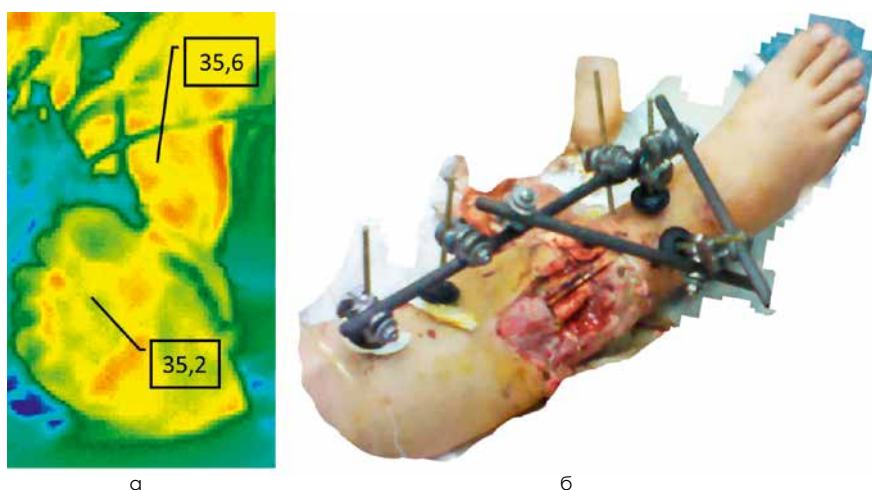


Рисунок 15. Тепловизионный контроль кровообращения в дистальных отделах конечности: а – термограмма, б – нативное фото. Измеренные температуры (в выносках) в проксимальной трети голени и на подошвенной поверхности стопы свидетельствуют об отсутствии нарушений периферической микроциркуляции

проксимальными и дистальными отделами стопы $8,5^{\circ}\text{C}$ для тыльной и $7,5^{\circ}\text{C}$ для подошвенной поверхностей стопы) (рис. 13).

Большое значение имеет возможность оценки периферического кровообращения после ампутаций, особенно у пациентов с сахарным диабетом (рис. 14), а также у пациентов с тяжелыми травмами конечностей, когда требуется постоянная оценка состоятельности нервно-сосудистого пучка (рис. 15).

Обсуждение

Медицинское тепловидение – известный с конца 60-х годов 20 века дополнительный метод визуализации, широко применяющийся в повседневной медицинской практике, по поводу чего существует большой объем литературы, анализ которой не входит в цели данной публикации.

Исследования возможностей тепловизионной диагностики в лечении ран и раневых инфекций были начаты в 80-х годах 20 века [12], однако, несмотря на все достоинства, эффективность метода в этой значимой области медицины (как гражданской, так и военной) практически не изучена: например, при анализе базы данных Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) по поиску «thermography+ wound infection» с 1965 года было найдено всего 58 публикаций и единственная – в части военной медицины [13].

Вместе с тем, возможность выявления двух сценариев формирования патологического процесса – увеличение или уменьшение локального кровотока – в который укладываются большинство нозологий пациентов госпиталя: гнойно-септические осложнения и нарушения периферической микроциркуляции (дистальные отделы конечностей в ситуациях повреждения сосудисто-нервного пучка), определяет значимость МТ и обоснованность введения его в рутину практики с учетом того, что гнойно-септические осложнения – одни из самых частых и грозных осложнений раневого процесса [14].

Значимая доля тяжелых ранений конечностей в структуре санитарных потерь на этапе оказания квалифицированной хирургической помощи (2 уровень) в активную фазу боевых действий закономерно определяют необходимость формирования мультидисциплинарного подхода – усиления передовых этапов медицинской эвакуации травматологами и сосудистыми хирургами с целью выполнения мероприятий неотложной специализированной хирургической помощи [15]. В рамках таких мероприятий вполне возможно использования МТ как средства экстренной скрининг-диагностики повреждений магистральных сосудов и определения тактики лечения при боевой хирургической травме конечностей.

В классическом варианте использования МТ описаны достаточно жесткие требования, касающиеся условий выполнения исследований в части температуры в помещении, отсутствия установок отопления/охлаждения помещения, использования медикаментозных вазоактивных препаратов, мазей на области интереса и т.п. [1]. Особый интерес наших наблюдений заключался в том, сохранит ли тепловизионное свое диагностическое значение, если будут нарушены все эти требования, иными словами, будет ли МТ эффективно в рутинной практике отделения ран и раневых инфекций.

Опыт показал, что тепловизионные диагностические паттерны, описанные выше, сохраняют свое значение и практически не зависят от условий применения.

Метод не требует длительной и сложной подготовки, является практически оператор-независимым, используемые в настоящее время тепловизионные приборы малогабаритны, результат выдается в режиме реального времени, противопоказания, даже формальные, отсутствуют, т.е., возможно неограниченное повторение исследований.

Вывод

По совокупности качеств, МТ может стать важным методом экспресс-диагностики в лечении ран и раневых инфекций в условиях стационара любого уровня.

Для уточнения тепловизионной картины различных состояний, встречающихся в практике, в том числе, численных критериев, а также уточнения граничных условий окружающей среды, при которых МТ сохраняет свое диагностическое значение, необходимо продолжение клинических наблюдений.

Список литературы / References

1. Ammer, Kurt. (2008). The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermology International*. 18. 125–129.
2. Weber M, Lenz M, Wassenberg L, Perera A, Eysel P, Scheyerer MJ. Thermographic assessment of skin temperature after lumbar spine surgery: Useful method for detection of wound complications? A pilot study. *Technol Health Care*. 2024;32(5):3497–3504. doi: 10.3233/THC-240344. PMID: 38820038.
3. Horzic M, Bunoz A, Maric K. Contact Thermography in a study of primary healing of surgical wounds. *Ostomy Wound Manage*. 1996 Jan-Feb;42(1):36–8, 40–2, 44. PMID: 8703289.
4. Robicsek F, Masters TN, Daugherty HK, Cook JW, Selle JG, Hess PJ, Vajtai P. The value of thermography in the early diagnosis of postoperative sternal wound infections. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1984 Aug;32(4):260–5. doi: 10.1055/s-2007-1023400. PMID: 6207620.

Сведения об авторах

Кисленко Андрей Михайлович, к.м.н, начальник Центра гнойной хирургии¹.
Долгов Игорь Маратович, д.м.н., зам. генерального директора².
 ORCID: 0000-0002-5511-5679
Карамышев Юрий Владимирович, начальник рентгеновского отделения³.
Коваленко Сергей Александрович, начальник госпиталя³.
Филиппов Александр Викторович, к.м.н, начальник Центра хирургии, главный хирург¹.

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого» Министерства обороны Российской Федерации, г. Красногорск, Московская область, Россия

²ООО «Дигнозис», Москва, Россия

³ФГКУ «442 Военный клинический госпиталь» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Автор для переписки: Долгов Игорь Маратович. E-mail: dolgov@dignosis.com

Для цитирования: Кисленко А.М., Долгов И.М., Карамышев Ю.В., Коваленко С.А., Филиппов А.В. Медицинское тепловидение как метод визуализации в лечении ран и раневых инфекций: опыт применения и современное состояние вопроса. *Медицинский алфавит*. 2024; (35): 107–113. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-35-107-113>

5. Chanmugam A, Langemo D, Thomason K, Haan J, Altenburger EA, Tippet A, Henderson L, Zortman TA. Relative Temperature Maximum in Wound Infection and Inflammation as Compared with a Control Subject Using Long-Wave Infrared Thermography. *Adv Skin Wound Care*. 2017 Sep;30(9):406–414. doi: 10.1097/01.ASW.0000522161.13573.62. PMID: 28817451.
6. Нейков Г.Н., Мингазов И.Т. Сравнительная оценка методов ранней диагностики острого гематогенного остеомиелита у детей. *Клинич. хирургия* 1993. – № 3. – С. 47–49.
7. Neikov GN, Mingazov IT. Comparative assessment of methods in early diagnosis of acute hematogenic osteomyelitis in children. *Klin Khir* (1962). 1993;(3):47–9. Russian. PMID: 8301958.
8. Zhao Y, Iyer RS, Reichley L, Oron AP, Gove NE, Kitsch AE, Biswas D, Friedman S, Partridge SC, Wallace CA. A Pilot Study of Infrared Thermal Imaging to Detect Active Bone Lesions in Children With Chronic Nonbacterial Osteomyelitis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2019 Nov;71(11):1430–1435. doi: 10.1002/acr.23804. PMID: 30387916.
9. der Strasse WA, Campos DP, Mendonça CJA, Soni JF, Tuon F, Mendes J, Nohama P. Evaluating physiological progression of chronic tibial osteomyelitis using infrared thermography. *Res. Biomed. Eng*. 2022;38(3):941–53. doi: 10.1007/s42600-022-00228-w. Epub 2022 Jun 25. PMID: 35244558.
10. Возможности тепловизионной диагностики в верификации хронического огнестрельного остеомиелита / А.М. Кисленко, И.М. Долгов, Н.А. Романюк [и др.] // Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях. Осложнения и неблагоприятные последствия травм. Инновационные подходы в организации медицинской помощи и лечении пострадавших: Сборник тезисов IX Национального конгресса с международным участием, Санкт-Петербург, 01–02 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2024. – С. 66. – EDN XJRSXC.
11. Chronic osteomyelitis following gunshot wounds: the possibilities to verify by mean of medical thermography / A.M. Kislenco, I.M. Dolgov, N.A. Romanuk et al. // Medical care for trauma patients: new technologies and... // Abstracts IX National Congress Saint Petersburg «Man and Health»-SPb, 01–02 of March, 2024, p. 66
12. Яковлева, А.В. Применение медицинского тепловидения в оценке динамики заживления декубитальных язв пациентов с тяжелыми повреждениями головного мозга / А.В. Яковлева, А.Е. Шестопалов, И.М. Долгов // Медицинский алфавит. – 2024. – № 6. – С. 58–62. – DOI 10.33667/2078-5631-2024-6-58-62. – EDN JCBXEO
13. Yakovleva A.V., Shestopalov A.E., Dolgov I.M. The use of medical thermal imaging in assessing the dynamics of healing of pressure ulcers in patients with severe brain damage. *Medical alphabet*. 2024;(00):64–67. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-6-58-62>
14. Rahbek O, Husum HC, Fridberg M, Ghaffari A, Kold S. Intratracheal Reliability of Digital Thermography in Detecting Pin Site Infection: A Proof of Concept Study. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2021 Jan-Apr;16(1):1–7. doi: 10.5005/jp-journals-10080-1522. PMID: 34326895; PMID: 34326895; PMID: 34326895
15. Орлов Г.А., Орловых В.Ф. Инфракрасная термография раны. *Вест. Хир. им. И.И. Грекова*. 1974. т. 113. – № 8. – с. 56–61.
16. Orlov GA, Pili'nikov VF. Infrared thermography of wounds. *Vestn Khir Im I I Grek*. 1974 Aug;113(8):56–61. Russian. PMID: 4454201.
17. Irwin J.W., Savara B.S. Thermography in the Measurement and Management of Combat Burn and Wound Healing // *Defense Technical Information Center*, 1973, 17 pp
18. Пилинников С.А., Войновский А.Е., Брижань А.К., Путинцев С.П. Гнойные осложнения ампутаций нижних конечностей при минно-взрывной травме. *Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова*. 2020;15(1):62–67 <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.15.1.012>
19. Pili'nikov S.A., Voinovsky A.E., Brizhan L.K., Putintsev S.P. Purulent complications of lower limb amputations due to mine blast trauma. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2020;15(1):62–67. [In Russ.] <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.15.1.012>
20. Касимов Р.Р., Просветов В.А., Самохвалов И.М., Завражнов А.А., Коваленко С.А., Федотов А.О., Кучев Р.Д., Арсентьев Л.В. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий // *Военно-медицинский журнал*. – 2024. – Т. 345. – № 7. – С. 4–12. doi: 10.52424/00269050_2024_345_7_4
21. Kasimov R.R., Prosvetov V.A., Samokhvalov I.M., Zavrashnov A.A., Kovalenko S.A., Fedotov A.O., Kushchev R.D., Arsentev L.V. The structure of combat surgical trauma and features of surgical care in advanced medical groups in the active phase of hostilities // *Voennno-medicinskij zhurnal*. – 2024. – Vol. 345. – N. 7. – P. 4–12. doi: 10.52424/00269050_2024_345_7_4

Статья поступила / Received 09.12.2024

Получена после рецензирования / Revised 11.12.2024

Принята в печать / Accepted 16.12.2024

About authors

Kislenco Andrey M., PhD Med, head of Wound Healing Center¹.
Dolgov Igor M., DM Sci (habil.), deputy general director². ORCID: 0000-0002-5511-5679
Karamyshev Yuri V., head of Roentgenology Dept³.
Kovalenko Sergey A., head of the Hospital³.
Filippov Alexander V., PhD Med, head of Center for Surgery, chief surgeon¹.

¹National Medical Research Center for High Medical Technologies - Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region, Russia

²LLC "Dignosis", Moscow, Russia

³442nd military hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Dolgov Igor M. E-mail: dolgov@dignosis.com

For citation: Kislenco A.M., Dolgov I.M., Karamyshev Y.V., Kovalenko S.A., Filippov A.V. Medical thermography as a method of visualization in the wounds and wound infections care: application experience and current state of the matter. *Medical alphabet*. 2024; (35): 107–113. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-35-107-113>