

В.В. Приходченко
И.Е. Седаков
О.В. Приходченко
А.С. Карначев
В.Д. Дорошев
О.И. Калинина

Донецкий областной
противоопухолевый центр

Донецкая городская
больница № 2 «Энергетик»

Донецкий физико-технический
институт им. А.А. Галкина
НАН Украины, Донецк,
Украина

Ключевые слова: диагностика,
цифровой контактный
термомаммограф,
термомаммография, рак
молочной железы, молочная
железа.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ КОНТАКТНОЙ ТЕРМОМММОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Резюме. Представлена новая разработка цифрового контактного термомаммографа, снабженного сканером с 36 термочувствительными интеллектуальными датчиками, позволяющими измерять температуру с разрешающей способностью $0,06^\circ\text{C}$ и превращать ее в цифровой код с последующей компьютерной обработкой температурных карт поверхностей молочных желез (МЖ), полученных последовательным позиционированием сканера. Дана функциональная схема прибора и методика проведения термомаммографии (ТМГ). В Донецком областном противоопухолевом центре проведено комплексное обследование, включая ТМГ, 74 женщин, направленных с диагнозом рак молочной железы (РМЖ). Совпадение заключения ТМГ и данных окончательного обследования отмечено у 60 больных (81,1%). Исключен РМЖ и установлен диагноз мастопатии у 5 больных (6,75%). Исключена патология МЖ у двух женщин (2,7%). Ложноотрицательные диагнозы отмечены у 6 больных (8,1%), ложноположительный — в одном случае (1,35%). По характеру распределения температуры термограммы классифицированы как: очаговая, диффузная и пятнистая (маскировочная). В качестве примеров приведены некоторые результаты наблюдений. Чувствительность метода составила 90,9%, специфичность — 87,9%, точность — 90,54%. Сделаны выводы о целесообразности применения метода цифровой контактной термографии при первичном отборе больных во время профосмотров и проведения скрининга в условиях поликлиник общей лечебной сети.

ВВЕДЕНИЕ

Рак молочной железы (РМЖ) — одна из основных проблем современной онкологии. Особенно актуальны вопросы ранней диагностики и профилактики РМЖ [4]. Залогом успешного лечения является ранняя диагностика, которая наряду с первичной и вторичной профилактикой, — главное направление в борьбе за снижение смертности вследствие РМЖ [7]. Термография стала одним из методов диагностики заболеваний молочной железы (МЖ). Она основана на измерении теплового инфракрасного излучения тела и ее результаты показывают истинную температуру поверхности кожи [2, 3, 8].

Известно, что опухолевая ткань благодаря интенсивному метаболизму имеет более высокую температуру, чем окружающие ткани, что и лежит в основе использования регистрации инфракрасного излучения, в частности диагностической инфракрасной термографии, в клинической онкологии [6]. Температура над опухолью, как правило, выше на $1,5\text{--}2^\circ\text{C}$, чем над здоровой тканью [5].

Дистанционная инфракрасная термография, столь широко применявшаяся в медицине в 60–80-х гг., постепенно уступила место рентгенологическим и ультразвуковым методам в связи

с большим количеством ложноположительных заключений, высокой стоимостью оборудования, необходимостью применения охлаждающих средств, соблюдения микроклимата. Все это не позволило сделать термографию мобильной, доступной для проведения во время профосмотров на производстве, да и оценка данных термограмм чаще была субъективной, ввиду сложности температурной калибровки для количественных оценок.

Цель работы — создание цифрового контактного термомаммографа и апробация его в диагностике РМЖ.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены клинические испытания цифрового контактного термомаммографа, разработанного в Донецком физико-техническом институте [1] (рис. 1). Принцип действия основан на контактном измерении температуры поверхности кожи одновременно большим количеством датчиков. Датчики организованы в виде квадратной матрицы (сканера) размером 6×6 см. Одномоментное измерение температуры 36 полупроводниковыми цифровыми датчиками производится с участка МЖ площадью $\sim 40 \text{ см}^2$. Последовательным перемещением скане-

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ра по поверхности МЖ составляется мозаичная картина распределения температуры — температурная карта поверхности кожи или термомаммограмма. Полученная термомаммограмма появляется на экране компьютера в цветном или черно-белом вариантах.



Рис. 1. Цифровой контактный термомаммограф

Термомаммограф позволяет определить: температуру каждого датчика в полученной термограмме, то есть температуру участка кожи площадью 1 см²; разность температуры между симметричными точками левой и правой МЖ; среднюю температуру каждой позиции, то есть среднюю температуру по всем датчикам сканера при однократном его позиционировании на каком-либо участке железы; среднюю температуру железы; размер и расположение областей максимальных температурных аномалий.

В аналитическую компьютерную программу включено до 30 признаков для количественной оценки полученных данных при термомаммографии. Термомаммограф позволяет сформировать интерполированные термограммы, вывести на принтер протокол, содержащий сведения о пациентке, термограмму, результаты статистической обработки термограммы, а так же заключение врача. Прибор имеет разрешающую способность 0,06 °С и позволяет отображать температуру в диапазоне от 20 ° до 38 °С.

Блок-схема прибора представлена на рис. 2. Датчики представляют собой микропроцессоры, способные измерять температуру с дискретностью 1/16 °С, в течении секунды преобразовывать температуру в цифровой код и пересылать этот код в компьютер для обработки и хранения. Тепловая инерционность датчиков 10–15 с, они не требуют калибровки. На термограмме возможно отобразить температуры до 1152 точек. Эти свойства датчиков позволяют производить обработку полученной информации в реальном масштабе времени, формализовать диагностические параметры и автоматизировать первичную диагностику.

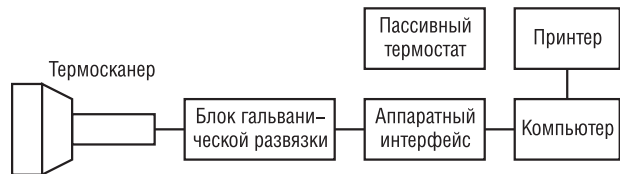


Рис. 2. Блок-схема цифрового контактного термомаммографа

При термографии соблюдали такие условия: до исследования какие-либо манипуляции с МЖ не проводили. Перед исследованием обязательно 10-минутное охлаждение МЖ при комнатной температуре. При обследовании лучше использовать положение пациентки лежа с запрокинутыми за голову руками, при этом значительно уменьшается температура в подмаммарных складках, которые дают ложный эффект. Сканирование МЖ производилось строго по их границам, не заходя на грудину или переднюю поверхность грудной клетки, так как температура этих участков тела выше, чем температура молочных желез, и это может привести к неправильной интерпретации данных термомаммографии. Левая МЖ последовательно сканируется по ходу часовой стрелки, правая МЖ — против часовой стрелки.

Термомаммографию проводила подготовленная оператор ЭВМ, не медицинский работник. Заключение после изучения термомаммограммы делал врач, не ознакомленный с анамнезом, данными объективного и дополнительных методов исследования. Этим достигалась объективность в оценке диагностической возможности метода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2005 г. в Донецком областном противоопухолевом центре проведено комплексное обследование, включая ТМГ, 74 женщин, направленных с диагнозом РМЖ. Распределение групп женщин в зависимости от возраста и результатов комплексного обследования представлено в таблице.

Таблица
Распределение групп женщин в зависимости от возраста и результатов комплексного обследования

Результат обследования	Число наблюдений, n (%)	Группа						
		Возраст, лет						
		20–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81 и старше
Совпадение диагнозов по РМЖ (ИП)	60 (81,1)	1	3	18	18	16	4	—
Ложноотрицательные	6 (8,1)	—	—	2	3	1	—	—
Ложноположительные	1 (1,3)	1	—	—	—	—	—	—
Мастопатии (ИО)	5 (6,7)	2	2	1	—	—	—	—
Исключена патология МЖ (ИО)	2 (2,7)	1	—	1	—	—	—	—
Всего	74 (100,0)	4	6	22	21	17	4	—

Совпадение заключения ТМГ и результатов комплексного обследования: объективное исследование, УЗИ, рентгенмаммография, цитология — отмечали в 60 случаях (81,1%), что соответствует литературным данным. Исключен диагноз РМЖ и установлен диагноз мастопатии в 5 (6,75%) случаях. Исключена патология МЖ у двух исследованных (2,7%). Ложноотрицательные диагнозы установлены в 6 случа-

ях (8,1%), ложноположительные — в 1 (1,35%). При изучении данных термомаммографии определили 3 формы термографической картины РМЖ: очаговая, диффузная и пятнистая (маскировочная).

Очаговая форма термомаммограммы РМЖ (16 пациенток). Пример термограммы приведен на рис. 3. Площадь очага гипертермии занимает квадрант МЖ. Контуры очага волнистые, с нечеткой границей изменения температуры с отдельными тонкими лучиками, выростами. Симметричный участок здоровой железы сине-зеленого цвета обозначает пониженную температуру. Над поверхностью очага превышение температуры над средней составляет от $+2^\circ$ до $+5^\circ\text{C}$. Иногда очаг гипертермии незначительный по площади, но температура выше температуры окружающих тканей на $2^\circ\text{--}3^\circ\text{C}$, что позволяет заподозрить злокачественный процесс. В сложных случаях помощь в диагностике оказывают диагностические метки — круг и квадрат (рис. 4). В диагностической программе круг обозначает максимальную температуру в железе, а квадрат — максимальную температурную асимметрию двух желез. В тех случаях, когда круг и квадрат совпадают, чаще всего определяют как локализацию, так и характер патологии.

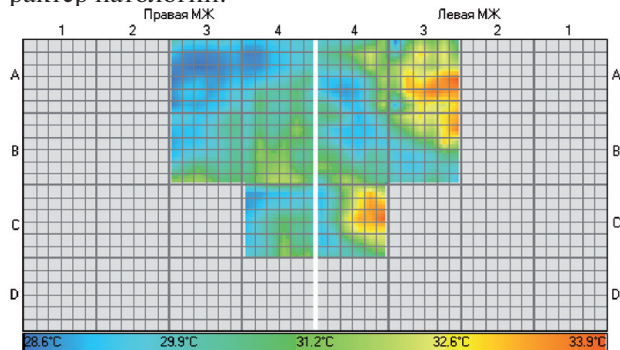


Рис. 3. Больная К., 76 лет. Диагноз: очаговая форма термомаммограммы РМЖ слева (сектор С4 — ареолярная зона снята отдельно)

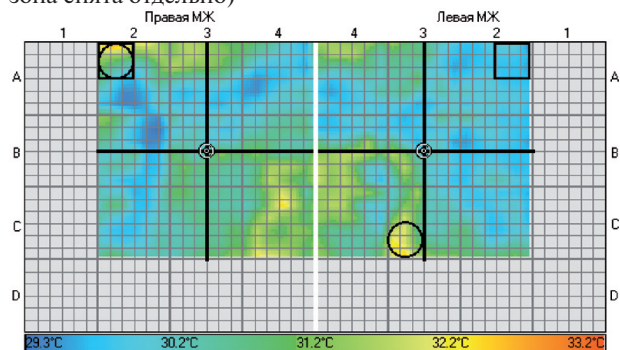


Рис. 4. Больная Д., 54 года. Диагноз: очаговая форма термомаммограммы РМЖ справа

Диффузную форму термомаммограммы РМЖ (рис. 5) отметили у 21 больной. Практически вся поверхность МЖ или $\frac{2}{3}$ ее представлены очагом гипертермии. Края очага гипертермии нечеткие, волнистые с лучистыми выростами, сглажен контраст между цветовой гаммой, чаще всего на термомаммограмме поверхность противоположной МЖ пониженной

температурой (сине-зеленый цвет). По-видимому, усиленный метаболический процесс на пораженной стороне снижает обмен веществ на противоположной (рис. 6, 7).

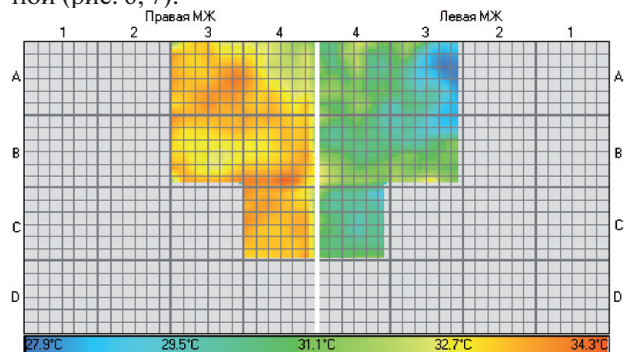


Рис. 5. Больная Г., 58 лет. Диагноз: диффузная форма термомаммограммы РМЖ справа (сектор С4 — ареолярная зона снята отдельно). $\Delta t +3,5^\circ\text{--}+5,4^\circ\text{C}$

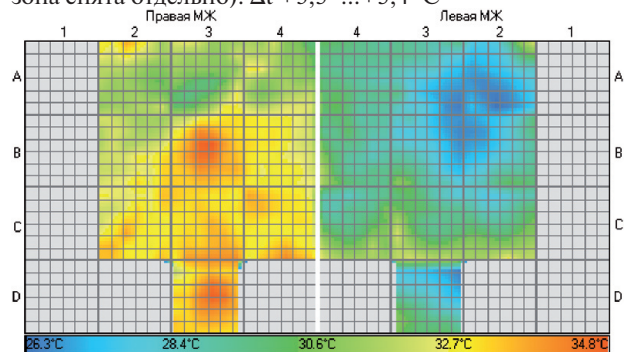


Рис. 6. Больная М., 74 года. Диагноз: диффузная форма термомаммограммы РМЖ справа (сектор Д3 — ареолярная зона снята отдельно). $\Delta t +3,6^\circ\text{--}+6,9^\circ\text{C}$

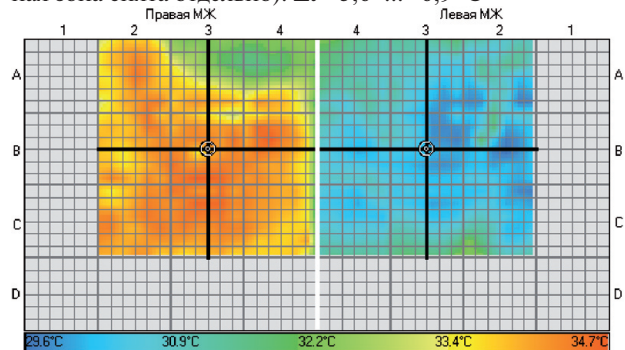


Рис. 7. Больная Б., 53 года. Диагноз: диффузная форма термомаммограммы РМЖ справа

Пятнистая (маскировочная) форма термомаммограммы РМЖ выявлена у 23 больных. Это наиболее сложная форма для оценки. Как правило, ее отмечают у больных с фиброзно-кистозной мастопатией, фиброаденоматозом, липомами и с развившимся на их фоне злокачественным процессом. Необходимо отметить, что эта группа больных сложна для диагностики и другими методами. На рис. 8 представлена термомаммограмма больной П. в возрасте 41 года. На термомаммограмме обозначены очаги гипертермии в обеих МЖ неправильной формы, волнистые, расположенные во всех квадрантах МЖ. У данной больной только в верхневнутреннем квадранте левой МЖ отмечена температурная асимметрия $+2,3^\circ\text{C}$ в позиции А3.

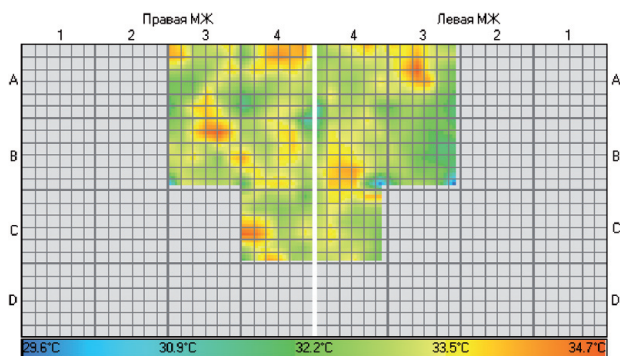


Рис. 8. Больная П., 41 год. Диагноз: РМЖ верхневнутреннего квадранта слева (сектор С4 — ареолярная зона снята отдельно)

В диагностике характера процесса и локализации очага при пятнистой форме термомаммограммы помогает тщательный количественный анализ каждого очага гипертермии. В качестве примера приведена термомаммограмма больной К. (рис. 9). У данной больной в секторе АЗ отмечен подъем Δt до $+3,4^\circ\text{C}$, в остальных — очаги от $+0,6^\circ$ до $+2,2^\circ\text{C}$. Это вызвало подозрение относительно РМЖ, подтвержденного в результате комплексного обследования. При объективном исследовании в верхненаружном квадранте определяют образование 2,0–2,5 см в диаметре, без четких контуров, ограничено подвижное, положительный симптом «площадки»; диагноз: Susp Ca m/s II кл. гр. На маммограмме в верхненаружном квадранте левой МЖ определяют дополнительную тень до 1,6 x 1,0 см с неровным лучистым контуром, неправильной формы; заключение: Ca m/s. На УЗИ в левой МЖ определяют множество гипо- и гиперэхогенных образований размерами от 0,5 до 2,6 см в диаметре, за которыми выявляют узел смешанной эхогенности до 0,8 см с четким контуром; заключение: множественные липомы левой МЖ, подозрение на РМЖ. Трижды проводили цитологическое исследование, в результате выявлены элементы железисто-скиррозного рака. Данное наблюдение показывает сложность диагностики РМЖ на фоне других заболеваний. Определенную помощь при данной форме термомаммограммы оказывают диагностические метки (рис. 10).

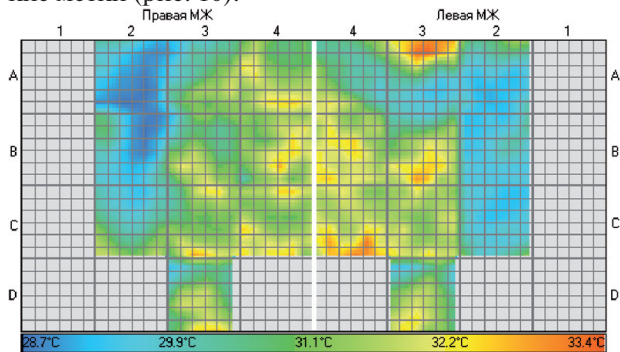


Рис. 9. Больная К., 67 лет. Диагноз: РМЖ верхненаружного квадранта слева (сектор Д3 — ареолярная зона снята отдельно)

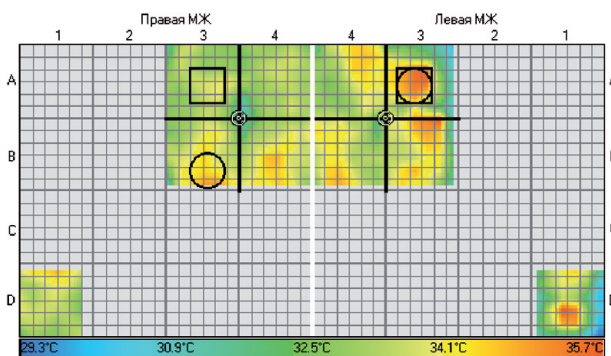


Рис. 10. Больная О., 66 лет. Диагноз: РМЖ верхненаружного квадранта слева (сектор Д1 — опухоль снята отдельно в положении сидя)

Ложноотрицательные диагнозы отмечены у 6 пациенток. Они обусловлены термонегативным опухолевым процессом. Можно предполагать, что данные опухоли протекали торпидно без усиленного обмена веществ, что и обусловило отсутствие очагов выраженной гипертермии (рис. 11), зафиксированно повышение Δt в пределах $+0,5^\circ \dots +1,8^\circ\text{C}$.

У 3 больных исключен диагноз РМЖ только потому, что не было превышения разницы температуры симметричных датчиков более $+2^\circ\text{C}$, хотя визуальная картина термомаммограммы напоминала диффузную форму (рис. 12).

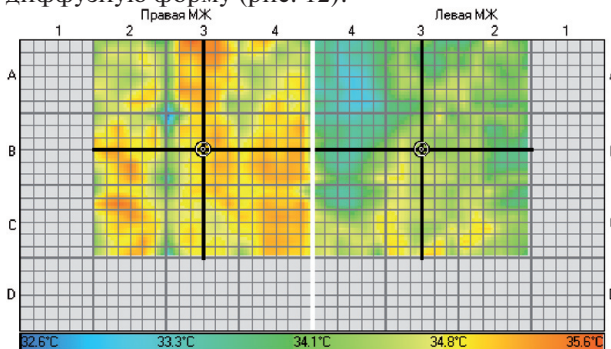


Рис. 11. Больная С., 54 года. Диагноз: узловая форма мастопатии нижних отделов правой МЖ. Диагноз заключительный: Ca m/s T2N0M0 II кл. гр. на границе верхних квадрантов. $\Delta t +0,5^\circ \dots +1,8^\circ\text{C}$

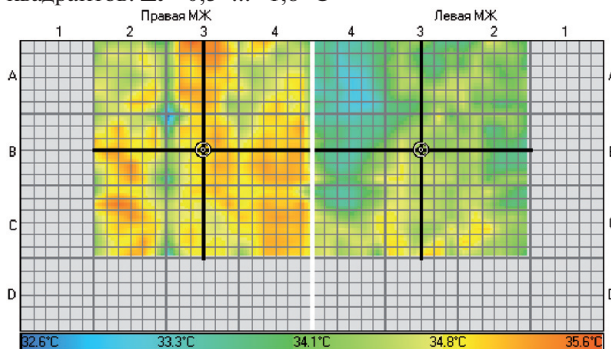


Рис. 12. Больная С., 49 лет. Диагноз: диффузная форма фиброзно-кистозной мастопатии больше справа. Диагноз заключительный: Ca m/d T4N1M0 IIIб ст. II кл. гр.

У 2 больных данные термомаммограммы не совпали с локализацией опухоли (рис. 13). В данном случае слева в нижних отделах четко определялся очаг гипертермии с $\Delta t +3,0^\circ \dots +3,2^\circ\text{C}$, диагностичес-

кие метки указывают на локализацию процесса слева, но опухоль оказалась в верхневнутреннем квадранте правой МЖ. Можно предположить, что в левой МЖ имеющийся очаг гипертермии обусловлен началом развития билатерального РМЖ.

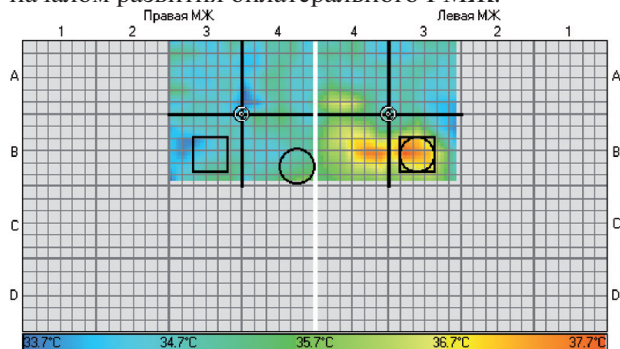


Рис. 13. Больная Е., 44 года. Диагноз: РМЖ в нижних квадрантах слева. Диагноз заключительный: РМЖ правой МЖ T2N0M0 II кл. гр.

Таким образом, проведенные клинические испытания показали достаточно высокие диагностические возможности цифрового контактного термомаммографа: чувствительность метода — 90,9%, специфичность — 87,9%, точность — 90,54%.

Безусловно, высокий процент диагностики РМЖ при термомаммографии обусловлен прежде всего тем, что в противоопухолевый центр направляются обследованные больные с подозрением на РМЖ или с диагнозом РМЖ. Но все же приведенные данные показали реальную возможность использования цифрового контактного термомаммографа при проведении профосмотров, селективного скрининга женщин в условиях поликлиник общей лечебной сети.

ВЫВОДЫ

1. Цифровой контактный термомаммограф показал высокие возможности в диагностике РМЖ: чувствительность составила 90,9%, специфичность — 87,5%, точность — 90,54%.

2. По данным цифровой контактной термомаммографии можно предположить локализацию патологического очага, характер имеющейся патологии, распространение процесса.

3. Метод цифровой контактной термомаммографии позволяет проводить первичный отбор больных с заболеваниями МЖ во время профосмотров, проведения селективного скрининга в условиях поликлиник общей лечебной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белошенко ВА, Варюхин ВМ, Дорошев ВД и др. Декларационный патент на изобретение. 15.09.2004. 19 (UA) (11) 70110A, (51) 7A61B5/00. Способ ранней диагностики опухолевых заболеваний молочной железы (варианты). Бюл № 9.
2. Комов ДВ, Терентьев ИГ, Ожерельев АС и др. Оценка использования дециметровой СВЧ-радиотермометрии в диагностике заболеваний молочных желез. Маммология 1994; (3): 35–8.

3. Новак ОП, Дукач ВА, Семенюк ВО та ін. Термографія в діагностиці захворювань грудної залози. А.М.І. АСТА Медіса Leopoliensia 1996; 11 (2): 26–8.

4. Пустовойтенко МН, Панченко ДИ. Роль и место клинических и рентгенологических методов в диагностике доклинических и ранних клинических форм рака молочной железы. Здоровье женщины 2002; 12 (4): 116–9.

5. Розенбах ВП, Кундыня ИА. Ранняя и дифференциальная диагностика заболевания молочной железы методом термографии. Тепловидение в медицине. Л: 1994; Ч 2. 30–3.

6. Розенфельд ЛГ, Колотилов НН. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии. Онкология 2001; 3 (2–3): 103–6.

7. Тарутинов ВИ. Рак молочной железы. Лікування та діагностика 1998; (2): 22–7.

8. Ramian C, Sledzikowski J. Combination of thermographic and ultrasound methods for the diagnosis of female breast cancer. Eur J Gynecol-Oncol 1993; (14 Suppl): 152–4.

DIGITAL CONTACT THERMOMAMMOGRAPHY IN BREAST CANCER DIAGNOSTICS

V.V. Prikhodchenko, I.E. Sedakov,
O.V. Prikhodchenko, A.S. Karnachev,
V.D. Doroshev, O.I. Kalinina

Summary. A new design of a digital contact thermograph is presented. The thermograph is equipped with a thermoscanner and 36 intellectual thermosensors. The resolution of measures is 0.06 °C; the readings can be converted into the dual digital code which is processed by the computer. Mathematical processing results in color temperature maps, so called thermomammograms (TMG) of the area under investigation in a real time. A functional block diagram of the device and the process of TMG acquisition are described. In the Donetsk Anticancer Center, an all-round examination, including TMG, was performed in 74 women in whom breast cancer (BC) was diagnosed preliminary. Out of this number, the conclusions made on the basis of TMG findings coincided with the overall result of examination in 60 (81.1%) cases. In two women (2.7%), BC was ruled and mastopathy was diagnosed instead; in 6 patients (8.1%) the diagnosis was false negative; and in one woman (1.35%) it was false positive. In terms of the type of temperature distribution, TMGs were classified into the following groups: focal, diffuse, and spotted (camouflage). A number of examples of TMG is provided. The method has a sensitivity of 90.9%, a specificity of 87.9%, and an accuracy of 90.5%. It is concluded that the method of digital contact thermography can be useful for initial examination of women in the settings of primary hospitals.

Key Words: diagnosis, digital contact thermomammography, thermomammography, breast cancer, breast.

Адрес для переписки:

Приходченко В.В.
83000, Донецк, ул. Ковалю, 80/56