

УДК 616.081 (575.2) (04)

**РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ  
ПАТОЛОГИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ  
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

*С.И. Буюклянов* – канд. мед. наук,  
*Э.К. Макимбетов* – докт. мед. наук, профессор,  
*К.Б. Макиева* – аспирант

---

In this article the data of radiothermometry possibilities in diagnostics of various breast diseases is presented. It shows that the radiothermometry method is a very perspective, non invasive and sensitive method of diagnostics in benign and malignant tumors of a breast.

Ранняя диагностика заболеваний молочной железы (МЖ) является одной из актуальных задач современной медицины. Во всем мире сохраняется устойчивая тенденция к росту числа женщин с различной патологией МЖ. Особую тревогу вызывает смертность от рака молочной железы (РМЖ). В структуре смертности от злокачественных новообразований у женщин он занимает первое место. Результаты лечения больных РМЖ остаются неутешительными. У значительной части больных, несмотря на проводимое комбинированное и комплексное лечение, возникают отдаленные метастазы, приводящие к гибели пациентов. Поэтому в настоящее время наиболее значимо раннее выявление рака и предраковых состояний, что позволяет повысить результативность лечения.

Известно, что 3/4 всей жизни опухоли происходит на доклинической стадии и только 1/4 часть разворачивается перед глазами больного и врача. Таким образом, “клинически раннее” выявление опухоли с биологической точки зрения может быть “поздним” [1]. Использование для скрининга патологии МЖ маммографии и ультразвуковых исследований ограничено возрастными параметрами, лучевой нагрузкой, а также тем, что фиксируются структурные изменения в ткани МЖ, отра-

жающие завершающий этап опухолевого процесса [2].

В условиях недофинансирования профилактической деятельности не обоснованы параметры идентификации территорий риска по раку молочной железы, где в приоритетном режиме необходимо проведение скрининга.

Целью нашего исследования явился поиск литературных данных об обосновании применения метода радиотермометрии в скрининге рака молочной железы.

Появившийся в последнее время метод микроволновой РТМ [3–9] основан на измерении интенсивности собственного электромагнитного излучения внутренних тканей пациента в диапазоне сверхвысоких частот, которое пропорционально температуре тканей. Изменение температуры (температурная аномалия) может быть, в частности, вызвано усиленным кровотоком и метаболизмом раковых клеток, на чем и основана ранняя диагностика рака. Так как биоткани относительно прозрачны для электромагнитных волн радиодиапазона, это позволяет измерять температуру тканей на глубине нескольких сантиметров [10–12]. Согласно существующим представлениям, изменение температуры тканей обычно предшествует структурным изменениям, которые обнаруживаются при общепринятых методах

исследования МЖ – УЗИ, маммографии, пальпации. Поэтому РТМ представляет интерес для ранней диагностики заболеваний. Впервые в 1975 г. американским ученым А. Барретом был применен метод исследования МЖ, получивший название микроволновой РТМ, основанный на оценке интенсивности электромагнитного излучения внутренних тканей. В радиодиапазоне волновые процессы описаны законом Планка, который определяет мощность излучения как функцию абсолютной температуры и частоты: “для сверхвысоких частот прозрачность (величина затухания) биологических объектов зависит от их влагосодержания...” [13].

Теоретические основы использования РТМ-метода в маммологии базируются на исследованиях М. Gautherie и др., которые проводились в течение 16 лет [14–16]. Основываясь на клинических данных о 85000 пациентах, он ежегодно проводил изучение взаимосвязи между тепловыми аномалиями, физиологическими процессами, данными рентгеновского и гистологического исследований. Кроме того, с помощью термопар, расположенных на конце иглы, измерялись температуры злокачественной опухоли МЖ и окружающих тканей. Следует отметить, что все работы по тепловым методам диагностики РМЖ базируются на этом законе, экспериментально установленном Gautherie, и неизвестны работы, опровергающие эти выводы о линейной связи между тепловыделением опухоли и скорости ее роста.

Отличительной особенностью микроволновой РТМ является и ее способность различать пролиферативные формы мастопатии и фиброаденомы от мастопатии и фиброаденомы без пролиферации и таким образом выделять пациентов группы риска, у которых при определенных условиях может возникнуть РМЖ [2, 9, 17, 18].

Основное отличие РТМ-метода от широко известной в 70–80-е годы термографии состоит в том, что последняя измеряет температуру кожи, а РТМ измеряет температуру тканей на глубине нескольких сантиметров. Известно, что эффективность термографии снижается для опухолей диаметром менее 1 см [8, 19].

В России работы по использованию РТМ в медицине начались в конце 70-х годов в

Нижем Новгороде [8]. За эти годы было опубликовано около сотни работ по использованию РТМ в маммологии и других областях медицины. Но, несмотря на очевидные достоинства метода, он не получил должного применения в медицинской практике. В 1997 г. на российском рынке появилось новое поколение компьютеризированных диагностических комплексов, совмещенных с ЭВМ (РТМ-01-РЭС) [5]. В отличие от радиотермометров первого поколения, представляющих собой измерители внутренней температуры, компьютеризированные диагностические комплексы включают измеритель внутренних температур, измеритель температуры кожи, средства визуализации, обработки и оценки полученной информации (экспертная система).

Л.М. Бурдиной с соавт. (2004 г.) РТМ также использована в комплексном обследовании патологии МЖ. Клинические испытания представленного подхода были проведены более чем на 1000 пациентах в 5 лечебных центрах Москвы. РТМ-обследование проводилось независимо от клинического, рентгенологического и других исследований. Результаты РТМ-диагностики сопоставлялись с результатами гистологических и цитологических исследований. Результаты испытаний во всех клиниках хорошо согласуются между собой, при этом чувствительность метода составляет 85–94%, специфичность – 75–80%, что соизмеримо с результатами маммографических обследований. Результаты эксплуатации диагностического комплекса в 50 медицинских центрах более чем десяти стран мира подтверждают также его высокую эффективность [3, 4, 9].

Высокую чувствительность метода подтверждает также сообщение о проведенных в США слепых испытаниях РТМ-метода [20]. Испытания проводились под руководством Dr. Leroy Y., в Ohio Cancer Institute. Основной целью испытаний были: 1) возможность воспроизведения результатов клинических испытаний, проведенных в российских клиниках; 2) подтверждение высокой точности интерпретации термограмм.

Важно отметить, что, согласно статистике, РТМ-диагностика выявляет до 80% всех рентгеногегативных раков. В свою очередь, маммография выявляет 2/3 всех термонегативных

онкологических заболеваний. Рентгеновская маммография дает возможность находить мельчайшие структурные изменения тканей, но ее эффективность снижается у молодых женщин с плотными железистыми структурами, которые нивелируют небольшие узловые образования. РТМ выявляет тепловые изменения, которые, в первую очередь, зависят от скорости роста опухоли и в меньшей степени – от ее размеров. Поэтому совместное использование этих двух аппаратных методов – маммографии и РТМ – в алгоритме комплексной диагностики позволяет снизить число ложноотрицательных заключений до 1–3%. Несомненным достоинством метода является возможность его использования для контроля за ходом лечения доброкачественных заболеваний МЖ [21].

А.М. Сдвижков и др. (2000 г.) изучили компьютерные радиотермометрические данные у 191 пациентки с уже уточненной различной патологией МЖ [22]. Информация о температурной асимметрии представлялась полями внутренних температур, где патологические процессы отражались цветовыми пятнами (зеленым, синим, желтым, красным), а также числовыми эквивалентами. Для каждой нозологии определен интервал температурной асимметрии числового эквивалента. Компьютерная программа по диагностике патологии МЖ дает возможность изображения на экране монитора в цвете поля внутренних температур и значения числового u1101 эквивалента. Так как для различных видов патологии МЖ числовые показатели или числовые эквиваленты могут быть идентичны, потребовалась их интеграция для более точной дифференциальной диагностики. Так, для фиброаденом и локализованного фиброаденоматоза без пролиферации эпителия диагностическим признаком является зеленый цвет поля внутренних температур и числовой показатель от 0 до 8. При пролиферативных формах этих же заболеваний диагностический признак другой – желтый цвет и числовой эквивалент 0-999. Отсутствие патологии выражается зеленым цветом поля внутренних температур и числовым эквивалентом от 0 до 3. Солитарная киста характеризуется появлением синего пятна на зеленом фоне поля внутренних температур и чи-

словым эквивалентом 0-999. Для РМЖ характерен красный цвет и числовой эквивалент от четырех до шести девяток. При черно-белом изображении поля внутренних температур участки с повышенной внутренней температурой передаются как более светлые, с пониженной температурой – как более темные.

Не установлено возрастных ограничений в использовании компьютерной РТМ по диагностическим критериям, что отличает возможности реализации данного метода от маммографии и ультразвукового исследования. Установленное существенное различие в числовых и цветовых параметрах компьютерной радиотермодиагностики между пролиферативными и непролиферативными формами дисгормональных гиперплазий МЖ дает возможность формировать группы риска и в приоритетном порядке с сокращением сроков проводить в полном объеме диспансерное обследование и лечение.

На прошедшем в 2006 г. (Москва) симпозиуме “Интервенционная радиология, ядерная медицина и новейшие неинвазивные технологии в диагностике и лечении заболеваний молочной железы”, отмечено, что результаты признаны “успешными”, метод “перспективным”, а современное оборудование “динамично развивающимся”. Такое мнение высказали участники конференции, оценив объем и уровень публикаций и докладов по применению метода радиотермометрии для оценки функционального состояния МЖ.

В марте 2006 г. в г. Phenix, штат Arizona, США прошла конференция “Physiology and Pharmacology of Temperature Regulation” по проблемам терморегуляции в организме человека. На рабочем совещании, посвященном контролю температуры биообъектов, обсуждались перспективы развития неинвазивных методик измерения температуры: инфракрасной, оптической, микроволновой, магниторезонансной и ультразвуковой. Представители российской научной школы (С. Веснин и А. Горбач) продемонстрировали на совещании метод пассивной микроволновой РТМ, основанный на измерении и анализе собственного электромагнитного излучения внутренних тканей, мощность которого пропорциональна глубинной температуре [18].

РТМ в зависимости от фаз менструального цикла у женщин репродуктивного периода была изучена Ч.К. Мустафиным и др. (2005). При проведении радиотермометрического исследования в 1 фазу менструального цикла было выявлено: температура МЖ ниже, чем температура тела; разница температур между соседними квадрантами одной МЖ и одноименными квадрантами противоположной МЖ не более 0,2–0,3 С; температура сосково-ареолярного комплекса выше, чем температура ткани МЖ на 0,5 С; температура в 1 фазу менструального цикла ниже на 1 С, чем температура во 2 фазу менструального цикла.

В лютеиновую фазу под влиянием прогестерона происходят пролиферативные изменения в протоках и эпителии МЖ, в клетках накапливается секрет, наблюдается отечность стромы и усиливается кровенаполнение, что может проявляться в виде предменструального напряжения МЖ. При РТМ-исследовании во 2 фазу менструального цикла выявлено: температура МЖ ниже/равна температуре тела; разница температуры между соседними квадрантами одной молочной железы и одноименными квадрантами противоположной МЖ не более 0,3–0,4 С; температура сосково-ареолярного комплекса выше, чем температура ткани МЖ на 1 С. Исходя из вышесказанного, проводить РТМ-исследование предпочтительнее в 1 фазу менструального цикла [19].

Возможности радиотермометрии в диагностике РМЖ были изучены А.В. Гридиным и др. (2005 г) в Челябинске [6]. Показано, что по данным большинства авторов достоверность маммографического исследования (ММГ) в диагностике рака составляет 75–95%.

В то же время, применение ММГ у женщин с плотной железистой тканью (моложе 40 лет), обследование на фоне выраженной мастопатии, при внутрипротоковых образованиях, и с выраженными воспалительными изменениями в МЖ, нередко приводит к диагностическим ошибкам и снижает эффективность исследования. Именно поэтому ложноположительные результаты составляют 9–17%, а ложноотрицательные 12–24%. Во всех случаях диагноз был верифицирован гистологически. Достоверность РТМ диагностики составляет 95%. Очаговые поражения МЖ, как правило, не представляют тактических трудностей для

хирургического лечения. Основную проблему в маммологии составляют диффузные и многоочаговые поражения МЖ. Зоны малигнизации при этом плохо диагностируются как рентгенологически, так и при ультрасонографии (УСГ). В этих ситуациях РТМ приобретает особое значение и часто является единственной возможностью ранней диагностики.

Таким образом, обзор литературы показал, что радиотермометрия помогает диагностировать быстрорастущие опухоли молочных желез, внутрипротоковые образования, узловую и диффузную мастопатию. Необходимо включать радиотермометрию в комплексное обследование пациенток с заболеваниями молочных желез, используя ее в качестве скрининга, учитывая, что ложноотрицательные результаты встречаются при медленно растущих новообразованиях, при диагностике которых более информативными являются лучевые методы диагностики.

#### Литература

1. Моисеенко В.М., Семиглазов В.Ф. Кинетические особенности роста рака молочной железы и их значение для раннего выявления опухоли // Маммология. – 1997. – № 3. – С. 3–12.
2. Наумкина Н.Г. Новые подходы к диагностике и лечению фиброзно-кистозной болезни молочной железы: Дисс... канд. мед. наук. – М., 1999. – 21 с.
3. Бурдина Л.М., Хайленко В.А., Кижаев Е.В. и др. Применение радиотермометра диагностического компьютеризированного интегральной глубинной температуры ткани для диагностики рака молочной железы: Пособие для врачей. – РМА ПО, 1999. – 35 с.
4. Бурдина Л.М., Вайсблат А.В., Веснин С.Г. и др. Применение радиотермометрии для диагностики рака молочной железы // Маммология. – 1998. – №2. – С. 3–12.
5. Вайсблат А.В. Медицинский радиотермометр // Биомед. технол. и радиоэлектрон. – 2001. – С. 8.
6. Гридин А.В., Фатуев О.Э., Важенин А.В., Яйцев С.В., и др. Возможности радиотермометрии в диагностике рака молочной железы // Состояние, перспективы развития маммологической службы Российской Федерации и роль общественных организаций:

- Мат-лы III Всероссийск. научн.-практ. конф. – 2005. – С. 23–28.
7. *Заболотская Н.В., Заболотский В.С.* Ультразвуковая маммография: Учебный атлас. – М., 1997. – 225 с.
  8. *Кучиеру А.Г.* Организационные и методические аспекты выявления “минимальных” (менее 1 см в диаметре) форм рака молочной железы: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Л., 1985.
  9. *Малыгин А.А.* Радиотермометрия в диагностике заболеваний молочной железы: Дис. ... канд. мед. наук. – Н.-Новгород, 1995. – 23 с.
  10. *Поляков В.М., Шмаленюк А.С.* СВЧ-термография и перспективы ее развития // Электроника СВЧ. Вып.8 (1640). – М., 1991. – С. 23–28.
  11. *Троицкий В.С.* К теории контактных радиотермометрических измерений внутренней температуры тел // Изв. вузов. Сер. Радиофизика. – 1981. – Т. 24. – №9. – С. 1054.
  12. *Carr K.L.* Microwave radiometry: its importance to the detection of cancer // IEEEEMTT. – 1989. – V. 37 (12). – P. 19–24.
  13. *Barrett A., Myers P.C., Sadowsky N.L.* Detection of breast cancer by microwave radiometry // Radio Sci. – 1977. – Vol. 12. – №68. – P. 167–171.
  14. *Gautherie M., Edrich J, Zimmer R. et al.* Millimeter Wave Thermography: Application to Breast Cancer – Preliminary Results // J. Microwave Power. – 1979. – V.14 (2). – P. 45–51.
  15. *Gautherie M. (ed.)* Methods of hyperthermia control // Springer-Verlag. – Berlin, 1990. – P. 35–42.
  16. *Gautherie M.* Temperature and Blood Flow Patterns in Breast Cancer During Natural Evolution and Following Radiotherapy // Biomedical Thermology. – 1982. – P. 21–64.
  17. *Land D.V.* A clinical microwave thermography system // Proc. – 1987. – V. 134. – P. 193–200
  18. *Zharov V.P., Suen L.Y., S.E.Harms et al.* Photothermal/Microwave Radiometry for Imaging and Temperature Control // SPIE's BiOS, Phenix, Arizona USA. – 2006. – P. 12–18.
  19. *Мустафин Ч.К., Павлова Е.А., Царькова М.А.* Радиотермометрия в зависимости от фаз менструального цикла у женщин репродуктивного периода // Интервенционная радиология, ядерная медицина и новейшие неинвазивные технологии в диагностике и лечении заболеваний молочной железы: Мат-лы IV Всероссийск. научн.-практ. конф. – М., 2006. – С. 34–41.
  20. *Leroy Y., Bertrand B.* Non-invasive microwave radiometry thermometry // Physiol Means. – 1998. – V. 19. – P. 127–48.
  21. *Myers P.C, N.L. Sadowsky, and A.H. Barrett.* Microwave thermography: principles, methods and clinical applications // J. of Microwave Power. – 1979. – V. 14 (20). – P. 45–51.
  22. *Сдвижков А.М., Веснин С.Г., Карташова А.Ф. и др.* О месте радиотермометрии в маммологической практике // Актуальные проблемы маммологии. – М., 2000. – С. 28–40.