

tumor progression. *Current Opinion in Cell Biology*, 17 (5), 548–558. doi: 10.1016/j.ceb.2005.08.001

13. Liu, Z., Kakudo, K., Bai, Y., Li, Y., Ozaki, T., Miyauchi, A. et al. (2011). Loss of cellular polarity/cohesiveness in the invasive front of papillary thyroid carcinoma, a novel predictor for lymph node metastasis; possible morphological indicator of epithelial mesenchymal transition. *Journal of Clinical Pathology*, 64 (4), 325–329. doi: 10.1136/jcp.2010.083956

14. Wang, S. (2013). Differential expression of the Na⁺/I⁻ symporter protein in thyroid cancer and adjacent normal and nodular goiter tissues. *Oncol Lett.*, 5 (1), 368–372.

15. Maeta, H., Ohgi, S., Terada, T. (2001). Protein expression of matrix metalloproteinases 2 and 9 and tissue inhibitors of metalloproteinase 1 and 2 in papillary thyroid carcinomas. *Virchows Archiv*, 438 (2), 121–128. doi: 10.1007/s004280000286

16. Rundhaug, J. E. (2005). Matrix metalloproteinases and angiogenesis. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 9 (2), 267–285. doi: 10.1111/j.1582-4934.2005.tb00355.x

17. Bialek, J., Kunanuvat, U., Hombach-Klonisch, S., Spens, A., Stetefeld, J., Sunley, K. (2011). Relaxin Enhances the Collagenolytic Activity and In Vitro Invasiveness by Up-regulating Matrix Metalloproteinases in Human Thyroid Carcinoma Cells. *Molecular Cancer Research*, 9 (6), 673–687. doi: 10.1158/1541-7786.mcr-10-0411

18. Yeh, M. W., Rougier, J. P., Park, J. W. et al. (2006). Differentiated thyroid cancer cell invasion is regulated through epidermal growth factor receptor-dependent activation of matrix metalloproteinase (MMP)-2/gelatinase A. *Endocrine Related Cancer*, 13 (4), 1173–1183. doi: 10.1677/ero1.01226

Дата надходження рукопису 16.02.2015

Яковцова Ирина Ивановна, доктор медичинських наук, професор, завідувачка кафедрою, кафедра патологічної анатомії, Харківська академія последипломного освіти, ул. Корчагинцев, 58, г. Харків, Україна, 61176
E-mail: DocMorph@ya.ru

Ивахно Игорь Владимирович, лікар-патологоанатом, патологоанатомічне відділення, КЗОЗ «Харківська міська міська клінічна багатопрофільна лікарня №17», пр. Московський, 195, г. Харків, Україна, 61037
E-mail: I_Inakhno@mail.ru

Долгая Оксана Владимировна, кандидат медичинських наук, доцент, кафедра патологічної анатомії, Харківська медичинська академія последипломного освіти, ул. Корчагинцев, 58, г. Харків, Україна, 61176

Олейник Андрей Евгеньевич, кандидат медичинських наук, доцент, кафедра патологічної анатомії, Харківська медичинська академія последипломного освіти, ул. Корчагинцев, 58, г. Харків, Україна, 61176

Данилюк Светлана Владимировна, кандидат медичинських наук, асистент, кафедра патологічної анатомії, Харківська медичинська академія последипломного освіти, ул. Корчагинцев, 58, г. Харків, Україна, 61176

УДК: 616-006, 621.384.3

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.39341

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОГРАФИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ОНКОЛОГИИ

© Г.С. Ефимова

Приведены результаты термографических обследований онкологических пациентов в клинических условиях. На примерах полученных термограмм рассмотрены варианты простой количественной обработки выявленных тепловых аномалий и их динамики в процессе лечения. Проанализированы особенности, возможности и ограничения практического применения в медицине метода инфракрасной термографии для диагностики злокачественного новообразования и для контроля протекания заболевания и эффективности лечения

Ключевые слова: онкология, термография, диагностика, лучевая терапия, локальные побочные реакции

Both the tumors themselves and the toxic reactions on chemoradiotherapy (CRT) manifest in changes of thermal fields in the skin surface that gives a possibility of using non-invasive thermal imaging technique for diagnostics and monitoring. The purpose of the study is detection and preliminary analysis of dynamics of the anomalous thermal areas emerged at the skin surface of the oncology patients treated with CRT, and also establishing correlations of these thermal anomalies with the toxic reactions.

***Methods.** Using thermal imaging method, 100 oncology patients with various tumors thus treated with CRT under different regimens were repeatedly examined.*

***Results.** A clear correlation has been found between dynamics of the anomalous thermal areas and development of the toxic reactions. Periodic general thermal examination of the patients during their treatment gave an additional thermal imaging method opportunity of revealing new malignancies, metastases and other deteriorations of health status.*

***Conclusions.** Preliminary analysis of thermal anomalies on patients' skin surface has demonstrated that the thermal imaging method is principally applicable to monitor the severity of local CRT-caused toxic reactions*

***Keywords:** oncology, thermal imaging, diagnostics, chemoradiotherapy, local side reactions*

1. Введение

Температура внутренних органов человека зависит от интенсивности протекающих в них биохимических процессов и, соответственно, реагирует на любые типы заболеваний: бактериальные, вирусные, аллергические, нервно-психические и другие. Изменения температуры внутренних органов проявляются в изменениях тепловых полей на поверхности кожи человека. На анализе этих полей основана медицинская термография (МТ) [1, 2], – уникальный, дистанционный, неинвазивный, экономичный и простой в применении метод. В отличие от распространенных методов клинической визуализации (рентгеновское исследование, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография) [2], предоставляющих, в основном, информацию об анатомических структурах, МТ является методом функционального анализа. МТ позволяет диагностировать более 150 нозологических форм заболеваний, в том числе тех, которые невозможно выявить на ранних стадиях другими методами [3, 4], и без ограничений (благодаря неинвазивности) может применяться для контроля динамики заболевания и эффективности лечения [5].

2. Постановка проблемы

В последнее десятилетие научный интерес к МТ значительно возрос во всем мире, что обусловлено применением компьютерных технологий и улучшением параметров тепловизионных систем. Однако, исключая термодиагностику молочных желез [6], большинство врачей считают преждевременным использование этого уникального метода в клинической практике. Причина их недоверия к МТ кроется, на наш взгляд, в отсутствии опыта применения прибора (в том числе, из-за нехватки дешевых отечественных моделей) и в отсутствии разработанных методик тепловизионного анализа с утвержденными алгоритмами количественной обработки изображений и прилегающими электронными базами данных «эталонных» тепловых образов конкретных заболеваний. В литературе можно найти лишь малодоступные бумажные варианты атласов термограмм [4, 7] и разрозненные примеры характерных для некоторых заболеваний тепловых изображений, не систематизированные ни по характеристикам пациента (пол, возраст, конституционные особенности и т. д.), ни по степени развития заболевания. С другой стороны, для разработки подобных методик и создания современных электронных атласов необходимо накопить достаточное для

статистического анализа количество термограмм, что можно сделать только в клинических условиях при большом количестве пациентов с аналогичным заболеванием.

Поэтому непосредственными задачами данной работы были накопление необходимого для статистического анализа количества тепловых изображений, анализ методов простой количественной обработки тепловых аномалий с целью выбора оптимального для каждого конкретного случая. Важной задачей данных исследований также был выбор области клинической онкологии, где метод медицинской термографии может наиболее успешно и эффективно применяться уже в данный момент.

3. Обзор литературы

Самой изученной областью медицинской термографии и единственной областью, широко применяемой в клинической практике, является ранняя диагностика рака молочных желез. Это объясняется как особенностями локализации новообразований, так и возможностью использования количественных методов асимметричного анализа для выявления аномальных тепловых областей. Опубликовано большое количество работ, посвященных, как клиническим исследованиям, так и разработке математических методов анализа этих термограмм [1, 6]. Для этой области даже существуют, правда, единичные, атласы тепловых изображений молочных желез с различными опухолями [2], разработана и общепринятая мировая классификация нормальной термосемиотики здоровых молочных желез, согласно которой можно выделить четыре основные термографические типы молочных желез. Для проверки всей концепции ранней диагностики рака молочных желез термографическими методом в 2000 году по инициативе Advanced Concepts Analysis Inc. и других научных и медицинских центров и фондов США была создана международная база данных тепловых изображений молочных желез [8], куда с целью слепой диагностики и клинического подтверждения стекалась информация со всего мира. Но даже для этого наиболее изученного и широко применяемого на практике направления до сих пор не избран единственный метод количественной обработки тепловых аномалий и нет разработанных стандартных методик выявления тепловых аномалий молочной железы, выявления признаков, классификации.

И хотя неинвазивным методом МТ можно выявлять воспалительные процессы различной природы,

диагностировать широкий спектр сосудистых заболеваний, заболеваний опорно-двигательной системы, контролировать процессы эффективности лечения и др., на данном этапе тепловизионные технологии в этих направлениях используются в основном для научных исследований [9] и не применяются широко в клинической практике.

4. Выявление и количественный анализ аномальных тепловых участков на поверхности кожи онкологических пациентов

Исследования проводились в Институте медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМНУ (г. Харьков, Украина) [7] и в Харьковском областном клиническом онкологическом центре. Неоднократно термографическому обследованию были подвергнуты около 100 онкологических пациентов вышеуказанных медицинских учреждений, в результате была накоплена и количественно обработана база данных свыше 1500 тепловых образов.

Оборудование и методы исследования.

Тепловизионное обследование пациентов проводилось с использованием двух разных моделей инфракрасных термографов, разработанных и изготовленных в ФТИНТ НАН Украины [10]:

– системы (рис.1а) со сканированием на основе одноэлементного приемника азотного уровня охлаждения (температурная чувствительность 0,1 °С, пространственное разрешение 1,5 мрад, время кадра 1 сек.) [11],

– системы (рис.1б) на основе неохлаждаемой микроболометрической матрицы (384x288) элементов (температурная чувствительность 0,07 °С, пространственное разрешение 1 мрад, частота кадров 10 Гц) [12].



Рис. 1. Внешний вид используемых термографов: а – модель на основе одноэлементного охлаждаемого приемника; б – модель на основе неохлаждаемой матрицы

При проведении исследований использовался пассивный локально-проекционный термографический метод [1]. Общие правила термографирования человека с учетом особенностей его терморегуляции были адаптированы для конкретных клинических условий и воспроизводились при каждой съемке.

Чтобы выявить и проанализировать все возможные «тепловые отпечатки» больного органа, а также для всестороннего обследования состояния здоровья, пациенты термографировались в двух прямых (спереди и сзади), двух боковых и четырех глубоководных позициях (плюс дополнительные снимки отдельных фрагментов). В каждом положении записывалось несколько термограмм, чтобы повысить точность измерений.

Даже самые совершенные термографы измеряют абсолютную температуру с точностью, не превышающей $\pm 0,6$ °С на уровне 30 °С. Кроме того, тепловое поле человека претерпевает постоянные изменения, зависящие от множества факторов. Поэтому при анализе тепловых полей человека мы использовали преимущественно относительную температурную шкалу. Точность измерений при этом определялась температурной чувствительностью используемой модели термографа $\Delta T \leq \pm 0,1$ °С.

Исследования проводились в двух основных направлениях: (1) диагностика и (2) контроль динамики заболевания и эффективности лечения.

Так как у большинства здоровых людей тепловые поля симметричны относительно средней линии тела, основным критерием для диагностики заболевания методом МТ является выявление нарушения тепловой симметрии. Количественная оценка тепловой аномалии требует тщательного анализа термограмм. Хотя в наиболее разработанном направлении МТ – термодиагностике молочных желез, – предлагается множество различных методов асимметричного анализа [9], на данный момент не существует стандартной процедуры количественной оценки тепловой асимметрии. Например, можно автоматически измерять температуру каждого пикселя аномальной зоны

и программно вычитать из нее температуру соответствующего пикселя поверхности тела в симметрично расположенной контрлатеральной здоровой области для создания разностного изображения и автоматического определения точной формы и размеров «области интереса» для количественного анализа [13]. Так как в наших исследованиях результат тепловой диагностики являлся предварительным и обязательно проверялся другими методами, мы оценивали асимметрию по разнице средних температур «области интереса» с назначенной формой и размерами и контрлатеральной ей симметричной области. Недостатком такого подхода является зависи-

мость полученного значения температурного градиента от размера и формы «области интереса».

На рис. 2 приведены примеры термограмм впервые обратившихся к врачу пациентов, у которых по выявленному нарушению тепловой симметрии методом МТ был поставлен предварительный ди-

агноз. Рис. 2, *а* – обнаружена область гипертермии на левой молочной железе с градиентом температур $\Delta T \approx 1,2$ °C (разница между средними температурами в области интереса в аномальной зоне и области, ей симметричной) и диагностировано злокачественное новообразование (диагноз был подтвержден традиционными методами). Рис. 2, *б* – выявлена область гипертермии в подреберье с градиентом температур $\Delta T \approx 0,75$ °C, на основании чего ошибочно диагностировано злокачественное новообразование поджелудочной железы (правильный диагноз - панкреатит). Рис. 2, *в* – выявлена на шее асимметричная область гипертермии с градиентом $\Delta T \geq 0,6$ °C и поставлен предварительный диагноз злокачественного образования правой голосовой связки (подтвержденный диагноз – $T_1N_0M_0$). Рис. 2, *г* – термограмма таза пациента с наблюдаемыми асимметричными тепловыми тяжами с градиентом температур $\Delta T \approx 2$ °C (диагноз, поставленный по рентгенограмме и МРТ, – метастаз правого тазобедренного сустава и позвздошной кости $T_xN_xM_1$ из невыявленного первичного очага).

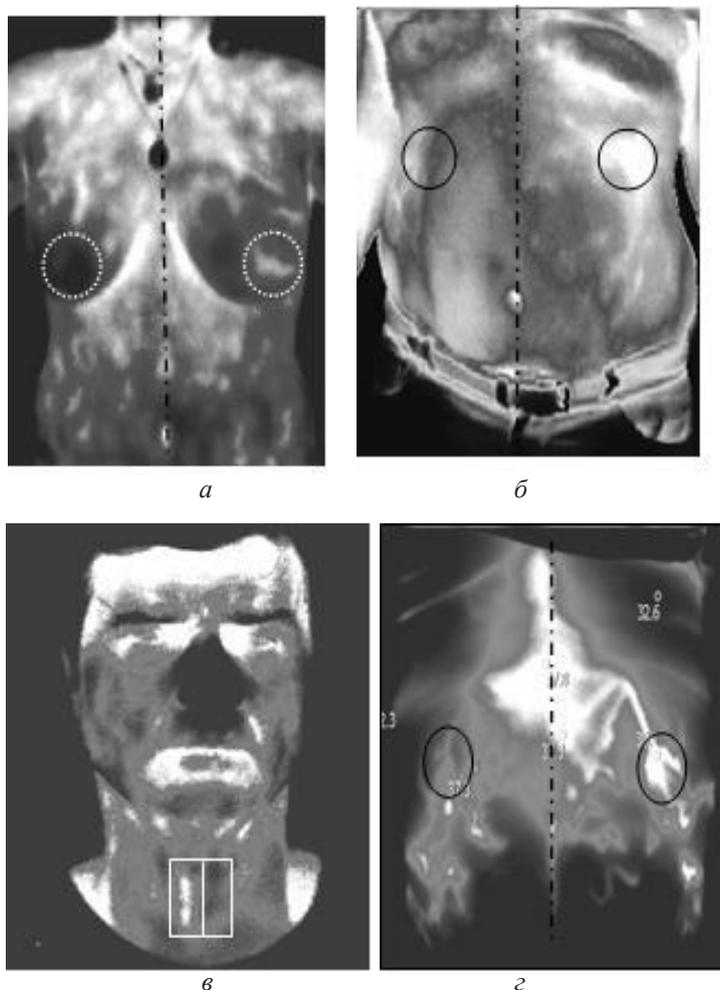


Рис. 2. Диагностика заболевания методом МТ по выявленному нарушению тепловой симметрии: *а* – злокачественное новообразование левой молочной железы; *б* – панкреатит; *в* – рак $T_1N_0M_0$ правой голосовой связки; *г* – термограмма таза пациента с диагнозом – метастаз правого тазобедренного сустава и позвздошной кости $T_xN_xM_1$ из невыявленного первичного очага

Другой важнейшей областью применения метода МТ является контроль динамики протекания заболевания и эффективности его лечения. Особенностью этого направления является наблюдение за количественными временными изменениями в уже выявленных «областях интереса». Эти изменения обусловлены развитием заболевания и реакцией организма на проводимое лечение. В этом случае особенно важно воспроизведение на каждой сессии внешних условий тепловизионной съемки и проведение ее в одно и то же время относительно очередного сеанса лечения. При этом применении метода также использовалась относительная шкала температур, но выбор опорной температуры зависел от локализации наблюдаемого участка и мог быть иным, чем при выявлении тепловой асимметрии. Например, в качестве опорной точки для вычисления температурных градиентов на лице в [14] предлагается средняя температура лобной области над переносицей. При разработке специальной тепловизионной методики раннего прогнозирования острого мукозита, возникающего у больных со злокачественными опухолями ротоглотки

при лечении методами ХРТ [5], создавали индивидуальную для каждого пациента относительную шкалу температур, где в качестве опорной температуры использовали температуру века в области переносицы, что было предложено в [15]. Эта температура является максимальной на теле здорового человека и коррелирует с его внутренней температурой. Таким образом, изменения поверхностной температуры в интересующих областях лица и шеи, вызванные общими изменениями патологического состояния пациента, исключаются из количественного анализа.

На рис. 3 представлены фронтальные термограммы лица пациента с плоскоклеточным ороговевающим раком гортани $T_3N_0M_0$ справа. Термограммы демонстрируют динамику аномальных гипертермических областей в процессе лучевой терапии (ЛТ) в относительной шкале температур (относительно температуры века). Закрашенные участки имеют температуру, равную или превышающую опорную температуру. Наличие области аномальной гипертермии до начала лечения (указана стрелкой) с градиентом $\Delta T \approx 0,7$ °C свидетельствует о возможности диагностирования опухоли данного типа и локализации методом МТ по критерию нарушения тепловой симметрии. На рис. 4, *б* приведены зависимости изменения в процессе ЛТ средних относительных температур для двух выбранных областей интереса, указанных на рис. 4, *а*. При этом изменение тепловых параметров в облучаемой области, ограниченной сплошным овалом обусловлено, предположительно, изменением собственной температуры опухоли и развитием побочных локальных токсических реакций (мукозита и лучевого дерматита), а в необлучаемой области (пунктирный овал на подбородке) – только развитием мукозита.

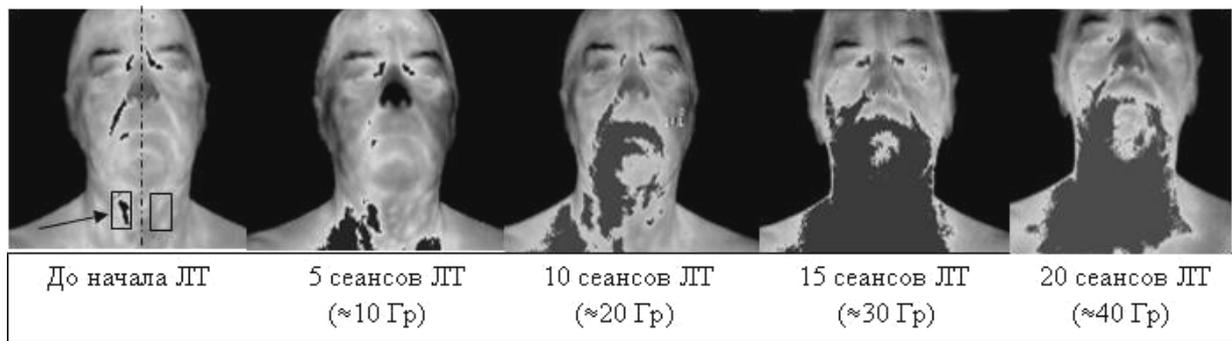
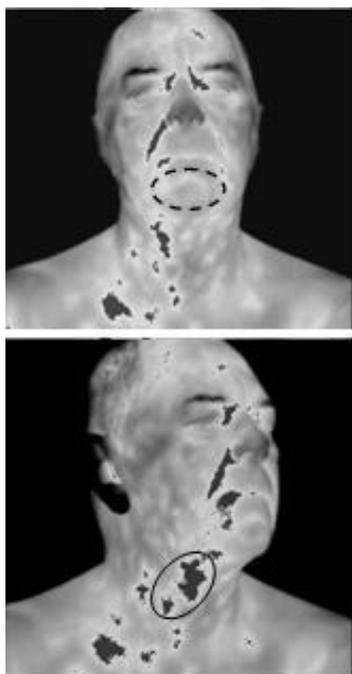
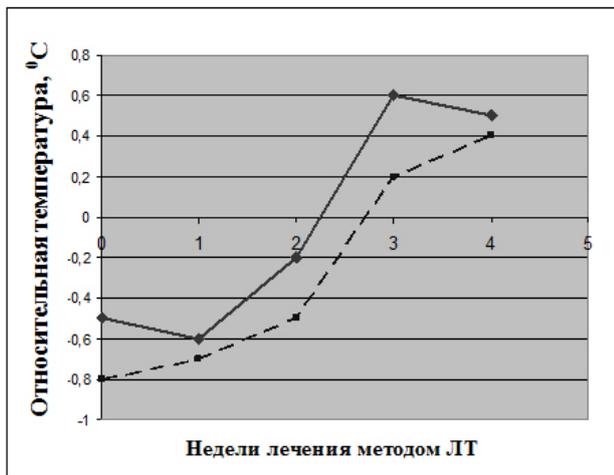


Рис. 3. Изменение гипертермических областей в процессе ЛТ в относительной шкале температур (закрашенные участки имеют температуру, равную или превышающую опорную температуру век)



а



б

Рис. 4. Динамика в процессе ЛТ тепловых параметров в выбранных для количественного анализа областях интереса: а – фронтальная и полубоковая термограммы головы/шеи с указанными овалами областями интереса; б – изменение средних относительных температур в соответствующих областях интереса

5. Выводы

Обнаруженные ошибки в поставленных методом МТ диагнозах (статистические оценки не проводились из-за недостаточного количества пациентов с одинаковым заболеванием) свидетельствует о преждевременности на данном этапе использования МТ в качестве основного диагностического метода (исключая комплексную диагностику патологии молочных желез). Чтобы этот уникальный метод функционального анализа мог конкурировать с общепризнанными диагностическими методами клинической визуализации, требуется накопление необходимого для статистического анализа большого количества информации (баз данных количественно проанализированных термограмм), проведение углубленных исследований патофизиологических основ тепловых изображений, разработка единых методов количественной обработки тепловых аномалий, создание современных электронных атласов термограмм и т. д.

На наш взгляд, на данном этапе гораздо эффективнее использовать метод МТ в клинической онкологии для контроля динамики заболевания и эффективности лечения, в частности, для контроля уровня локальных токсических реакций (лучевого дерматита и мукозита) в процессе ЛТ.

Благодаря неинвазивности метода (возможности многократного и всестороннего термографирования пациента без ухудшения его состояния), автономности и компактности современных термографов (возможности проведения обследования непосредственно в палате), современному программному обеспечению (возможности создания дополнительных функций, баз данных, автоматизации контроля и др.), МТ уже сейчас может эффективно использоваться в клинической практике именно в этом направлении.

Литература

1. Diakides, N. A. Medical Infrared Imaging [Text] / N. A. Diakides, J.D. Bronzino. – CRC Press, 2007. – 448 p. doi: 10.1201/9781420008340
2. Дегтярев, Ю. П. Место и роль дистанционной инфракрасной термографии среди современных диагностических методов [Текст] / Ю. П. Дегтярев, В. И. Ничипорук, С. А. Мироненко и др. // Электроника и связь. – 2010. – № 2. – С. 192–196.
3. Ng, E. Y. K. Statistical analysis of healthy and malignant breast thermography [Text] / E. Y. K. Ng, L. N. Ung, F. C. Ng, L. S. J. Sim // Journal of Medical Engineering and Technology. – 2001. – Vol. 25, Issue 6. – P. 253–263.

4. Gautherie, M. Atlas of breast thermography with specific guidelines for examination and interpretation [Text] / M. Gautherie. – Milan, Italy: PAPUSA, 1989.

5. Cohen, E. Study of Functional Infrared Imaging for Early Detection of Mucositis in Locally Advanced Head and Neck Cancer Treated With Chemoradiotherapy [Text] / E. Cohen, O. Ahmed, G. Shustakova et al. // Oral Oncology. – 2013. – Vol. 49, Issue 10. – P. 1025–1031. doi: 10.1016/j.oraloncology.2013.07.009

6. Literature Review of Breast Thermography [Electronic resource] / Available at: <http://www.medithermclinic.com/breast/BREAST%20THERMOGRAPHY%20-%20REVIEWED.pdf>

7. Губкин, С. В. Атлас термограмм в ревматологии [Текст] / С. В. Губкин. – Минск: Технопринт, 2002. – 116 с.

8. AFRL. Medatr database using vdl, 2003 [Electronic resource] / Available at: <http://www.vdl.afrl.af.mil/access/>

9. Qi, H. Infrared Imaging in Medicine [Electronic resource] / H. Qi, N. A. Diakides. – Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.79.489&rep=rep1&type=pdf>

10. Шустакова, Г. В. Термографы ФТИНТ НАН Украины: медицинский аспект [Текст] / Г. В. Шустакова, Ю. А. Винник, Г. С. Ефимова и др. // Лучевая диагностика. Лучевая терапия. – 2013. – № 1. – С. 27–33.

11. Yefremenko, V. A Broadband Imaging System for Research Application [Text] / V. Yefremenko, E. Gordiyenko, G. Shustakova et al. // Review of Scientific Instrument. – 2009. – Vol. 80, Issue 5. – P. 056104. doi: 10.1063/1.3124796

12. Гордиенко, Э. Ю. Многоэлементный тепловизор на основе неохлаждаемой болометрической матрицы [Текст] / Э. Ю. Гордиенко, Н. И. Глушук, Ю. Я. Пушкар и др. // ПТЭ. – 2012. – № 4. – С. 85–88.

13. Mabuchi, R. Evaluating asymmetrical thermal distributions through image processing [Text] / R. Mabuchi, T. Chinzei, I. Fujimasa et al // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. – 1998. – Vol. 17, Issue 2. – P. 47–55. doi: 10.1109/memb.1998.687963

14. Ткаченко, Ю. А. Клиническая термография (обзор основных возможностей) [Текст] / Ю. А. Ткаченко, М. В. Голованова, А. М. Овечкин. – Нижний Новгород: ЗАО Союз Восточной и Западной Медицины, 1998. – 270 с.

15. Ivanitskii, G. R. Characteristics of Temperature Distributions around the Eyes [Text] / G. R. Ivanitskii, A. A. Deev, I. B. Krest'eva et al. // Doklady Biological Sciences. – 2004. – Vol. 398, Issue 1-6. – P. 367–372. doi: 10.1023/b:dobs.0000046658.90357.2d

16. Ефимова, Г. С. Термографический контроль состояния пациентов при химиотерапии [Текст]: тез. докл. науч.-практ. конф. / Г. С. Ефимова, Ю. А. Винник, Н. И. Глушук и др. // Новейшие методы диагностики и лечения онкологических болезней. – Харьков, 2013.

17. Шустакова, Г. В. Тепловізіонний контроль рівня токсичних реакцій при хіміорадіотерапії [Текст]: матер. щор. наук.-тех. школи-семінару / Г. В. Шустакова, Ю. О. Вінник, Г. С. Ефимова і др. // Біологічна і медична інформатика та кібернетика (БМІК-2013). – Жукин, 2013. – С. 3–6.

References

1. Diakides, N. A. (2007). Medical Infrared Imaging, CRC Press, 448. doi: 10.1201/9781420008340

2. Degtyarev, Yu. P., Nichiporuk, V.I., Mironenko, S. A. et al. (2010). Mesto i rol distancionnoy infrakrasnoy termografii sredi sovremennyh diagnosticheskikh metodov [The place and

role of remote infrared thermography among modern diagnostic methods]. Electronics and Communications, 2, 192–196.

3. Ng, E. Y., Ung, L. N., Ng, F. C., Sim, S. J. (2001). Statistical analysis of healthy and malignant breast thermography. Engineering and Technology, 25 (6), 253–263.

4. Gautherie, M. (1989). Atlas of breast thermography with specific guidelines for examination and interpretation. Milan, Italy: PAPUSA, 256.

5. Cohen, E., Ahmed, O., Kocherginsky, M. et al. (2013) Study of Functional Infrared Imaging for Early Detection of Mucositis in Locally Advanced Head and Neck Cancer Treated With Chemoradiotherapy. Oral Oncology, 49 (10), 1025–1031. doi: 10.1016/j.oraloncology.2013.07.009

6. Literature Review of Breast Thermography. Available at: <http://www.medithermclinic.com/breast/BREAST%20THERMOGRAPHY%20-%20REVIEWED.pdf>

7. Gubkin, S. V. (2002). Atlas termogram v revmatologii [Atlas thermograms in rheumatology]. Minsk: Technoprint, 116

8. AFRL. Medatr database using vdl (2003). Available at: <http://www.vdl.afrl.af.mil/access/>

9. Qi, H., Diakides, N. Infrared Imaging in Medicine. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.79.489&rep=rep1&type=pdf>

10. Shustakova, G. V., Vinnik, Yu. A., Yefimova, G. S. et al. (2013). Termografy FTINT NAN Ukrainy: medicinskiy aspekt [Thermographs of the Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NAS of Ukraine: Medical Aspects]. Radiodiagnosics. Radiotherapy, 1, 27–33.

11. Yefremenko, V., Gordiyenko, E., Shustakova, G. et al. (2009). A Broadband Imaging System for Research Application. Review of Scientific Instrument, 80 (5), 056104. doi: 10.1063/1.3124796

12. Gordienko, E., Shustakova, G., Fomenko, Yu., Glushchuk, N. (2012). Multi-element Thermal Imaging System Based on Uncooled Bolometric Array. Instruments and Experimental Techniques, 55 (4), 494–497.

13. Mabuchi, R., Chinzei, T., Fujimasa, I. et al. (1998). Evaluating asymmetrical thermal distributions through image processing. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 17 (2), 47–55. doi: 10.1109/memb.1998.687963

14. Tkachenko, Yu. A. (1998). Klinicheskaya termografiya (obzor osnovnyh vozmozhnostey) [Clinical Thermography (overview of key features)]. Nizhniy Novgorod, Russia: ZAO Soyuz Vostochnoy I Zapadnoy Mediciny, 270

15. Ivanitskii, G. R., Deev, A. A., Krest'eva, I. B. et al. (2004). Characteristics of Temperature Distributions around the Eyes. Doklady Biological Sciences, 398 (1-6), 367–372. doi: 10.1023/b:dobs.0000046658.90357.2d

16. Yefimova, G. S., Vinnik, Yu. A., Glushchuk, N. I. et al. (2013). Termograficheskiy control sostoyaniya pacientov pri himioterapii [Thermal monitoring of patients during chemotherapy]. practically scientific conference «New methods of diagnosis and treatment of oncologic diseases». Kharkov (Ukraine), 38.

17. Shustakova, G. V., Vinnik, Yu. A., Yefimova, G. S. et al. (2013). Teploviziynnyy control rivnya toksychnykh reakciy pry himioterapii [Thermal Imaging Method for Monitoring the Level of Toxicity During Chemoradiotherapy] Proceedings of BMIC-2013 (Biological and Medical Informatics and Cybernetics), Zhukin (Ukraine), 1–4.

*Рекомендовано до публікації д-р мед. наук, професор Вінник Ю. О.
Дата надходження рукопису 18.02.2015*

Ефимова Галина Степановна, кандидат медичинських наук, заступник директора по медичинській частині, Харківський обласний клінічний онкологічний центр, ул. Лесопаркова 4, г. Харків, Україна, 61070
E-mail: yefimova58@gmail.com