

Л.Г. Розенфельд

Н.Н. Колотилов

Институт отоларингологии  
им. проф. А.И. Коломийченко  
АМН Украины, Киев, Украина

**Ключевые слова:** термография,  
диагностика, онкология.

## ДИСТАНЦИОННАЯ ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ В ОНКОЛОГИИ

**Резюме.** Представлены результаты применения основных технологий инфракрасной термографии в онкологии. Описаны показания, диагностическая эффективность термографии и перспективы дальнейших исследований.

Медицинское применение регистрации инфракрасного излучения, открытого в 1800 г. английским астрономом В.Гершелем, впервые было осуществлено лишь в 1956 г. канадским врачом Р. Лоусоном для диагностики рака молочной железы. Несмотря на относительно незначительный промежуток времени, было проведено большое количество исследований, посвященных изучению природы инфракрасного излучения поверхности тела человека и использования его особенностей для диагностики ряда заболеваний, в частности онкологических. Известно, что опухолевая ткань благодаря интенсивному метаболизму имеет более высокую температуру, что и лежит в основе использования регистрации инфракрасного излучения, в частности диагностической инфракрасной термографии (ДИТ) в клинической онкологии.

Цель аналитического обзора — общая оценка результатов применения ДИТ в онкологии, по данным авторефератов кандидатских и докторских диссертаций, защищенных в бывшем СССР и странах СНГ за период 1974–1999 гг. [1–52]. Авторефераты диссертаций являются ценным, но малодоступным первоисточником верифицированной и апробированной научно-медицинской информации. К сожалению, некоторая часть авторефератов, особенно последнего десятилетия, осталась за рамками обзора в связи с ослаблением научных связей в странах СНГ.

Информативность ДИТ изучена при диагностике предопухолевых заболеваний и рака молочной железы [1, 11, 20, 23, 26, 30, 32, 33], меланомы кожи [3, 34, 50], саркомы мягких тканей [45, 47], рабдомиосаркомы головы и шеи [36], ретинобластомы [24], рака щитовидной железы [14, 39], хемодектомы шеи [13], рака языка [27], доброкачественных и злокачественных опухолей слюнных желез [10], головного мозга [12, 18], хрящевой ткани [21], костей [7].

Особенно значителен опыт применения ДИТ в отоларингологии: при раке гортани [2, 15, 19, 44, 51], гортанного отдела глотки [31], регионарных метастазов рака гортани [6, 27], злокачественных опухолей околоносовых пазух и уха [29], юношеской ангиофиброме носового отдела глотки [9], меланоме ушной раковины [34, 42, 43], плоскоклеточном раке и базалиоме ушной раковины и сосцевидного отростка [42], доброкачественных и злокачественных опухолях наружного и среднего уха [40], сосудистых

новообразованиях ЛОР-органов [25], парафарингеальных опухолях [22].

Отметим показания к ДИТ, которые и на сегодняшний день являются актуальными:

1. Уточняющая диагностика опухолевого поля злокачественных новообразований кожи. Известно, что термографическое изображение опухоли, как правило, превышает визуально определяемые границы новообразования, что обусловило введение понятия «опухолевое поле» — зона между периметрами термографического и визуального изображения опухоли. Ориентация на опухолевое поле позволяет более адекватно планировать поле облучения при лучевой терапии, поверхность криовоздействия при криодеструкции [42, 43].

2. Мониторинг лучевой терапии больных: ранняя диагностика развития лучевых реакций и повреждений [5, 24, 37]; определение радиочувствительности и радиорезистентности опухоли в начале лучевой терапии. Возможность последнего подкрепляется следующими данными: обнаружением [51] изменений термотопографии кожной проекции злокачественных опухолей гортани в процессе лучевой терапии (суммарная очаговая доза (СОД) — до 45 Гр): уменьшением объема новообразования, которое сопровождается повышением температуры в проекции опухоли на 0,5–0,8 °С на каждые 10 Гр. Установлено, что для радиорезистентных опухолей характерно повышение температуры на 0,1–0,6 °С на каждые 10 Гр лишь до СОД, равной 20 Гр, с последующей ее стабилизацией.

3. Выбор оптимального времени хирургического вмешательства после лучевой терапии. Установлено [6, 27], что риск развития местных послеоперационных осложнений при хирургическом вмешательстве минимален, если у пациентов через 3–6 нед после окончания лучевой терапии наблюдается восстановление физиологической термотопографии кожи.

4. Неинвазивный контроль локальности эффекта и температуры при электромагнитной гипертермии опухолей [41, 52].

5. Мониторинг больных в послеоперационный период: контроль процессов заживления; раннее выявление гнойно-воспалительных процессов [20, 48].

6. Мониторинг больных в 1-й безрецидивный период после хирургического, лучевого, лекарственного или комбинированного лечения для доклини-

ческой диагностики рецидивирования, регионарного или отдаленного метастазирования [19].

Важным показателем диагностической эффективности ДИТ являются чувствительность и специфичность, оценка которым дана в немногих работах. Сопоставление этих показателей для ДИТ и других диагностических методов представлено в табл. 1. Чувствительность ДИТ при диагностике рака гортанного отдела глотки составляет 93,3%, радиоизотопного метода — 92,7% [31]. Минимальный размер опухолевого очага, выявляемого с помощью ДИТ, для меланомы кожи составляет 2 мм в диаметре [3, 50], для рака молочной железы — 3–6 мм [23].

Таблица 1

Чувствительность (Ч) и специфичность (С) способов диагностики злокачественных новообразований гортани

Способ	Оценка способов диагностики согласно исследованиям			
	[27]		[2]	
	Ч (%)	С (%)	Ч (%)	С (%)
Патогистологический	—	—	88,8	100
Цитологический	87,6	86,0	—	—
Микрофаринголарингоскопия	—	—	82,2	90,9
ДИТ	88,9	53,3	87,1	56,3
Ультразвуковое исследование	74,1	87,8	86,7	80,0
Радиоизотопное исследование	84,4	68,2	89,7	81,8

Как правило, ДИТ используют на 2-м этапе диагностического алгоритма после клинического обследования (КО) до ультразвукового (УЗИ) и радиоизотопного исследования (РИ), компьютерной томографии (КТ). Изучена информативность следующих диагностических алгоритмов:

КО + ДИТ + УЗИ [4, 7, 10, 16, 17, 26, 49],

КО + ДИТ + РИ [1, 15, 46],

КО + ДИТ + УЗИ + КТ + РИ [2, 22, 27],

КО + микроларингоскопия + ДИТ [51]. Установлена возможность раннего выявления метастазов, в частности при динамической ДИТ костей скелета, метастазы злокачественных опухолей в длинных трубчатых костях были заподозрены на  $4,2 \pm 1,1$  мес ранее их клинической манифестации и на  $2,9 \pm 1,2$  мес ранее появления рентгенологических симптомов [7].

Изучены возможности применения лекарственных средств и физиотерапевтических воздействий для повышения чувствительности и специфичности метода ДИТ [2, 7, 11, 17, 19, 20, 26]. Для усиления гипертермии в проекции сарком костей на термограммах у детей рекомендуется использовать ультразвуковое излучение терапевтической мощности  $0,2–0,4$  Вт/см<sup>2</sup> на определенные рефлексогенные зоны в течение 5 мин [7], в проекции рака молочной железы — инсулин, злокачественных опухолей кожи — никотиновую кислоту [26].

По материалам авторефератов [4, 7, 10, 17, 19] можно предложить следующую систему элементов термосемиотики новообразований (табл. 2).

Хорошо известно, что взаимоотношения организма и опухоли представляют собой сложный процесс влияния различных систем организма на развивающуюся опухоль и сформировавшейся опухоли на организм. Температура кожи человека, находя-

Таблица 2

Система элементов термосемиотики

Показатели	
Опухоль	Организм
Температура: • максимальная • минимальная Градиенты: термоасимметрии очаг — окружающие ткани	Тип реактивности: • адекватный • избыточный • инертный • редуцированный
Структура: • гипотермическая • нормотермическая • гипертермическая	Симптом дистальной: • гипотермии • нормотермии • гипертермии Средневзвешенная температура кожи Синдром: • гипокалории • нормакалории • гиперкалории
Контур: четкие • нечеткие	Температура проекций представительных органов: регионарные лимфатические узлы, печень, почки, желудок и т.п. Градиент «опухоль–орган»

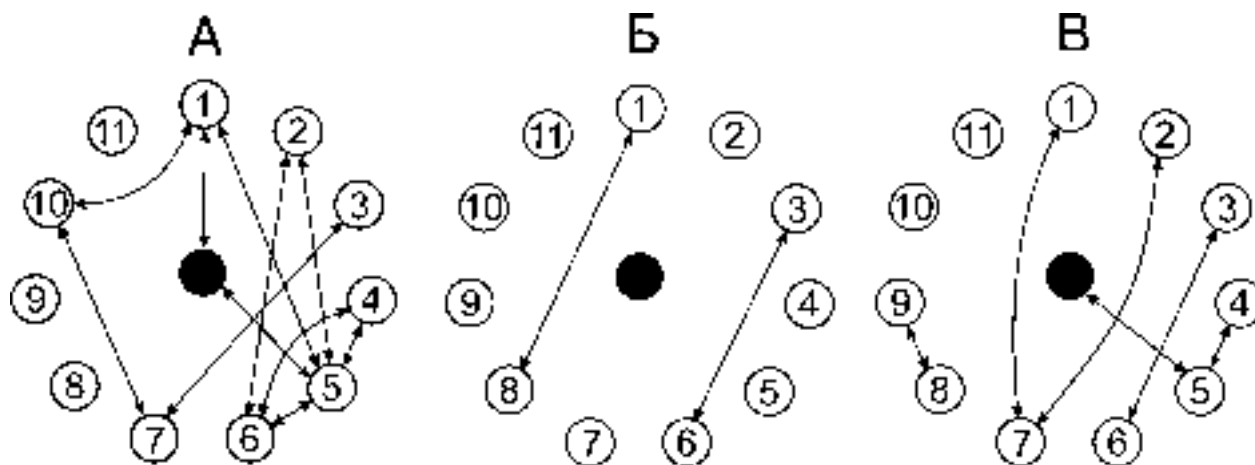
щегося в состоянии покоя, при микроклимате, который исключает изменения теплопродукции организма, является интегральным показателем степени функциональной активности подлежащего органа или опухоли. По данным корреляционного анализа температур проекций рака гортани и 11 представительных органов (лимфатические узлы: 1 — подбородочные, 2 — подчелюстные, 3 — шейные, 4 — надключичные, 5 — подключичные, 6 — подмышечные; 7 — желудок, 8 — печень, 9 — почки, 10 — тыл кисты, 11 — стопа) установлены функциональные связи между опухолью и органами (см. рисунок). Коэффициент парной корреляции не менее 0,95 при  $p < 0,05$  указывает на существование функциональных связей между случайными величинами, но не определяет их природу. При заданном уровне достоверности у здоровых людей функциональные связи между указанными проекциями не определяются [19].

Таким образом, ДИТ является способом получения не только двумерных диагностических изображений, но и определения функциональных взаимосвязей очага патологии и представительных органов организма. Адекватное использование ДИТ может значительно изменить тактику и, возможно, стратегию терапии некоторых заболеваний.

В заключение обозначим следующие, по нашему мнению, перспективные направления применения ДИТ:

1. Установление стадии опухолевого процесса по системе TNM, в частности для злокачественных опухолей кожи (рак, меланома);

2. Изучение информативности ДИТ при обследовании больных с лихорадкой неясного генеза: при саркоме Юинга, опухолях тонкой кишки, предстательной железы, ретикулосаркоме, раке пищевода, легкого, желудка, толстой кишки, желчного пузыря, мочевого пузыря, тела матки, опухоли Вильмса, гипернефроидном раке у 21–59% больных отмечена лихорадка неясного генеза (постоянная, гектическая, перемежающаяся и т.д.), которая может на



**Рисунок.** Функциональные связи системы «опухоль — организм» больных раком гортани: А — до лечения; Б — в период 1-й ремиссии после лучевой терапии; В — период рецидивирования и регионарного метастазирования (черный кружок — опухоль) Лимфатические узлы: 1 — подбородочные, 2 — подчелюстные, 3 — шейные, 4 — надключичные, 5 — подключичные, 6 — подмышечные; 7 — желудок, 8 — печень, 9 — почки, 10 — тыл кисты, 11 — стопа

6–8 мес опережать клиническую манифестацию опухолевого роста и в течение некоторого времени быть единственным признаком новообразования;

3. Изучение взаимосвязи неспецифических и специфических элементов термосемиотики с потенциальной эффективностью противоопухолевых лекарственных средств. Так, например, у больных раком гортани, визуализируемым в кожной проекции в виде диффузной гипертермической структуры с нечеткими контурами, реже наблюдается полная регрессия опухоли после химиолучевой терапии [15]; лекарственные средства, которые снижают температуру тела, в той или иной мере обладают антиметастатическим и противоопухолевым действием.

4. Создание медицинской экспертной системы «Термосемиотика онкологических больных».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абушахманова АХ. Термографический и скинтиграфический методы исследования в комплексной диагностике рака молочной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1986. 21 с.
2. Абызов РА. Повышение эффективности диагностики и лечения злокачественных новообразований верхних дыхательных путей [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Киев: НИИ отоларинголог 1990. 40 с.
3. Авдей ЛЛ. Комплексная диагностика меланомы кожи [Автореф дис ... канд мед наук]. Минск: Бел. ин-т усев врачей, 1984. 23 с.
4. Агзамходжаева ХА. Комплексное тепловизионное и ультразвуковое исследование опухолей челюсти [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1986. 22 с.
5. Азизян РИ. Клиника, диагностика и лечение доброкачественных опухолей наружного уха [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ЦОЛИУВ 1989. 19 с.
6. Аюпян РГ. Диагностика и лечение регионарных метастазов рака гортани [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: НИИ отоларинголог, 1984. 21 с.
7. Алматов Ш. Тепловизионные и ультразвуковые исследования в комплексной диагностике опухолей костей [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1983. 25 с.
8. Амбарцумян АМ. Пути оптимизации массовых профилактических осмотров для выявления опухолевых и предопухолевых заболеваний [Автореф дис ... канд мед наук]. Ереван: НИИ рентгенолог онкол 1982. 23 с.

холевых заболеваний [Автореф дис ... канд мед наук]. Ереван: НИИ рентгенолог онкол 1982. 23 с.

9. Аношин РГ. Юношеская ангиофиброма основания черепа (современные методы диагностики и лечения) [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: НИИ уха, горла и носа 1987. 30 с.

10. Байматова БА. Комплексное тепловизионное и ультразвуковое исследование в диагностике опухолей слюнных желез [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1988. 16 с.

11. Великолуг АН. Роль термографического метода исследования в диагностике предопухолевых и опухолевых заболеваний молочной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ОНЦ 1976. 19 с.

12. Воронов ВГ. Значение тепловизионных исследований в диагностике опухолей спинного мозга [Автореф дис ... канд мед наук]. Ленинград: Науч-исслед нейрохирург ин-т 1985. 23 с.

13. Джумаев МГ. Хемодектомы шеи [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1984. 28 с.

14. Иванов ПК. Комплексная «in vivo» и «in vitro» лучевая диагностика рака щитовидной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1983. 21 с.

15. Ильясов ББ. Применение радионуклидов в термографии в комплексной диагностике и определении эффективности химиолучевой терапии больных раком гортани [Автореф дис ... канд мед наук]. Обнинск: НИИ мед радиол 1985. 21 с.

16. Ильясов ШШ. Термография и эхография в комплексной диагностике опухолей [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1989. 20 с.

17. Иссамухамедова МА. Комплексная тепловизионная и ультразвуковая диагностика опухолей мягких тканей и костей у детей [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1988. 18 с.

18. Колесов СН. Диагностические возможности тепловидения в нейрохирургии [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: Ин-т нейрохирургии 1980. 28 с.

19. Колотилов ММ. Загальна термотопографія шкірного покриву організму людини в нормі і при раку гортані [Автореф дис ... канд біол наук]. Київ: Ін-т експерим патол онкол та радіобіол 1994. 21 с.

20. Кондратьев ВБ. Оценка инфракрасной термографии как метода обследования онкологических больных [Автореф дис ... канд мед наук]. Ленинград: ЦНИ рентгено-радиол ин-т 1976. 27 с.

21. Королев ВИ. Опухоли хрящевой ткани (клиника, диагностика, лечение) [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Киев: Ин-т проблем онкол 1981. 32 с.

22. **Курбандурдыев А.** Роль компьютерной и ультразвуковой томографии, радионуклидного и термографического методов исследований в диагностике oro- и парафарингеальных опухолей [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1988. 3 с.

23. **Кучеру АГ.** Организационные и методические аспекты выявления минимальных (менее 1,0 см в диаметре) форм рака молочной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Ленинград: НИИ онкол 1985. 21 с.

24. **Лобанов ГВ.** Лучевая терапия в комплексном лечении детей, больных ретинобластомой [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1986. 19 с.

25. **Лутфуллаев У.** Сосудистые опухоли ЛОР-органов (клиника, диагностика, лечение) [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Киев: НИИ отоларингол 1988. 40 с.

26. **Мазурич ВЯ.** Инфракрасная термография и эхотомография при опухолях молочных желез, кожи и опорно-двигательного аппарата [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Кишинев: НИИ онкол 1995. 25 с.

27. **Матякин ЕГ.** Клинические аспекты регионарного метастазирования рака языка и гортани [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: ВОНЦ 1988. 29 с.

28. **Микелова ЛВ.** Злокачественные сосудистые опухоли у детей. Клиника, диагностика, лечение [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1991. 22 с.

29. **Нажем РЮ.** Клиника, диагностика и лечение остеом ЛОР-органов [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: НИИ уха, горла и носа 1984. 17 с.

30. **Непесов АК.** Клиническая оценка распространенности рака молочной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1985. 23 с.

31. **Нуммаев Г.** Рак гортаноглотки (современные методы диагностики, лечения и прогноза) [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: ВОНЦ 1986. 47 с.

32. **Ованесян ДР.** Состояние молочных желез у женщин с гинекологическими заболеваниями по данным тепловизионного исследования [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1984. 19 с.

33. **Олейник ВП.** Термография в комплексной диагностике и результаты лечения рака молочной железы (по материалам ин-та хирургии им. А.В. Вишневского АМН СССР) [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1975. 18 с.

34. **Пачес ЛР.** Меланомы кожи, головы и шеи [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: Ин-т эксперим и клин онкол 1974. 17 с.

35. **Поляков ВГ.** Злокачественные опухоли верхних дыхательных путей и среднего уха у детей [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ОНЦ 1980. 20 с.

36. **Поляков ВГ.** Клинические аспекты и лекарственное лечение рабдомиосаркомы головы и шеи у детей [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: ОНЦ 1992. 43 с.

37. **Попович ВИ.** Профилактика местных лучевых реакций при сочетанной нейтронно-фотонной терапии опухолей головы и шеи с использованием излучения лазера [Автореф дис ... канд мед наук]. Томск: НИИ онкол 1991. 24 с.

38. **Процьк ВС.** Комбинированное лечение злокачественных опухолей верхней челюсти [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Киев: Ин-т проблем онкол 1984. 39 с.

39. **Романчишен АФ.** Диагностика и обоснование хирургической тактики лечения новообразований щитовидной железы [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Ленинград: НИИ онкол 1989. 36 с.

40. **Сацукевич ЛА.** Значение лучевых методов исследования в ранней диагностике и лечении новообразований уха [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: Рос мед акад последипломного образования 1995. 23 с.

41. **Светицкий ПВ.** Комплексные методы лечения больных злокачественными опухолями головы и шеи с использованием локальной гипертермии [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: ВОНЦ 1984. 31 с.

42. **Тапладзе ОГ.** Термография как метод регистрации изменений в опухолях некоторых локализаций головы и шеи после криовоздействия (кожа, полость рта, губа) [Автореф дис ... канд мед наук]. Ереван: НИИРО 1983. 23 с.

43. **Тапладзе ОГ.** Крихирургическое лечение опухолей некоторых локализаций кожи и видимой слизистой оболочки ротовой полости [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Тбилиси: ОНЦ, 1997. 51 с.

44. **Таргамдзе ОШ.** Термографическая диагностика рака гортани [Автореф дис ... канд мед наук]. Тбилиси: Ин-т усовершенствования 1989. 20 с.

45. **Хамламов БА.** Кратковременная гипергликемия и локальная гипертермия в комплексном лечении местно-распространенных рецидивных сарком мягких тканей [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1990. 16 с.

46. **Ханагова РГ.** Термография и скintiграфия в диагностике опухолей мягких тканей у детей [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1991. 21 с.

47. **Христенко ВВ.** Саркомы мягких тканей туловища и конечностей у детей (клиника, диагностика и лечение) [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1986. 27 с.

48. **Шамилов АК.** Комплексная профилактика и лечение послеоперационных раневых осложнений при раке молочной железы (клинико-экспериментальное исследование) [Автореф дис ... д-ра мед наук]. Москва: ВОНЦ 1992. 36 с.

49. **Шунаева БУ.** Термография и биоэхолокация в комплексной диагностике заболеваний молочной железы [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1978. 26 с.

50. **Чернова НВ.** Меланомы кожи у детей (клиника, диагностика и возможности лечения) [Автореф дис ... канд мед наук]. Москва: ВОНЦ 1982. 24 с.

51. **Чиринашвили АМ.** Применение микроларингоскопии и термографии для диагностики и оценки эффективности лучевой терапии рака гортани [Автореф дис ... канд мед наук]. Ереван: НИИРО 1990. 21 с.

52. **Ядгарова НС.** Комплексное лечение первично распространенного рака слизистой оболочки полости рта в условиях локальной УВЧ-гипертермии [Автореф дис ... канд мед наук]. Ташкент: НИИ онкол и радиол 1986. 16 с.

## THE REMOTE INFRA-RED THERMOGRAPHY IN THE ONCOLOGY

*L.G. Rozenfield, N.N. Kolotilov*

**Summary.** *The results of applications of the infra-red thermography in oncology were presented. The testimonies, diagnostic thermography efficiency and perspectives of further researches were described.*

**Key Words:** thermography, diagnosis, oncology.