

## О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРНЫХ ПРИЗНАКАХ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ ПО ДАННЫМ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ

Лосев А.Г.<sup>1</sup>, Мазепа Е.А.<sup>1</sup>, Замечник Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО "Волгоградский государственный университет", Волгоград, e-mail: [lmazepa@rambler.ru](mailto:lmazepa@rambler.ru).

<sup>2</sup>ГОУ ВПО "Волгоградский государственный медицинский университет", Волгоград, e-mail: [tvzamechnic.61@mail.ru](mailto:tvzamechnic.61@mail.ru).

---

В работе описывается методика выявления характерных признаков заболеваний молочных желез. В ее основе лежит анализ данных микроволновой радиотермометрии (комбинированной термометрии), полученных в ходе медицинских исследований с помощью компьютеризированного диагностического комплекса РТМ-01-РЭС. Микроволновая радиотермометрия (комбинированная термометрия) – это биофизический метод неинвазивного обследования, который основан на измерении внутренних и поверхностных температур тканей по интенсивности их теплового излучения в микроволновом (РТМ) и инфракрасном (ИК) диапазоне с последующей их регистрацией в виде числовых данных. Эту технологию в маммологии рекомендуют для скрининга, дифференциальной диагностики и для оценки эффективности проводимого лечения. Неинвазивность метода, полное отсутствие ионизирующих излучений и, как следствие, полная безвредность приводят к отсутствию прямых противопоказаний для проведения подобных исследований. В работе опубликована таблица некоторых высокоинформативных диагностических признаков заболеваний молочных желез, выявленных предлагаемой методикой.

Ключевые слова: маммология, микроволновая радиотермометрия, диагностические признаки

## ABOUT SEVERAL TYPICAL TRAITS IN THE DIAGNOSIS OF MAMMARY GLANDS PATHOLOGY ACCORDING TO THE DATE OF MICROWAVE RADIOMETRY

Losev A.G.<sup>1</sup>, Mazepa E.A.<sup>1</sup>, Zamechnik T.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Volgograd State University" Volgograd, e-mail: [lmazepa@rambler.ru](mailto:lmazepa@rambler.ru).

<sup>2</sup>"Volgograd State Medical University", Volgograd, e-mail: [tvzamechnic.61@mail.ru](mailto:tvzamechnic.61@mail.ru).

---

The paper describes a technique of revealing of the characteristic features of breast diseases. The method used data from medical research that obtained microwave radiometry (combined thermometer) using the computerized of the RTM-01-RES. Microwave radiometry (combined thermometer) - a noninvasive method of biophysical survey, which is based on the measurement of internal and surface temperatures of the tissues from the intensity of thermal radiation in the microwave (RTM) and infrared (IR) and their subsequent registration in the form of numerical data. This technology in mammalogy recommended for screening, differential diagnostics and to assess the effectiveness of the treatment. Noninvasive method, the complete absence of ionizing radiation and as a consequence, result in complete harmlessness of the lack of direct contraindications for such research. In this paper table is published with highly informative diagnostic signs of breast diseases.

Key words: mammalogy, microwave radiometry, diagnostic features

Согласно современным статистическим данным, рак молочной железы является наиболее распространенным онкологическим заболеванием среди женщин. Согласно современным представлениям, для того, чтобы своевременно выявлять большинство опухолей, они должны иметь диаметр, по крайней мере, не более 5-7 мм, в то время как средний размер впервые выявляемых опухолей значительно больше (1,34 см), а частота выявления опухолей до 1 см в диаметре по мировым данным составляет 10-20%. Распознавание заболеваний на ранней стадии может приблизиться к идеальному при рентгенологическом обследовании молочных желез каждые 6 месяцев, однако, это будет сопряжено с комплексом новых проблем. Среди них возможность индуцирования рака

вследствие частого облучения ткани молочной железы и значительное увеличение стоимости профилактических программ [5].

Традиционно применяемые в настоящее время методы не позволяют выявить опухоль на ранней стадии. Наиболее перспективным для повышения эффективности маммологических обследований видится метод микроволновой радиотермометрии (комбинированной термометрии), который представляет собой измерение температуры тела на глубине нескольких сантиметров (РТМ) и на кожном покрове (ИК). Данный метод был впервые применен в 1975 году американским ученым А. Барретом при исследовании молочных желез. В дальнейшем во многих странах были созданы научные школы, занимающиеся неинвазивным измерением внутренней температуры (подробно, см.[4]).

В 1997 году российской фирмой РЭС был разработан компьютеризированный диагностический комплекс РТМ-01-РЭС, позволяющий проводить РТМ- и ИК-обследования. Преимущество данного комплекса перед другими средствами инструментальной диагностики заключается: 1) в безопасности для здоровья, как пациенток, так и врачей; 2) в потенциальных возможностях широкого применения; 3) в возможности определить заболевание на ранней стадии, когда это невозможно другими методами; 4) невысокой стоимости оборудования; 5) в легкой формализации данных, позволяющей построить экспертные системы.

Целью данной работы является выявление и формализация высокоинформативных диагностических признаков заболеваний молочных желез.

Для достижения поставленной цели использовались методы математической статистики, математического и компьютерного моделирования, дискриминантного анализа и экспертного оценивания.

Ранее аналогичная методика была применена в диагностике венозных заболеваний нижних конечностей (см. [1] и [2]).

### **1. Методика диагностики рака молочной железы по данным комбинированной термометрии**

Комбинированная термометрия – это биофизический метод неинвазивного обследования, заключающийся в измерении внутренних и поверхностных температур тканей по интенсивности их теплового излучения, соответственно, в микроволновом (РТМ) и инфракрасном (ИК) диапазоне и последующей их регистрацией в виде числовых данных. Данную технологию в маммологии рекомендуют для скрининга, дифференциальной диагностики и для оценки эффективности проводимого лечения.

Высококчувствительная система РТМ-01-РЭС позволяет оценивать функциональное состояние тканей путем неинвазивного измерения внутренней температуры на глубине до 5

см и температуры кожи. Метод абсолютно безопасен, исследование не сопровождается никакими неприятными ощущениями и может проводиться неограниченное количество раз в целях динамического наблюдения.

Исследование пациентки проводится в горизонтальном положении, обнаженной по пояс с целью охлаждения кожных покровов, руки под головой. Кожные покровы пациентки охлаждаются естественным путем, за то время когда заполняется регистрационная карта. Температура воздуха в помещении должна поддерживаться в диапазоне 20-25°C.

Обследование начинается с измерения глубинных температур в опорных точках T1, T2 (см. Рис. 1).

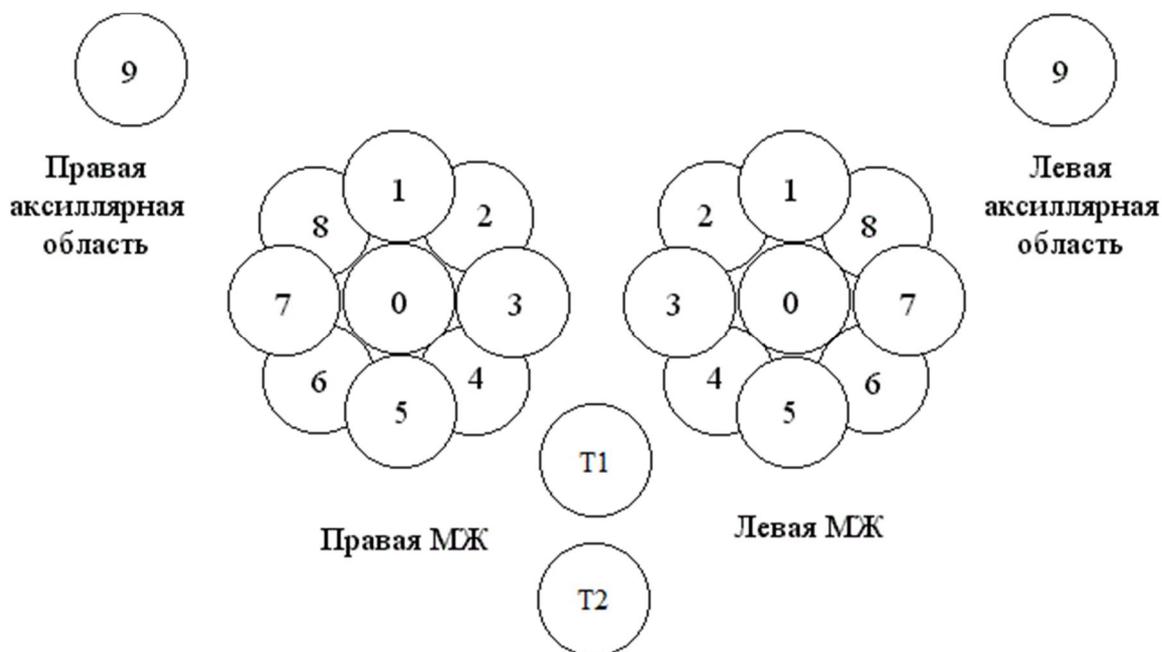


Рис. 1. Схема обследования молочных желез (0 – центральный отдел; 1 – граница верхних квадрантов; 2 – верхний внутренний квадрант; 3 – граница внутренних квадрантов; 4 – нижний внутренний квадрант; 5 – граница нижних квадрантов; 6 – нижний внешний квадрант; 7 – граница внешних квадрантов; 8 – верхний внешний квадрант).

T1 – точка, находящаяся в центре грудной клетки сразу под и между молочными железами. Важная точка, температура в которой должна быть выше или равна средней температуре по обеим молочным железам, если в молочных железах нет патологических изменений.

T2 – точка, находящаяся непосредственно под мечевидным отростком [3].

Далее измерения проводятся в 10 точках на каждой железе, включая аксиллярную область. Схема измерений представлена на Рис.1. Данные по температуре обрабатываются и могут быть отображены на мониторе или принтере в виде термограммы и в виде полей температур.

## 2. Нахождения высокоинформативных диагностических признаков

В ходе исследований и анализе данных специалистами были выявлены следующие качественные признаки рака молочной железы [3]:

- 1) повышенная величина термоасимметрии между одноименными точками молочных желез;
- 2) повышенный разброс температур между отдельными точками в пораженной молочной железе;
- 3) повышенная дисперсия разности температур между железами;
- 4) разница температур сосков;
- 5) повышенная температура соска в пораженной молочной железе по сравнению со средней температурой молочной железы с учетом возрастных изменений температуры;
- 6) соотношение кожной и глубинной температур;
- 7) повышенное значение осцилляции температур в областях и другие.

При создании экспертных диагностических систем существенное значение имеют выявление и анализ числовых функций, описывающих качественные признаки. Очевидно, что таких функций существует достаточно много. Приведем некоторые примеры.

1. Повышенная величина термоасимметрии между одноименными точками молочных желез. В качестве функции, которая описывает данный эффект, можно использовать

$$|t_{\text{пр. } i} - t_{\text{л. } i}|,$$

где  $t_{\text{пр. } i}$  и  $t_{\text{л. } i}$  – температуры в  $i$ -ых точках правой и левой молочных желез соответственно.

2. Повышенная дисперсия разности температур между железами. В качестве функции, которая описывает данный эффект, можно использовать следующую: повышенное среднеквадратичное значение разности температур между одноименными точками правой и левой молочной железы

$$\sum_0^8 (\Delta t_i - \overline{t_{\text{мж}}})^2,$$

где  $\Delta t_i = t_{\text{пр. } i} - t_{\text{л. } i}$ ,  $\overline{t_{\text{мж}}} = \sum_0^8 \frac{\Delta t_i}{9}$ .

3. Разница температур сосков. В качестве функции, которая описывает данный эффект, можно использовать

$$|t_{0 \text{ пр.}} - t_{0 \text{ л.}}|.$$

4. Повышенный разброс температур между отдельными точками в пораженной молочной железе. В качестве функции, которая описывает данный эффект, можно использовать

$$t_{\text{ср.}} - t_i,$$

где  $t_{\text{ср.}} = \sum_{i=1}^8 \frac{t_i}{8}$ ,  $t_i$  – температура в  $i$ -ой точке молочной железы.

5. Повышенная температура соска в пораженной молочной железе по сравнению со средней температурой молочной железы. В качестве функций, которые описывают данный эффект, можно использовать:

- повышенное максимальное значение температуры соска по сравнению со средней температурой молочной железы

$$t_0 - t_{\text{ср.}}$$

- повышенное значение температуры соска по сравнению с каждой точкой молочной железы

$$t_0 - t_i,$$

где  $t_i$  – температура в  $i$ -ой точке молочной железы;

- повышенное значение температуры соска по сравнению со средним значением соседних точек молочной железы, например,

$$t_0 - \frac{t_i + t_{i+1}}{2}, \quad t_0 - \frac{t_8 + t_1}{2},$$

где  $t_i$  – температура в  $i$ -ой точке молочной железы.

6. Соотношение кожной и глубинной температур. В качестве функций, которые описывают данный эффект, можно использовать:

- значение разности между кожной и глубинной температурами точки пораженной молочной железы

$$t_{i,\text{РТМ}} - t_{i,\text{ИК}},$$

где  $t_{i,\text{РТМ}}$  – глубинные и  $t_{i,\text{ИК}}$  – кожные температуры в  $i$ -ых точках молочной железы;

- среднее значение между разностями кожной и глубинной температур соседних точек пораженной молочной железы

$$\frac{(t_{i,\text{РТМ}} - t_{i,\text{ИК}}) + (t_{i+1,\text{РТМ}} - t_{i+1,\text{ИК}})}{2}, \quad \frac{(t_{8,\text{РТМ}} - t_{8,\text{ИК}}) + (t_{1,\text{РТМ}} - t_{1,\text{ИК}})}{2},$$

где  $t_{i,\text{РТМ}}$  – глубинные и  $t_{i,\text{ИК}}$  – кожные температуры в  $i$ -ых точках молочной железы.

7. Повышенное значение осцилляции областей

$$\max_{i=1,8} t_i - \min_{i=1,8} t_i,$$

где  $t_i$  – температура в  $i$ -ой точке молочной железы.

В целом в данном исследовании было проанализировано более сотни числовых функций, которые характеризовали степень симметрии температурных полей, наличие (отсутствие) зон аномальной высокой (низкой) температуры и другие качественные диагностические признаки.

В результате исследований, проведенных в течение последних нескольких лет, была создана база термометрических данных пациенток. На ее основе формировалась обучающая выборка (экспертная база данных), которая включает в себя информацию о 550 молочных железах пациенток в возрасте от 17 до 88 лет. Выборка была разделена на два контрольных класса: здоровые (80 молочных желез) и молочных желез больных пациенток (470 молочных желез). Последний в свою очередь делится в соответствии с наличием той или иной патологии на несколько подклассов.

Введем следующие обозначения:

$t_i^j, i = 0, \dots, 9$  – температура  $i$ -ой точки  $j$ -ой молочной железы,

$t_{10}^j = T_1, t_{11}^j = T_2$  – температуры опорных точек  $j$ -ой молочной железы.

Тогда обучающую выборку можно представить в виде матрицы

$$\begin{pmatrix} t_0^1 & \dots & t_{11}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_0^k & \dots & t_{11}^k \\ t_0^{k+1} & \dots & t_{11}^{k+1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_0^n & \dots & t_{11}^n \end{pmatrix},$$

где  $t_i^j$  при  $j = 1, \dots, k$  – температуры молочных желез здоровых пациенток,

$t_i^j$  при  $j = k + 1, \dots, n$  – температуры молочных желез больных пациенток.

Пусть  $f^q$  –  $q$ -я исследуемая функция, определенная на множестве векторов  $(t_0^j, \dots, t_{11}^j)$  при  $j = 1, \dots, n, q = 1, \dots, m$ . Обозначим  $f_j^q = f^q(t_0^j, \dots, t_{11}^j)$ .

Признаком будем считать пару  $(f^q, (a^q, b^q))$ . Признак считается выполненным, если

$$f_j^q \in (-\infty, a^q] \cup [b^q, +\infty) \text{ для всех } j = 1, \dots, k \text{ и}$$

$$f_j^q \in (a^q, b^q) \text{ для некоторых } j = k + 1, \dots, n.$$

Таким образом, поиск характеристических признаков заключался в нахождении подобластей, на которых множество значений функций  $f^k$ , соответствующие множеству векторов  $(t_0^j, \dots, t_{11}^j)$  при  $j = 1, \dots, k$ , будет пустым. Из этих подобластей выбиралась подобласть, содержащая множество значений функций  $f^k$ , которому соответствует наибольшее количество векторов  $(t_0^j, \dots, t_{11}^j)$  при  $j = k + 1, \dots, n$ .

Рассмотрим пример поиска характеристических признаков для функции  $f = t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2}$  (см. Таблица 1).

Таблица 1

Поиск характеристических признаков

№	Признак		Диапазон	Количество молочных желез, у которых наблюдается признак	
				Класс "Здоровые"	Класс «Больные»,
1	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,95	PTM	0	4
2	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,85	PTM	0	4
3	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,75	PTM	0	8
4	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,65	PTM	0	12
5	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,55	PTM	0	12
6	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,45	PTM	0	14
7	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,35	PTM	0	17
8	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,25	PTM	0	26
9	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,15	PTM	0	40
10	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,05	PTM	0	47
11	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-0,95	PTM	1	55

Как видно из приведенной таблицы, первым 10 интервалам принадлежат значения  $\{f_i\}$ , соответствующие молочным железам только класса «Больные». В интервал №11 попадают значения  $\{f_i\}$ , соответствующие молочным железам обоих классов, поэтому останавливаем поиск и выбираем предыдущий интервал как характеристический признак.

Таким образом, был получен ряд признаков, характерных для больных пациентов.

В качестве примера в Таблице 2 приведены некоторые характеристические признаки. Проверка найденных признаков на различных базах данных пациентов с диагностированным заболеванием молочных желез показала, что хотя бы один из них выполняется у 70-80% больных.

Таблица 2

Наиболее значимые характеристические признаки

№	Признак		Диапазон	Количество молочных желез, у которых наблюдается признак (%)	
				Класс "Здоровые"	Класс «Больные»,
1	$t_{0,PTM} - t_{0,ИК} <$	0,7		0	68 (14,5%)
2	$t_0 - \frac{t_6 + t_7}{2} >$	1,6	PTM	0	48 (10,2%)
3	$t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} <$	-1,05	PTM	0	47 (10%)
4	$t_0 - \frac{t_7 + t_8}{2} >$	1,65	PTM	0	39 (8,3%)

5	$t_0 - \frac{t_2 + t_3}{2} <$	-1,15	РТМ	0	33 (7%)
6	$t_0 - \frac{t_6 + t_7}{2} <$	-0,9	РТМ	0	31 (6,6%)
7	$t_0 - \frac{t_3 + t_4}{2} <$	-1,25	РТМ	0	29 (6,2%)
8	$t_{cp.} - \frac{t_6 + t_7}{2} >$	0,787	РТМ	0	27 (5,7%)
9	$t_{cp.} - t_0 <$	-1,42	РТМ	0	26 (5,5%)
10	$\max_{i=1,8} t_i - \min_{i=1,8} t_i >$	5,24	ИК	0	25 (5,3%)

### Список литературы

1. Анисимова Е.В. О некоторых характерных признаках в диагностике венозных заболеваний нижних конечностей методом комбинированной термографии / Е.В. Анисимова, Т.В. Замечник, А.Г. Лосев, Е.А. Мазепа // Вестник новых медицинских технологий. -- 2011. -- Т. 18, № 2. -- С. 329-330.
2. Анисимова Е.В. Об одной математической модели диагностики венозных заболеваний по данным комбинированной термометрии / Е.В. Анисимова, Т.В. Замечник, А.Г. Лосев // Вестник новых медицинских технологий. -- 2012. -- Т. 19, № 2. -- С. 239-241.
3. Бурдина, Л.М. Применение радиотермометра диагностического компьютеризированного интегральной глубинной температуры ткани для диагностики рака молочной железы / Л.М. Бурдина, В.А. Хайленко, Е.В.Кижаяев и др. // Пособие для врачей. – М. – 1999 г. – 35 с.
4. Веснин С.Г., Каплан М.А., Авакян Р.С. Современная микроволновая радиотермометрия молочных желез // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2008. – № 3. – С. 28-35.
5. Моисеенко В.М., Семиглазов В.Ф. Кинетические особенности роста рака молочной железы и их значение для раннего выявления опухоли // Маммология. -- 1997. -- №3. -- С. 3-11.

### Рецензенты:

Гермашев И.В., д.т.н., проф., проф. каф. Информатики и информатизации образования Волгоградского государственного социально-педагогического университета, г. Волгоград;  
Новочадов В.В., д.м.н., проф., зав. каф. Биоинженерии и биоинформатики Волгоградского государственного университета, г. Волгоград.