

Новый метод тепловой диагностики и мониторинга заболеваний молочных желез

Л.М. Клюкин, В.П. Игумнов

В настоящее время полноценная диагностика заболеваний молочных желез проводится на базе комплексных обследований, главное место в которых занимают лучевые методы [3]. Тепловизионный метод, основанный на регистрации теплового потока, сравнительно недавно рассматривали как один из наиболее перспективных при обследовании молочных желез на предмет раннего выявления ракового заболевания, поскольку удельное тепловыделение такой опухоли аномально высоко, и это дает возможность дифференцировать ее с другими патологическими образованиями (ПО) [4, 5]. Однако сложность традиционного тепловизионного метода и недостаточная величина температурного разрешения не дают возможности выявления ПО на глубинах больших, чем размер опухоли, что затрудняет широкое использование этого метода.

В настоящее время на практике признак аномального тепловыделения раковой опухоли используют в методе, при котором фиксируется соответствующее увеличение потока электромагнитного излучения. Этот метод — радиотермография, обладая абсолютной безопасностью, ограничен дифракционным разрешением, кратным нескольким длинам волн, на которых производится регистрация (т.е., с учетом тепловой диффузии, способна обнаруживать опухоль не менее 2–4 см диаметром на глубине не более 7 см) [7, 8].

Используемый в этой работе метод тепловой диагностики основан на сканировании поверхности молочных желез температурным зондом, имеющим такую чувствительность, чтобы в экспрессном режиме (за 5 мин) провести цикл обследования обеих молочных желез на предмет наличия в них аномальных по температуре зон (идентифицируемых как ПО) до глубины 80 мм от ее поверхности. Область контакта зонда с кожей — 1 мм², усилие прижатия зонда к коже фиксировано и составляет 0,1 г. Сканирование проводится через отверстия в эластичных масках, одеваемых на молочные железы. Обработка результатов полученных измерений проводится с помощью компьютера по заранее введенному в него ал-

горитму, после чего на экране монитора демонстрируется картина распределения температурных зон на поверхности молочных желез, обусловленная скрытыми ПО [1].

Проверка эффективности предложенного метода в клинических условиях проводилась на базе ряда медицинских центров (ЦРР МЗ РФ, ММА и др.). Общее количество обследованных женщин в возрасте от 18 до 83 лет, в том числе заведомо здоровых, составило более 250.

Результаты исследований показали, что как в здоровых, так и в молочных железах с установленной патологией имеются, как правило, внутренние области с пониженной или повышенной температурой по сравнению со средней температурой молочной железы. Картины, типичные для здоровой молочной железы, могут быть использованы для сравнительного анализа на предмет выявления ПО в связи с особенностями его метаболизма, зависящими от характера и природы патологии. Так, раковая опухоль в начальной стадии развития характеризуется повышенной температурой, а при появлении в ней некроза температура в ее центральной зоне снижается.

В связи с особой важностью раннего обнаружения рака молочных желез мы попытались найти признаки, с помощью которых удалось бы предложенным методом отличать рак молочной железы от ПО нераковой природы, например доброкачественных опухолей, фиброзно-кистозной мастопатии и др. В качестве такого признака был выбран критерий стационарного аномально высокого теплопроизводства ПО, что вытекает из термосемиотических признаков раковой опухоли.

Предложенный метод может дополнять традиционные лучевые методы диагностики заболеваний молочных желез информацией о температуре внутри очага. Однако в отличие от лучевых методов он абсолютно безопасен, что дает возможности его использования с более высокой периодичностью до сравнению с лучевыми. Это может позволить исследовать динамику развития ПО во времени, которая зависит от того или иного метода медицинско-

го воздействия на ПО. Последнее обстоятельство дает возможность выбора оптимального лечения заболевания. Аппаратура, реализующая предложенный метод, портативна и не требует внешнего питания.

В предлагаемом нами методе – “контактном тепловидении” – недостатков, характерных для вышеприведенных тепловых методов, удалось избежать путем использования комбинации четырех решающих факторов теплового исследования:

- 1) независимости результата измерения от внешних температурных условий;
- 2) высокой температурной чувствительности, не ниже $0,001^{\circ}\text{C}$;
- 3) минимального времени измерения в точке касания – не более 1 с;
- 4) высокого пространственного разрешения, обусловленного большим количеством точек измерения на каждой железе. При этом каждая точка измерения имеет площадь не более 1 мм^2 , а их количество составляет на каждой молочной железе от 24 до 40 в зависимости от размера железы.

Наличие большого количества точно локализованных и малых в сравнении с молочной железой точек измерения позволяет отображать реальный рельеф температурного поля на поверхности молочной железы, который, в отличие от вышеописанного радиотермометрического метода, содержит двумерно пространственную картину, отображающую частотно пространственную модуляцию температурного поля скрытыми под поверхностью молочной железы ПО.

В основе предлагаемого нами теплового метода исследования молочных желез лежит предположение о том, что из-за нарушения метаболизма в ПО по температурному режиму они отличаются от окружающих их тканей. Это может быть обусловлено как усилением обменных процессов в ПО, приводящих к локальному повышению температуры (такое ПО в дальнейшем будем называть теплопроизводящим), так и уменьшением или отсутствием сосудов в ПО, что делает такой ПО нетеплопроизводящим. В первом случае на кожной проекции ПО будет наблюдаться повышенная температура, во втором – пониженная. Это обстоятельство дает возможность установить локализацию ПО путем сканирования кожного покрова температурным датчиком, имеющим адекватную чувствительность по температуре. Анализ величины возникающих температурных градиентов для реально наблюдае-

мых ПО обоих типов, приведенный в [9], показал, что температурное разрешение порядка $10^{-2} \dots 10^{-3^{\circ}\text{C}}$ позволяет обнаружить наличие ПО обоих типов размером до 5 мм на глубине до 50 мм и 10 мм на глубине до 100 мм от поверхности молочной железы. Там же приведен алгоритм, по которому можно оценить размер ПО, глубину его залегания и температуру в его центре.

Технология диагностирования заболеваний молочных желез по нашему методу сводится к следующим процедурам.

1. У пациентки, лежащей на спине, эластичной маской фиксируют молочные железы в вертикальном положении. В маске имеется ряд точечных отверстий для измерения температуры. Отверстия расположены ярусами по длине образующей маски – от 3 до 5 ярусов (в зависимости от размера железы); в каждом ярусе по 8 отверстий. Исследование начинают с левой молочной железы через отверстие, являющееся крайним во внешнем квадранте молочной железы (по линии, проходящей через соски). Измерения проводят в строго заданном порядке по каждому ярусу в соответствии с имеющимся номером отверстия, на которое указывает цифровое табло на головке прибора. В такой же последовательности исследуют правую молочную железу.

2. В процессе исследования щуп головки прижимают к коже через соответствующее отверстие, получают звуковой сигнал о конце измерения и переходят к следующему отверстию. (При неправильном замере его необходимо повторить.)

3. При появлении на табло номера, следующего за последним номером измерения, измерения прекращают. При этом прибор запоминает результаты исследования неограниченно долго даже при отключенном питании.

4. После завершения процедуры измерений температуры головку прибора подключают к компьютеру, в котором предварительно устанавливается программа “Маммотерм”. Программа дает возможность математической обработки результатов всех измерений, зафиксированных головкой прибора, и позволяет увидеть на экране монитора картину распределения температуры в обследованных молочных железах. По этой картине можно судить о форме и расположении в ней ПО. На поверхности молочных желез фиксируются все аномальные зоны, и на экран монитора выдаются сообщения о количестве предполагаемых ПО, их локализации, глубине залегания

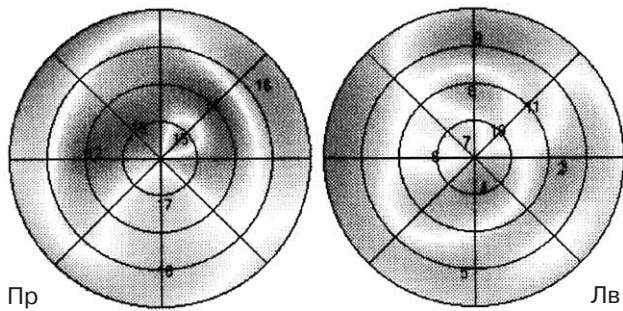


Рис. 1. Термограмма молочных желез в норме: цифрами пронумерованы температурные проекции внутренних областей с незначительными отклонениями температуры от средней.

ния и температуре. Каждому ПО присваивается свой номер. В соответствии с этой информацией и на основе хранящейся в памяти компьютера базы данных о термосемиотических признаках возможных ПО на экран монитора выдается сообщение о нозологических формах ПО в данной молочной железе. При повторных исследованиях методом вычитания диагностических картин можно изучать динамику развития (деградации) ПО в

зависимости от вида медицинского воздействия на него, тем самым обеспечивая возможность оценки эффективности проводимого лечения.

Диагностическая картина на экране монитора представляет собой отображение температурных проекций соответствующих областей молочных желез. Эти проекции окрашены в красный и синий цвета (По техническим причинам рисунки к статье приводятся в черно-белом варианте. — Прим. ред.), интенсивность которых пропорциональна их температуре: в красный окрашены области, где температура выше средней температуры кожного покрова молочной железы, в синий — участки, где температура ниже среднего уровня. Типичная термограмма здоровых молочных желез приведена на рис. 1. В диагностируемой области температурные проекции помечены цифрами, указывающими на порядок их компьютерной обработки. На рис. 2, 3 приведены серии термограмм, иллюстрирующих динамику изменения ПО в положительную или отрицательную сторону, под влиянием лечения или без лечения.

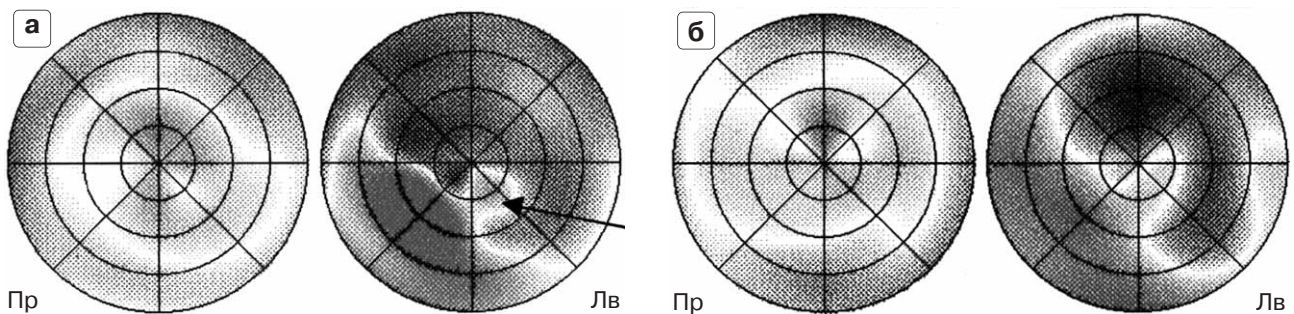


Рис. 2. Термограммы больной раком левой молочной железы, сделанные до (а) и после лучевой терапии (б). а — в нижненаружном квадранте левой молочной железы на глубине 1,8 см зона аномально высокого теплопроизводства (стрелка). б — через 1 мес после проведения лучевой терапии в этой же зоне аномально высокого теплопроизводства не определяется.

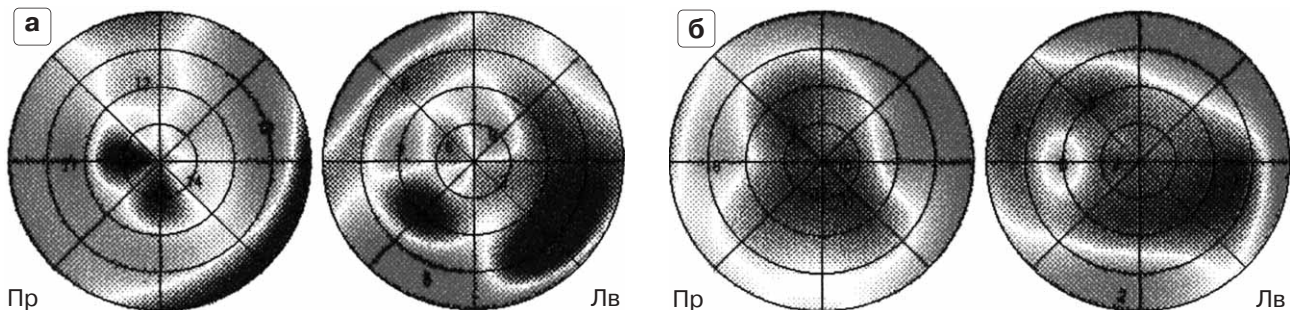


Рис. 3. Деградация патологического образования. а — первоначальный диагноз: двухсторонняя мастопатия, б — спустя 2 мес диагноз: рак левой молочной железы на фоне мастопатии.

По описанной выше методике обследовали более 250 пациенток. На основании термосемиотических признаков на данном этапе исследования выделяли следующие состояния молочных желез: отсутствие патологии (здоровые), рак левой молочной железы, рак правой молочной железы, жировая инволюция и узловатая мастопатия. В процессе сопоставления заключений, выдаваемых прибором, и результатов, полученных при обследовании тех же пациенток стандартными методами, включая цитологические и гистологические исследования, установлено, что чувствительность метода составляет 87–95%, специфичность 80–85% и точность 80–88%.

Достоверность заключения зависит от правильно выработанных критериев в компьютерной обработке результатов исследования, что, в свою очередь, предполагает проведение данным методом адекватного количества исследований по всему спектру возможных заболеваний молочных желез, после чего на основе компьютерной обработки результатов исследований могут быть выбраны критерии для выдачи оптимального заключения. Можно полагать, что по мере совершенствования программного обеспечения путем накопления статистических данных по исследованиям точность диагностики тепловым методом заболеваний молочных желез будет возрастать.

Мы благодарим проф. Л.Д. Линденбрата за постоянное внимание к проведенной рабо-

те, проф. Н.И. Рожкову за помощь в реализации маммологических исследований, а также Е.Э. Можарова за работу по составлению и отладке компьютерных программ.

Список литературы

1. Клюкин Л.М., Намиот В.А. О возможности исследования внутренних структур человеческого тела новым высокочувствительным тепловым методом // *Международ. мед. журн.* 2001. № 2. С. 170–173.
2. Мельникова В.П., Козлов О.А., Розанов А.Е. и др. Тепловизионный метод исследования в гастроэнтерологии: Атлас термограмм. Л.: ГОИ, 1984. 93 с.
3. Харченко В.П., Рожкова Н.И. Лучевая синдромная диагностика заболеваний молочной железы, лечение и реабилитация. Вып. 3. Лучевая синдромная диагностика заболеваний молочной железы. М.: РНЦРР МЗ РФ, 2000. 149 с.
4. Звонцова К.М. и др. Значение термографического исследования в диагностике рака молочной железы // *Тепловидение в медицине.* Л.: ГОИ, 1987. С. 24–27.
5. Зеновко Г.И. Термография в хирургии. М.: Медицина, 1998. 168 с.
6. Klukin L.M., Namiot V.A. On thermal method of character of inclusions structure rating in semiinfinitely medium volume // *Physics Letters A.* 2001. V. 288. P. 115–119.
7. Бурдина Л.М. и др. Применение радиотермометрии для диагностики рака молочной железы // *Маммология.* 1998. № 2. С. 3–12.
8. Бурдина Л.М. и др. Опыт использования диагностического радиотермометра РТМ-01-РЭС для диагностики заболеваний молочной железы // *Матер. 3-го форума "Радиология 2000. Лучевая диагностика и лучевая терапия в клинике XX века".* М., 2002. С. 25–27.
9. Klyukin L.M., Namiot V.A. Method for detecting pathological regions deep within a living object // *Biophysic.* 2001. V. 46. № 3. P. 500–504.



ГОМОП

Постарайтесь узнать, не работал ли раньше врач, считающий, что у вас всё в порядке, в военкомате.

Нездоровый вид часто объясняется началом здорового образа жизни.

Из уникальных ответов студентов профессору

В.Д. Линденбрата на экзаменах по патофизиологии:

– Каковы последствия удаления селезенки?

– Если удалить одну селезенку, то вторая компенсаторно увеличивается.

– Что вы знаете о работах Грегора Менделя?

– Под звон набата монастыря Мендель скрещивал половые клетки и получал зеленые горохи.

– Что развивается в клетках больших полушарий мозга под воздействием чрезвычайных раздражителей?

– Пессимизм.

– На что жалуется больной анемией?

– На мурашки перед глазами.

– Какие изменения развиваются при А-гиповитаминозе?

– Витамин А влияет на обмен серы. Поэтому при его недостаточности развивается серофтальмия, и человек становится шелудивым.

– Какие вы знаете аллергические болезни?

– Свиная лихорадка.