

**НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ**

**ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ**

# **МЕДИЦИНА**

**8/1985**

**Издается ежемесячно с 1967 г.**

**Л. П. Воробьев,**

**доктор медицинских наук**

**В. А. Шестаков,**

**кандидат медицинских наук**

**В. И. Эгильская**

## **ТЕПЛОВИДЕНИЕ**

## **В МЕДИЦИНЕ**

**ББК 65.9(2)304**  
**В 75**

Рецензент: В. В. Мурашко, доктор медицинских наук, профессор,

**Воробьев Л. П. и др.**

**В 75** Тепловидение в медицине (Л. П. Воробьев, В. А. Шестаков, В. И. Эгильская). — М.: Знание, 1985. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Медицина»; № 8).

11 к.

Тепловидение в настоящее время все более широко используется для диагностики онкологических заболеваний, многих поражений сердца, сосудов, печени и т. д. Авторы брошюры рассматривают биофизические явления, лежащие в основе тепловидения, его современные возможности, перспективы использования в различных областях медицины.

Брошюра рассчитана на медицинских работников.

4111000000

**ББК 65.9(2)304**  
**61**

## ВВЕДЕНИЕ

Тепловидение... Из названия этого метода, который еще называют термографией, явствует, что за критерий диагностики принимается не что иное, как тепло, температура тела, которой врачи еще со времен Гиппократы придавали большое значение в распознавании болезней. Великий арабский ученый XI столетия Абу Али Ибн Сина писал в своей «Поэме о медицине», что «жар» является симптомом заболеваний, происходящих от самых разных причин:

В ряду причин: огонь душевных мук,  
Тяжелый труд, усталость ног и рук,  
Гнев и обида, нагноенье, голод,  
Закупоривший поры кожи холод.

Однако в те далекие времена медики не могли объективно оценить температуру тела. Лишь к концу XVI века Галилео Галилей изобрел термоскоп, который не имел делений шкалы и был технически весьма несовершенен. Огромный шаг вперед в понимании сущности тепловых явлений был сделан английским астрономом Гершелем-старшим, который в 1800 году открыл инфракрасное излучение. С начала XX века в разных областях науки началось усиленное изучение электромагнитных волн этой части спектра. Инфракрасные лучи стали использовать в медицине для фотографирования подкожных вен, съемки внутренней поверхности глаза через его замутненную оболочку и т. д. В 1934 году Гарди изобрел бесконтактный способ измерения температуры. Метод тепловидения представляет собой качественно новое исследование. Термография позволяет не только фотографировать освещенную инфракрасными лучами поверхность тела человека и расположенные вблизи нее сосуды, но также наблюдать собственное излучение тела.

**Первое сообщение о применении тепловидения в медицине** было сделано в 1956 году канадским хирургом Рэем Лоусоном, который показал, что рак молочной железы может быть диагностирован путем анализа изменения температуры соответствующих областей кожи. Прошло 29 лет со дня опубликования работ Р. Лоусона. За это время значительно расширилась сфера применения термографии, разработана термосемиотика заболеваний. Но одновременно был выявлен и ряд недостатков и ограничений метода, главный из которых — невозможность достоверно судить о состоянии глубоко расположенных органов и тканей.

Основными точками приложения тепловидения в медицине являются онкология, и ангиология. В онкологии метод используют для раннего выявления злокачественных новообразований при профилактических обследованиях и для топической и дифференциальной диагностики опухолей. В ангиологии термография дает высококачественную информацию о поражениях вен и артерий, диабетических ангиопатиях, изменениях сосудов мозга. Высока диагностическая ценность метода при острых воспалительных процессах брюшной полости и суставов. Вот почему так перспективно применение тепловидения в хирургической клинике, гастроэнтерологии и ревматологии.

Т. П. Макаренко сформулировал основные направления тепловизионного метода исследования:

1. Изучение термографической картины различных областей тела у здоровых людей.

2. Первичный отбор больных, требующих специального обследования.

3. Выявление динамики патологических процессов: прогрессирование опухолевого роста, обострения и ремиссии хронических заболеваний, улучшение состояния под влиянием лекарственных препаратов.

4. Оценка иннервации и кровотока в исследуемой области.

5. Контроль результатов коррекции коронарного кровообращения в ходе оперативных вмешательств (кардиотермография).

6. Экспресс-метод для диагностики неотложных состояний.

В нашей стране опыт термографических исследований был представлен на Всероссийской (1975) и Всесо-

юзной (1979) конференциях, посвященных проблеме «Тепловидение в медицине». В 1977 году решением Всесоюзного медико-технического общества была создана секция тепловидения Ленинградского медико-технического общества, а в 1980 году в Ленинграде на базе многопрофильной больницы № 16 им. В. В. Куйбышева был создан научно-практический консультативный центр по тепловидению.

## БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕПЛОВИДЕНИЯ

Тепловое излучение человеческого тела лежит в инфракрасной области спектра. Первооткрыватель инфракрасного излучения Гершель-старший сумел установить, что термометр нагревается и за границей видимого на глаз спектра. Так были впервые обнаружены инфракрасные лучи. В 1865 году английский физик Максвелл доказал их электромагнитную природу. Инфракрасная область спектра обычно условно разделяется на ближнюю (от 0,74 до 2,5 мкм), среднюю (2,5—50 мкм) и далекую (50—2000 мкм). В термографии применяется далекое инфракрасное излучение.

Излучение кожи человека близко к излучению абсолютно черного тела при той же температуре ( $A = 0,97$ , где  $A$  — часть общей энергии вблизи данной длины волны, которая поглощается телом человека. Для абсолютно черного тела  $A=1$ ). Поэтому к инфракрасному излучению тела человека можно с известной долей погрешности применить законы для абсолютно черного тела.

По закону Стефана—Больцмана лучеиспускательная способность абсолютно черного тела прямо пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры

$$E = \sigma T^4, \quad (1)$$

где  $E$  — лучеиспускательная способность абсолютно черного тела;  $\sigma$  — постоянная Стефана—Больцмана

$\sigma = (5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{Т}^4})$ , где  $T$  — температура по Кельвину

(в данном случае имеют в виду полную лучеиспускательную способность — суммарную энергию, излучаемую с единицы площади поверхности в единицу времени по всем длинам волн при данной температуре).

Согласно формуле Планка распределение энергии

излучения по длинам волн можно определить следующим образом:

$$E_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} \cdot (10^5 / \lambda T - 1)^{-1}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — длина волны в см;  $T$  — абсолютная температура по Кельвину;  $C_1$  — первая постоянная формулы Планка;  $C_1 = 3,7415 \cdot 10^4$  Вт см<sup>-2</sup> мкм;  $C_2$  — вторая постоянная формулы Планка;  $C_2 = 1,4389 \cdot 10^4$  мкм;  $l$  — основание натуральных логарифмов;  $l = 2,71828...$

Это распределение энергии одинаково для всех абсолютно черных тел и выражается кривой, имеющей максимум.

Длина волны, которой соответствует максимум энергии излучения для абсолютно черных тел, определяется согласно закону Вина, который гласит, что этот максимум с увеличением температуры смещается в сторону коротковолновой части спектра

$$\lambda_{\max} = \frac{B}{T}, \quad (3)$$

где  $B$  — 2898 мкм град.

Для абсолютно черных тел с  $T = 300^\circ$  ( $27^\circ \text{C}$ ) положение спектрального максимума соответствует длине волны 9,66 мкм. Около 25% потока теплового излучения сосредоточено на участке длин волн меньше максимума; свыше 70% — на участке длин волн от 9,66 мкм до 19,32 мкм.

Итак, инфракрасное излучение пропорционально четвертой степени абсолютной температуры человеческого тела. Но от чего же зависит температура кожных покровов, как она меняется под влиянием различных условий окружающей среды и состояния самого организма? В чем специфика распределения кожной температуры?

Температура внутренней среды организма остается постоянной в чрезвычайно узких температурных границах и равна  $37^\circ \pm 1^\circ$  с определенным суточным ритмом.

Постоянство температуры «ядра тела» достигается за счет существования в организме теплового баланса, определяющегося следующим уравнением:

$$S = M - E - R - C - W, \quad (4)$$

где  $S$  — накопление телом тепла в единицу времени;  $M$  — теплопродукция метаболизма;  $R$  — радиационные теплопотери;  $E$  — испарение;  $C$  — конвективная теплоотдача;  $W$  — мощность механической работы. Поле тем-

ператур поверхности тела формируется благодаря двум группам влияний:

1. **Физические:** теплопроводность тканей через поверхность тела.

2. **Физиологические:** конвекция за счет кровотока в коже, теплопродукция за счет обменных процессов «ядра тела».

Что касается теплопотерь, то они могут быть определены по следующей формуле:

$$H = C + R + E, \quad (5)$$

где  $H$  — общая сумма теплопотерь;  $C$  — конвекционная теплоотдача;  $R$  — радиационные теплопотери;  $E$  — испарение.

Разберем более подробно обе группы факторов.

**Физиологические факторы, влияющие на формирование термографической картины.**

1. **Конвекция.** Величина конвекции определяется по формуле:

$$C = C_0 \sqrt{v}, \quad (6)$$

где  $C_0$  — величина теплопотерь при скорости воздуха 1 м/с;  $v$  — скорость воздуха. Конвективную теплоотдачу характеризует также число Грасгофа — параметр, связывающий скорость и массу потока воздуха с температурой кожи и окружения, кинематической вязкостью воздуха и высотой над уровнем пола. Если оно меньше  $2 \cdot 10^9$ , то поток воздуха ламинарен, если оно больше  $10^{10}$  — поток воздуха турбулентен. Конвекция минимальна при скорости воздуха 0,1 м/сек (естественная конвекция). При тепловизионных исследованиях рекомендуется стремиться именно к такой ее величине.

2. **Испарение.** Потери тепла путем испарения определяются по формуле:

$$E = E_{\max} W = 2,2 CW (P_k - P_{\text{окр}}), \quad (7)$$

где  $E_{\max}$  — максимально возможные потери тепла на испарение;  $W$  — степень увлажнения кожи;  $P_k$  — давление насыщенных паров при температуре кожи;  $P_{\text{окр}}$  — давление паров воды в окружающем воздухе.

3. **Излучение.** Энергия излучения пропорциональна излучательной способности кожи и четвертой степени ее абсолютной температуры. Теплопотери путем излучения характеризует следующее выражение:

$$R = R_0 (T_k - T_{\text{окр}})^4, \quad (8)$$

где  $R$  — теплопотери;  $R_0$  — коэффициент радиационных теплопотерь;  $T_k$  — температура кожи;  $T_{окр}$  — температура окружающей среды.

**Физические факторы, влияющие на формирование термографической картины.**

В человеческом организме вследствие экзотермических биохимических процессов в клетках и тканях, а также за счет высвобождения энергии, связанной с синтезом ДНК и РНК, вырабатывается большое количество тепла — 50—100 ккал/грамм. Это тепло распределяется внутри организма с помощью циркулирующей крови и лимфы. Кровообращение выравнивает температурные градиенты. Кровь благодаря высокой теплопроводности, не изменяющейся от характера движения, способна осуществлять интенсивный теплообмен между центральными и периферическими областями организма. Наиболее теплой является смешанная венозная кровь. Она мало охлаждается в легких и, распространяясь по большому кругу кровообращения, поддерживает оптимальную температуру тканей, органов и систем. Температура крови, проходящей по кожным сосудам, снижается на 2—3°. При патологии система кровообращения нарушается. Изменения возникают уже потому, что повышенный метаболизм, например, в очаге воспаления увеличивает перфузию крови и, следовательно, теплопроводность, что отражается на термограмме появлением очага гипертермии.

Температура кожи имеет свою вполне определенную топографию. Правда, у новорожденных, как показала И. А. Архангельская, термотопография кожи отсутствует. Самую низкую температуру (23—30°) имеют дистальные отделы конечностей, кончик носа, ушные раковины. Самая высокая температура — в подмышечной области, в промежности, области шеи, эпигастрия, губ, щек. Остальные участки имеют температуру 31—33,5° С. Суточные колебания температуры кожи составляют в среднем 0,3—0,1° С и зависят от физической и психической нагрузки, а также других факторов.

При прочих равных условиях минимальные изменения температуры кожи наблюдаются в области шеи и лба, максимальные — в дистальных отделах конечностей, что объясняется влиянием высших отделов нервной системы. У женщин часто кожная температура ниже, чем у мужчин. С возрастом эта температура снижается



и уменьшается ее изменчивость под воздействием температуры окружающей среды. При всяком изменении постоянства соотношения температуры внутренних областей тела включаются терморегуляторные процессы, которые устанавливают новый уровень равновесия температуры тела с окружающей средой. Об этом еще в 1876 году писал Клод Бернар. В дальнейшем его положения были подтверждены и углублены исследованиями на животных и человеке.

У здорового человека распределение температур симметрично относительно средней линии тела. Нарушение этой симметрии и служит основным критерием тепловизионной диагностики заболеваний. Количественным выражением термоасимметрии служит величина перепада температуры. Перечислим основные причины возникновения температурной асимметрии:

1. Врожденная сосудистая патология, включая сосудистые опухоли.

2. Вегетативные расстройства, приводящие к нарушению регуляции сосудистого тонуса.

3. Нарушения кровообращения в связи с травмой, тромбозом, эмболией, склерозом сосудов.

4. Венозный застой, ретроградный ток крови при недостаточности клапанов вен.

5. Воспалительные процессы, опухоли, вызывающие местное усиление обменных процессов.

6. Изменения теплопроводности тканей в связи с отеком, увеличением или уменьшением слоя подкожной жировой клетчатки.

Хотелось бы отметить две основные точки зрения на причины локальной гипертермии. Основоположник клинической термографии Р. Лоусон считал, что повышение температуры участка тела при злокачественных образованиях обусловлено повышением метаболизма малигнизированных клеток. В. Л. Таберн, Дж. Кирней, А. Доллоу, Ю. С. Вайль и Л. М. Варановский считают, что причиной гипертермии прежде всего является усиление кровотока.

Строго говоря, термоасимметрия сама по себе не является безусловным признаком патологии. Существует так называемая физиологическая термоасимметрия, которая отличается от патологической меньшей величиной перепада температуры для каждой отдельной части тела. Для груди, живота и спины величина перепада тем-

пературы не превышает  $1,0^{\circ}\text{C}$ ; для головы, верхних и нижних конечностей, особенно дистальных их частей, она в 10—15% случаев может быть больше  $1,0^{\circ}$ . Кроме того, различается и термографическая семиотика этих термоасимметрий.

Однако, говоря о различных вариациях температуры кожи в норме и патологии, нельзя забывать о том, что все эти процессы происходят в целостном организме и находятся под контролем нейрогуморальной регуляции. Терморегуляторные реакции в человеческом организме управляются гипоталамусом. Реакции, которые увеличивают теплопотери, регулируются передним гипоталамусом (они вызывают глубокое дыхание, потоотделение, расширение периферических сосудов). Реакции, направленные на образование и сохранение тепла (сужение сосудов и т. д.), обусловлены действием заднего гипоталамуса. Возникновение тех или иных реакций связано со стимуляцией двух групп рецепторов: периферических и центральных (расположенных в самом гипоталамусе и рядом с ним). От них импульсы идут по афферентным путям в гипоталамус, а оттуда по соматическим и автономным путям распространяются к исполнительным органам, осуществляя регуляцию потоотделения, сосудистого и мышечного тонуса. Имеются данные о связи определенных областей коры больших полушарий с некоторыми участками кожи.

Корковые воздействия могут при определенных условиях вызвать неадекватно-извращенные сосудистые реакции. Так, при тормозном состоянии высших отделов центральной нервной системы включаются терморегуляторные реакции, направленные против перегрева. Напротив, при возбужденном состоянии высших уровней центральной нервной системы инициируются реакции, вызывающие усиление теплообразовательных процессов.

Кроме центральных, существуют и местные механизмы терморегуляции. Кожа благодаря густой сети капилляров, находящихся под контролем вегетативной нервной системы и способных значительно расширить или полностью закрыть просвет сосудов, менять свой калибр в широких пределах, — прекрасный теплообменный орган и регулятор температуры тела.

Нервные связи между кожей и внутренними органами реализуются в виде висцеро-кожных рефлексов, протекающих по типу либо аксон-рефлексов, либо сегмен-

тарных, либо проекционных рефлексов. Импульсы из внутренних органов идут по афферентным путям в передние и боковые рога спинного мозга, а оттуда передаются на поверхность через эффекторные преганглионарные и постганглионарные симпатические волокна. Наиболее отчетливо эти связи проявляются при патологии, когда возникают стойко существующие кожные зоны с измененной чувствительностью, трофикой, нарушенными сосудистыми, секреторными и другими реакциями. Под влиянием различных факторов у человека в течение жизни (наряду с врожденными сегментарными висцеродермальными связями) формируется дополнительная система проекционных, кожно-висцеральных взаимоотношений с многообразными, в том числе сосудистыми и трофическими, эффектами. В результате кожа человека превращается в обширную зону, отражающую в той или иной степени процессы, совершающиеся во внутренних органах.

Температура кожи и подлежащих тканей может иметь мозаичный характер вследствие неоднородности температур внутренних органов или даже отдельных участков того или иного органа. Следует обратить внимание на высокие термозолирующие свойства кожного покрова, который благодаря разветвленной подкожной сосудистой сети, препятствует контактной передаче термических воздействий вглубь тела и в обратном направлении. Все эти общие и местные механизмы терморегуляции оказывают влияние на физические и физиологические факторы, обуславливающие в конечном счете особенности теплоизлучения кожи, а, следовательно, и характер тепловизионной картины.

Таким образом, термография — метод функциональной диагностики, основанная на регистрации инфракрасного излучения человеческого тела, пропорционального температуре. Распределение и интенсивность теплового излучения в норме определяются особенностью физиологических процессов, происходящих в организме, в частности как в поверхностных, так и в глубоких тканях и органах. Различные патологические состояния характеризуются термоасимметрией и наличием температурного градиента между зоной повышенного или пониженного излучения и симметричным участком тела, что отражается на термографической картине. Этот факт имеет немаловажное диагностическое и прогностическое

значение, о чем свидетельствуют многочисленные клинические исследования.

## **ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ТЕХНИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Успехи медицинской науки во многом зависят от качества используемой медицинской аппаратуры. Тепловизоры, применяемые сейчас в термографической диагностике, представляют собой сканирующие устройства, состоящие из систем зеркал, фокусирующих инфракрасное излучение от поверхности тела на чувствительный приемник (фотосопротивления из сурьмянистого индия, активированного германия, из германия с примесью цинка, золота и ртути). Такой приемник требует охлаждения (используется жидкий азот с температурой кипения  $77^{\circ}\text{K}$ , жидкий водород с температурой кипения  $20^{\circ}\text{K}$ , неон с температурой кипения  $27^{\circ}\text{K}$ ), которое обеспечивает высокую чувствительность. В приборе тепловое излучение последовательно преобразуется в электрический сигнал, усиливающийся и регистрирующийся как полутонное изображение.

В отечественном тепловизоре «Рубин» излучение от объекта, отразившись от сканирующего зеркала и пройдя оптическую систему, попадает в приемник. Модулятор периодически перекрывает путь потоку, идущему от объекта к приемнику. В моменты перекрытия в приемник попадает поток от эталонного излучателя. Таким образом, на выходе приемника возникает переменное напряжение, пропорциональное разности потоков, попадающих в прибор от объекта и от излучателя сравнения. При сканировании по объекту этот разностный поток будет изменяться в соответствии с изменением его яркости. Далее сигнал от приемника вместе с компенсирующим сигналом, вырабатываемым блоком формирования опорного напряжения, поступает на вход предусилителя. В результате сигнал на выходе предусилителя при средней яркости объекта должен быть равен нулю. Таким образом, средняя величина яркости тепловизионной картины подавляется, и наблюдатель видит изменение ее между отдельными участками поверхности тела, составляющими сотые и тысячные доли градуса.

Такая особенность устройства тепловизора связана с тем, что в области инфракрасного спектра, соответст-

вующей максимальной энергии излучения тела человека, совершенно отсутствует темный фон, а предметы, окружающие наблюдаемую поверхность, имеют близкую к ней температуру. Это приводит к ничтожной величине радиационного контраста. После дополнительного усиления сигнал поступает на синхронный детектор, а затем на низкочастотный фильтр. На выходе последнего возникает напряжение постоянного тока, по величине и знаку соответствующее отклонению температуры точек объекта от среднего уровня, по которому производится компенсация. Данное напряжение идет на усилитель постоянного тока и регистрируется затем на электрохимической бумаге.

В настоящее время применяются тепловизоры с оптико-механическим сканированием, в которых за счет пространственной развертки изображения осуществляется последовательное преобразование инфракрасного излучения в видимое. Е. Я. Каряжанский и В. П. Митин предложили новую двухконтактную схему оптико-механических модуляторов для тепловизоров. По этой схеме производится поочередное облучение двух приемников излучения с последующим сложением выходных сигналов. Предложенное усовершенствование обеспечивает более полное использование рабочего лучистого потока и позволяет удвоить частоту модуляций сигнала.

По мнению академика Н. Д. Девяткова, наиболее удачными являются быстродействующие тепловизоры, работающие в реальном масштабе времени. Примером такого устройства служит отечественный прибор ТВ-03, состоящий из тепловизионной камеры и видеоконтрольного устройства. Для осуществления строчной развертки в камере имеется восьмигранная вращающаяся призма из кремния. Изображение обычно фотографируется с экрана электронно-лучевой трубки. При тепловизоре существует специальная приставка, позволяющая определить температуру с точностью до  $0,4^{\circ}\text{C}$  и автоматически измеряющая величины любых площадей объекта, имеющих заданный температурный диапазон.

Среди иностранных тепловизоров наиболее известны АГА-680 (Швеция), «Инфра-Ай-103» (Япония), «Камера Бофора» (Швеция), «Камера Бернса» (США). П. Ньюмэн предложил способ усиления низкоконтрастных деталей за счет высококонтрастных (таких, как очертания тела больного), который заключается в том, что в обла-

сти частотного распределения каждый серый тон относится к более узкому ряду температурных значений, чем в действительности.

В частности, АГА-680 состоит из тепловизора, цветного монитора, адаптора термопрофиля и монитора (осциллографа) с запоминающим устройством, что позволяет получить не только изображение температуры на экране дисплея, но и посредством перемещения сканируемой линии на экране тепловизора графически воспроизвести температурный профиль со всеми особенностями, обусловленными физиологическими и патологическими процессами. Кроме профильного, на тепловизоре АГА-680 можно получить и рельефное изображение, которое одновременно показывает температурные уровни всей исследуемой области. К достоинствам тепловизора относятся также высокая разрешающая способность ( $0,2^{\circ}\text{C}$  при комнатной температуре), возможность измерения температуры в диапазоне до  $2000^{\circ}$  при температуре окружающей среды от  $-15$  до  $155^{\circ}\text{C}$ .

Общим недостатком существующих тепловизоров является необходимость их охлаждения до температуры жидкого азота, что обуславливает их ограниченное применение. В 1982 году советские ученые предложили новый тип инфракрасного радиометра. В его основе — пленочный термоэлемент, работающий при комнатной температуре и обладающий постоянной чувствительностью в широком диапазоне длин волн. Недостатком термоэлемента является низкая чувствительность и большая инерционность. С целью увеличения выходного сигнала и повышения чувствительности в радиометре используется термобатарея, состоящая из 70—80 соединенных последовательно и сжатых в плотный пакет термоэлементов. При этом резко уменьшаются потери за счет излучения и конвекции воздуха, что в конечном счете приводит к повышению чувствительности примерно на порядок. После оптимизации высоты батареи, которой прямо пропорциональна чувствительность прибора, точность измерения температуры достигла примерно  $0,1^{\circ}\text{C}$ . В настоящее время радиометр проходит клинические испытания.

Результат последних достижений приборостроения — аппарат «Телебатоскоп-3», который сочетает в себе возможности рентгеновского и тепловизионного приборов. На одном телеэкране можно выделить рентгеновское,

а также инфракрасное изображения отдельных участков тела человека. Каждое дополняет другое. При этом можно изучать различные сочетания всех трех изображений: совмещенные, частично вытесненные и отдельные. Регистрируются определенные для данного заболевания взаимосвязи между проявлениями нарушений функций организма. Их сравнительный анализ открывает новые диагностические возможности.

Особенного внимания заслуживают тепловизионные приборы, работающие в миллиметровых диапазонах длин волн. По сообщению П. Р. Кейкака, сконструировано и испытано два новых типа тепловизоров, чувствительных к миллиметровым электромагнитным волнам. Эти аппараты улавливают волны на три порядка длиннее, чем инфракрасные. Такие волны проникают на большую глубину по сравнению с теми, которые улавливают обычный инфракрасный тепловизор. Приборы могут различать колебания температуры до доли градуса в тканях, расположенных на несколько миллиметров внутрь от поверхности кожи. Обычный же тепловизор регистрирует излучение только с поверхности тела.

Радиотермографы, работающие в миллиметровом диапазоне длин волн, предназначены для обнаружения злокачественных образований молочных желез, щитовидной железы и некоторых областей головного мозга. Они незаменимы для обнаружения опухолей и воспалений неглубокого залегания, потому что позволяют обеспечить наиболее высокую разрешающую способность и усреднение температуры по наименьшему объему. Это особенно ценно для выявления опухолей в начальной стадии, когда различие их температуры с окружающей средой невелико.

Подводя итог обзору современной тепловизионной техники, хотелось бы указать на основные пути и перспективы её совершенствования. Это, во-первых, повышение уровня четкости и степени контрастности тепловизионных изображений, создание видеоконтрольных устройств, дающих увеличенное воспроизведение теплового изображения, а также дальнейшая автоматизация исследований и применение ЭВМ. Во-вторых, совершенствование методики тепловизионных исследований различных видов заболеваний. Тепловизор должен давать информацию о площади кожного участка с измененной температурой и координатах фиксированного теплового

поля. Предполагается создать аппараты, в которых можно произвольно менять увеличение изображения, фиксировать амплитудное распределение температуры по горизонтальной и вертикальной осям. Кроме того, необходимо сконструировать прибор, способный интенсифицировать развитие исследований механизма теплопередачи и корреляции наблюдаемых тепловых полей с источниками тепла внутри тела человека. Это позволит разработать унифицированные методики тепловизионной диагностики. В-третьих, следует продолжить поиск новых принципов работы тепловизоров, работающих в более длинноволновых областях спектра с целью регистрации максимума теплового излучения тела. В перспективе также возможно совершенствование аппаратуры для сверхчувствительного приема электромагнитных колебаний дециметровых, сантиметровых и миллиметровых диапазонов.

## МЕТОДИКИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Колебания температуры кожи зависят от ряда факторов. К ним относятся: сосудистые реакции, скорость кровотока, наличие локальных или общих источников тепла внутри тела, регуляция теплообмена одеждой, испарением. Кроме того, возможны погрешности в измерении температуры за счет воздействия излучающих предметов окружающей среды. Пока влияние всех этих факторов не исключено или не учитывается при окончательном определении результата измерения, до тех пор невозможно объективно судить о температуре человеческого тела после единичного измерения температуры. Г. Рудовский, учитывая этот момент, составил таблицу, позволяющую определить величины поправок к абсолютным значениям температур. По его расчетам, разница между истинной и кажущейся температурой чаще всего составляет 1—3° С.

Точность исследования возрастает, если снять с исследуемого одежду, а из помещения удалить объекты, более теплые или более холодные, чем воздух в комнате. Оптимальной для исследования считается температура воздуха 22° С.

Перед проведением тепловизионного исследования больной должен адаптироваться к температуре окру-



жающей среды. По мнению В. Ф. Сухарева и В. М. Курышевой, оптимальным и достаточным является 20-минутный период адаптации. Эти авторы выделили три типа адаптации у людей:

первый тип — устойчивый. Характеризуется высокой степенью адаптации. У людей, относящихся к этой группе, вначале отмечается небольшое падение температуры на  $0,3—0,5^{\circ}\text{C}$  при естественном охлаждении и быстрое восстановление температуры кожи до первоначального уровня;

второй тип — уравновешенный. Степень адаптации при этом несколько понижена и наблюдается замедленное восстановление температуры кожи;

третий тип — неустойчивый. В этом случае имеют место нарушения физической терморегуляции или функциональные расстройства сосудистой системы без клинических проявлений. Температура кожи несколько стабилизируется к 40—60-й минуте периода адаптации, оставаясь пониженной.

У больных с патологией сосудов отмечаются резкие нарушения адаптационных процессов.

Выбор расстояния от больного до экрана тепловизора зависит от технических возможностей прибора.

Оптимальное расстояние от тепловизора до объекта составляет 2—4 метра.

В литературе описывается несколько методов тепловизионных исследований. Ш. Ж. Губер выделяет два основных вида термографии:

1. Контактная холестерическая термография.

2. Телетермография.

Телетермография основана на преобразовании инфракрасного излучения тела человека в электрический сигнал, который визуализируется на экране тепловизора.

Контактная холестерическая термография опирается на оптические свойства холестерических жидких кристаллов, которые проявляются изменением окраски в радужные цвета при нанесении их на термоизлучающие поверхности. Наиболее холодным участкам соответствует красный цвет, наиболее горячим — синий. Нанесенные на кожу композиции жидких кристаллов, обладающие термочувствительностью в пределах  $0,001^{\circ}\text{C}$ , реагируют на тепловой поток путем перестройки молекулярной структуры. Падающий на кристаллы рассеянный дневной свет разделяется на две компоненты, у одной из которых

электрический вектор поворачивается по часовой стрелке, а у другой — против. В зависимости от типа вещества одна из компонент пропускается, а другая отражается. Именно это свойство и обуславливает характерную радужную окраску холестерического вещества, когда оно освещается белым светом. Та или иная многокрасочная цветовая картина зависит от рода вещества, температуры исследуемой поверхности, углов падения и отражения светового потока.

Для контактной аппликационной термографии нужен **черный экран**, красящее вещество которого (газовая сажка) поглощает инфракрасное излучение кожи и передает его жидкому кристаллу. Кроме того, черная подложка защищает кожу от воздействия кристалла и увеличивает цветовую контрастность термограммы. При сравнении черно-белого изображения на камере с холестерическим изображением при исследовании 100 пациентов с заболеваниями молочных желез отечественные исследователи во всех случаях получали похожие, если не идентичные данные. Однако, по их мнению, метод холестерической термографии предпочтительнее для скрининга группы больных с высоким риском развития опухоли молочной железы. Для уточнения диагноза рекомендуется применять динамическую телетермографию наряду с маммографией и цитопункцией.

По мнению Э. Г. Пихлака, Д. В. Шаргородской и Н. А. Рожиной, бесконтактное тепловидение (телетермография) дает более дифференцированную и подробную термографическую картину. Что касается жидкокристаллической термографии, то при использовании этого метода авторы получили завышенные значения абсолютной температуры. Однако, учитывая тот факт, что основным параметром для интерпретации изображения является температура, этот метод также находит успешное применение в диагностике заболеваний.

Существенным недостатком измерения теплового излучения в инфракрасном диапазоне является то, что оно может дать суждение лишь о реакции на поверхности тела. В. С. Троицкий в 1981 году предложил использовать принцип тепловидения в санти- и дециметровых диапазонах, что позволяет улавливать температурные колебания более глубоких участков тела. Для повышения чувствительности прибора используются специаль-

ные приемники излучения — радиометры с накоплением, которые применяются в радиоастрономии и радиотеплолокации. Эти приборы способны воспринимать излучение, интенсивность которого много меньше собственных шумов приемника.

После рассмотрения различных методов тепловидения встает вопрос о способах интерпретации термографического изображения. Существуют визуальный и количественный способы оценки тепловизионной картины.

Визуальная (качественная) оценка термографии позволяет определить расположение, размеры, форму и структуру очагов повышенного излучения, а также ориентировочно оценивать величину инфракрасной радиации. Однако при визуальной оценке невозможно точное измерение температуры. Кроме того, сам подъем кажущейся температуры в термографе оказывается зависимым от скорости развертки и величины поля. Затруднения для клинической оценки результатов термографии заключаются в том, что подъем температуры на небольшом по площади участке оказывается малозаметным. В результате небольшой по размерам патологический очаг может не обнаруживаться.

Более эффективной является количественная (радиометрическая) оценка, которая дает возможности измерить температуру и определить разность температур, осуществлять статистическую обработку полученного материала, а также использовать ЭВМ для анализа температуры в определенных областях и зонах исследуемого объекта. И. Д. Куртев (1980) предлагает для интерпретации тепловизионного изображения использовать систему, запоминающую это изображение и выдающую его на черно-белую или цветную аппаратуру (либо на ЭВМ).

Применение ЭВМ позволит вычислить также и такую величину, как коэффициент взаимной корреляции между симметричными участками изображения (для оценки степени термоасимметрии). Радиометрический подход весьма перспективен. Он предполагает использование самой современной техники и может найти применение для проведения массового профилактического обследования, получения количественной информации о патологических процессах в исследуемых участках, а также для оценки эффективности термографии.

## ТЕПЛОВИДЕНИЕ В КЛИНИКЕ

**Онкология.** Одним из факторов, влияющих на смертность от злокачественных новообразований, является их позднее обнаружение и как следствие этого невозможность своевременно оказывать эффективную медицинскую помощь. Поэтому столь важен поиск методов, которые бы способствовали улучшению ранней диагностики злокачественных новообразований.

В настоящее время тепловидение прочно завоевало себе место в онкологической клинике наряду с такими общепринятыми методами, как рентгенологическое исследование и радиоизотопное сканирование. Тепловидение облегчает решение многих задач, встающих перед клиницистом-онкологом. В первую очередь речь идет о дифференциальной диагностике между доброкачественными и злокачественными образованиями. Успешное решение этой задачи, в сущности, определяет дальнейшую судьбу больного, позволяет своевременно выбрать правильный метод лечения. Во-вторых, с помощью тепловидения можно определять степень распространенности опухолевого процесса, поражения тех или иных структур органа. В-третьих, данный метод дает возможность прогнозировать течение заболевания, определить так называемую степень злокачественности опухолевого роста, его быстроту.

Применение тепловидения способствует более раннему выявлению рецидивов и метастазов, а также оценке эффективности консервативных методов лечения (лучевого и лекарственного) злокачественных образований. Неоценимую помощь может оказать «динамическая термография» (термография с использованием различных функциональных проб, о которых речь пойдет дальше). И наконец, необходимо подчеркнуть огромное значение тепловидения как легко и быстро осуществляемого неинвазивного метода для проведения массовых профилактических осмотров населения с целью выявления новообразований.

Термография позволяет получать информацию о скорости метаболических процессов в тканях (и тем самым о скорости роста опухоли). С помощью термографии получают и некоторые физиологические данные. Однако эта важная в диагностическом отношении особенность метода является и причиной ошибок: значительное уско-

рение метаболизма в тканях или доброкачественная опухоль с быстрым ростом дают ложноположительные результаты. Напротив, рак с медленным ростом (обычно высокодифференцированный) может не получить термографического подтверждения даже при наличии клинических проявлений заболевания. Затруднения возникают и при выявлении опухолей малого размера.

М. М. Мирошников, В. Ф. Сухарев, А. С. Лазбекин, В. Н. Кузьмичев выделяют три группы опухолей:

1. Хорошо регистрируемые на термограммах. Это опухоли молочной железы, кожи, костей, мягких тканей, щитовидной железы, ЛОР-органов, лимфатической системы.

2. Новообразования, термографическая характеристика которых еще недостаточно изучена и не может служить основой для определенных заключений. Это опухоли почек, мочевого пузыря, шейки матки, забрюшинного пространства, печени, слюнных желез, центральной нервной системы.

3. Не проявляющиеся с достоверностью на термограммах. Имеются в виду неопластические процессы в легких, пищеводе, желудке, тонкой и толстой кишках, в теле матки, в яичниках.

Необходимо отметить, что возможность получения ложноположительных или ложноотрицательных результатов при термографии является серьезным ограничением применения тепловидения в онкологии. Однако недостатки есть у каждого диагностического метода. Хорошие результаты могут быть получены при комплексном использовании нескольких видов исследований (например, маммография, эхография, пункционная биопсия и тепловидение при патологии молочных желез).

Термография в клинической практике впервые была применена именно в диагностике опухолей груди. Ведь тепловидение помогает судить преимущественно об инфракрасном излучении поверхности тела. Кроме того, температура молочной железы ниже, чем температура грудной клетки, и определение ее границ не вызывает затруднений. Еще в 1969 году Драпером и Джонсом была предложена классификация вариантов температурных распределений, которая и по сей день используется многими исследователями. Согласно этой классификации возможны четыре типа нормальной термографической картины грудных желез:

1. Аvascularный, или холодный (термографическая картина представлена наличием на проекции молочных желез гомогенных округлых теней с неровными контурами в верхних и внутренних квадрантах).

2. Vascularный (на термограмме видны вены в виде четких светлых линий).

3. Пятнистый (на термографической картине преобладает не линейный, а пятнистый рисунок температурного распределения).

4. Сетчатый тип.

Первый тип встречается обычно у молодых нерожавших женщин, а остальные — у женщин, кормивших грудью, и в период климакса.

Но несмотря на различия между термограммами этих четырех типов, во всех случаях у здоровых женщин распределение температур по поверхности обеих молочных желез совершенно симметрично. Это является очень важным признаком, который позволяет отличить норму от патологии.

В настоящее время хорошо разработана термосемиотика злокачественных процессов груди.

К основным термографическим признакам патологии относятся очаговая гипертермия, асимметрия структуры изображения, гипертермия в области ареолы, а также деформация контура молочной железы.

А. Е. Борисовым в 1981 году предложен дополнительный диагностический признак — относительный температурный показатель (ОТП), который определяется путем сопоставления количественных температурных характеристик обеих желез и выражается в процентах. При этом температурную характеристику здоровой железы принимают за 100%. При доброкачественном процессе величина относительного температурного показателя в среднем равна 145%, при раке молочной железы I—II стадии — 189%, III стадии — 284%.

Разница температур в симметричных точках, превышающая  $1^{\circ}\text{C}$ , заставляет предположить рак молочной железы (при отсутствии острых гнойно-воспалительных заболеваний).

Информативность тепловизионного исследования зависит от особенностей морфологии опухоли, клиники и течения заболевания. Большое влияние на результат оказывают следующие факторы: размер опухоли (при размерах опухоли до 2 см диагноз «рак» ставится в 60%);

случаев онкологического заболевания, если они не превышают 5 см — в 75% случаев); темп роста (при медленном увеличении опухоли совпадение термографических заключений с диагнозом рака молочной железы составляет 82%, в случае умеренного роста — 88%, а при быстром — 100% случаев); гистологический тип опухоли (наименее четко выявляются высокодифференцированные злокачественные опухоли).

Особая ценность тепловидения заключается в том, что оно позволяет определить скорость опухолевого роста и тем самым прогнозировать течение процесса. Небольшой рак с яркой термографической характеристикой дает более неблагоприятный прогноз, чем крупная, но термографически «холодная» опухоль.

Для повышения качества тепловизионной диагностики используются функциональные медикаментозные, тепловые и холодовые пробы.

Применяя различные фармакологические препараты, можно вызвать искусственную гипертермию в области патологического очага (если ее нельзя обнаружить без нагрузки) или усилить имеющуюся. Это позволяет выявлять термоасимметрию на самых ранних стадиях болезни.

Для усиления термографического инфракрасного отсвета используют глюкозу. Это связано с тем, что любая злокачественная опухоль представляет собой своеобразную «ловушку глюкозы». Так как раковые клетки расходуют глюкозу во много раз быстрее, чем она поступает в опухоль, то они все время находятся в состоянии углеводного голодания. Если в подобной ситуации ввести в организм глюкозу, то она немедленно будет захвачена малигнизированными клетками и их энергетический баланс повысится, что проявится гипертермией на термограмме.

Методика глюкозной нагрузки заключается в следующем: после предварительной термографии внутривенно одномоментно вводится концентрированный раствор глюкозы. Затем в течение часа продолжается динамическое тепловизионное наблюдение за пациентом, причем термограммы снимаются обычно через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 минут.

Результаты функциональной нагрузки достаточно информативны. Так, при дисгормональных заболеваниях молочных желез и доброкачественных опухолях термо-

графическая картина обычно после углеводной нагрузки не меняется. Иногда уже имеющаяся, но незначительная термоасимметрия увеличивается на  $0,1—0,3^{\circ}\text{C}$ . В некоторых случаях ж 30—40-й минуте от начала исследования наблюдается максимум свечения с последующим снижением к концу первого часа. Оказывается, что из всех доброкачественных заболеваний наиболее заметно на углеводную нагрузку реагируют те мастопатии, которые имеют признаки пролиферации эпителия. Большой перепад температур после введения глюкозы дают сосочковые цистаденомы — образования, носящие доброкачественный характер. Поэтому их трудно бывает дифференцировать от рака.

При злокачественных опухолях углеводная нагрузка вызывает резкое увеличение термоасимметрии — на  $0,7—3^{\circ}\text{C}$ . При этом максимальная гипертермия наблюдается примерно на 40—50-й минуте исследования. Снижение ее происходит значительно медленнее, чем при доброкачественных процессах. Если уже имеются метастазы, то введение глюкозы вызывает увеличение свечения и в зоне этих метастазов. Пока неизвестно, влияет ли как-нибудь на результат этой пробы гистологический тип опухоли. Однако получены данные, что рак молочной железы с отсутствием признаков инвазивного роста отвечает на введение глюкозы лишь незначительным увеличением инфракрасной радиации. У здоровых людей подобных изменений температурного распределения после углеводной нагрузки не наблюдается.

Другой вид «динамической» термографии — температурные (холодовые и тепловые) пробы. Они используются в основном для исследования сосудистых реакций. При выполнении холодной пробы исследуемый участок тела больного погружают в воду (температура воды обычно равна  $4—6^{\circ}\text{C}$ ) на 1 минуту, после чего его высушивают салфеткой и помещают перед камерой тепловизора.

Аналогично производится и тепловая проба, только в этом случае прикладывают грелку с температурой воды около  $40^{\circ}\text{C}$ .

При оценке результатов учитывают следующее: характер исходной тепловизионной картины; продолжительность тепловой и холодной реакции; интенсивность этих реакций (слабая, средняя, выраженная); наличие



парадоксальных реакций (например, спазм сосудов в ответ на тепло).

После теплового воздействия у здоровых людей наблюдается сплошной светлый «теплый» фон, а после холодного — «почернение» термографического изображения. Обычно через 5—10 минут тепловизионная картина восстанавливается до исходной. При заболеваниях наблюдаются различные отклонения: удлинение или укорочение продолжительности реакции и периодов восстановления, усиления или ослабления этих реакций, а также появление парадоксальных реакций.

Термические пробы позволяют зачастую выявить термоасимметрию, а значит, и патологию там, где однократное термографирование не эффективно. По данным некоторых исследователей, динамическая термография увеличивает число достоверных диагнозов более чем на 50%.

Приведем перечень критериев злокачественности опухоли молочной железы.

Во-первых, гипертермия участка молочной железы, которая сочетается с парадоксальной реакцией на холодный раздражитель.

Во-вторых, выявляются участки гипертермии с повышенной температурой по сравнению с окружающим фоном более чем на  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Они характеризуются вначале активной реакцией на холод, которая в ходе последующего наблюдения сменяется парадоксальной или замедленной. Обычно такие образования соответствуют первой стадии рака молочной железы.

В-третьих, признаком рака является диффузное увеличение температуры в области всей молочной железы, не снижающейся после пробы с охлаждением. При этом «горячие» подключичные или надключичные ямки свидетельствуют о метастазировании в соответствующие лимфатические узлы.

В-четвертых, парадоксальная реакция на холод вообще указывает на наличие новообразования (особенно, если температура гипертермической зоны превышает температуру лба).

В-пятых, подозрительными на раковый процесс являются зоны гипертермии с перепадом температуры более  $0,5^{\circ}\text{C}$  с парадоксальной холодной пробой. Достоверность данного признака возрастает при условии повышения температуры подозреваемой зоны до температуры

лба, а также при наличии «горячих» путей оттока лимфы.

Термография может быть использована для диагностики и контроля за эффективностью лечения мастопатии, а также при изучении трофики молочной железы. Метод позволяет наблюдать за эволюцией дистрофий и динамикой изменений в ходе лечения препаратами прогестерона. При гипоестрогении, которая отмечается при подобных заболеваниях, инфракрасное излучение в области груди уменьшается, а под влиянием лечения прогестероном повышается до нормального уровня. Таким образом, тепловидение может оказать помощь в выявлении местных гормональных влияний. Это дает возможность определять колебания гормональной активности в период беременности и различных фаз менструального цикла.

Тепловидение — ценный метод для выявления новообразований мягких тканей. Достоверность термографических исследований составляет 76%. Имеются сообщения о применении метода при лимфогранулематозе и других видах злокачественных лимфом. Термография позволяет рано установить эффективность проводимого лечения и своевременно провести необходимую коррекцию терапии, а также определить начало рецидива или, наоборот, показать достижение ремиссии.

Весьма перспективно применение тепловидения для диагностики опухолей кожи (меланом, базалиом, малигнизированных невусов), что объясняется поверхностным расположением этих новообразований.

Неоспоримо значение тепловидения для скрининга лиц с подозрением на злокачественные новообразования. Здесь тепловидение с успехом применяется для диагностики рака шейки матки, забрюшинных опухолей, новообразований щитовидной железы и органов грудной клетки.

**Кардиология и ангиология.** Мнения медиков о роли тепловидения в диагностике сосудистой патологии еще 10—15 лет назад были весьма противоречивы. Одни авторы придавали этому методу большое значение, другие же отводили ему вспомогательную роль.

Сегодня никто не отрицает того факта, что тепловизионное исследование завоевало прочное место в комплексе функциональных и инструментальных методов обследования больных с поражениями сосудов.

Необходимо отметить, что термография нашла применение в основном в диагностике сосудистой патологии, относящейся к компетенции хирургической клиники. Значительно реже тепловидение используется в распознавании таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, нейроциркуляторная дистония, ишемическая болезнь сердца.

Тепловидение широко применяется в диагностике острых и хронических облитерирующих заболеваний артерий и вен, при хронической венозной недостаточности, варикозном расширении вен, артерио-венозных анастомозов, аневризм артерий конечностей и брюшной аорты, диабетических ангиопатий.

У здоровых людей тепловизионная картина нижних конечностей характеризуется симметричным распределением температуры, причем самыми «горячими» являются средняя треть голени и бедра. Несколько ниже температура над коленными, голеностопными суставами и пальцами стоп. Температурный градиент между пальцами стоп и средней третью бедер составляет в среднем  $2,2 \pm 0,1^\circ \text{C}$ .

При различных облитерирующих заболеваниях сосудов нижних конечностей термограмма резко изменяется. Первым признаком патологии является термоасимметрия, которая прежде всего возникает в дистальных отделах нижних конечностей. Кроме того, значительно возрастает разница температур между самыми «горячими» и самыми «холодными» участками конечностей.

С помощью тепловизионного исследования можно выявить наличие поверхностных варикозных вен. Методика их обнаружения основана на том факте, что при недостаточности клапанов перфорантных вен возникает обратный ток крови из глубоких вен в поверхностные. Так как температура в глубоких венах выше, то в результате происходит увеличение температуры кожных покровов, прилегающих к поверхностным венам.

Более показательны результаты в случае использования эфирной пробы. При ее проведении больной находится в горизонтальном положении и в течение 1 минуты держит ногу под углом  $30-45^\circ$ . На верхнюю треть бедра для сдавливания поверхностных вен накладывают жгут. Затем исследуемый принимает вертикальное положение. Для снижения инфракрасного излучения с помощью пульверизатора наносят на конечность эфир до

появления на экране темного («холодного») изображения. Далее больного просят сокращать икроножную мышцу и следят за появлением на термограмме гипертермических очагов и термоасимметрий, столь характерных для варикозного расширения вен.

В том случае, когда развивается острый тромбоз поверхностных вен, возникает локальное повышение температуры в проекции вены с вовлечением окружающих тканей.

При тромбозе глубоких вен на экране тепловизора также можно видеть область гипертермии, соответствующую распространенности процесса.

Тепловизионное исследование дает информацию и в случае острых окклюзионных поражений артерий. С его помощью можно установить уровень и сроки эмболии сосуда. Так, в ранние сроки эмболии периферических артерий уровни перехода «горячих» зон в «теплые» (или так называемые «зоны похолодания») находятся на 8—10 см дистальнее закупорки магистральных артерий. В поздние сроки «холодная» зона располагается в дистальном отделе конечности, «зона похолодания» — несколько выше, но всегда ниже, чем при ранней эмболии.

Метод весьма перспективен в дифференциальной диагностике некоторых заболеваний (например, облитерирующего энтертериита, облитерирующего атеросклероза, болезни Рейно).

Для облитерирующего энтертериита характерна резкая смена теплого температурного фона конечности холодным. Это так называемый симптом «ампутации», заключающийся в значительном «похолодании» дистальных отделов конечностей. На термограмме он обычно проявляется обрывом свечений.

При облитерирующем атеросклерозе, напротив, переход от «теплой» зоны к «холодной» постепенный и сопровождается всегда снижением температуры на бедре. В целом тепловизионную картину при этой патологии определяет характерный пятнистый рисунок. При болезни Рейно обычно наблюдается воронкообразное уменьшение теплового излучения по направлению к дистальным отделам голени.

В сочетании с нитроглицериновой пробой (оценка термограмм до и после введения нитроглицерина сублингвально) тепловидение позволяет дифференцировать органические сосудистые изменения от функциональных,

а также определять стадию компенсации периферического кровообращения.

Контроль за эффективностью консервативного и оперативного лечения перечисленных заболеваний — другой важный аспект использования метода. Термография может быть применена в качестве контролирующего теста при лечении облитерирующих заболеваний конечностей методом гипербарической оксигенации. Кроме того, термография является наиболее объективным методом для оценки терапевтического действия магнитного поля, так как она дает представление о состоянии периферического кровоснабжения и, в частности, состояния микроциркуляторных систем. К преимуществам тепловизионного исследования для оценки биологического эффекта электромагнитного поля относится также возможность визуального наблюдения за изменениями кровообращения.

Тепловидение применяется и для оценки действия сосудорасширяющих препаратов при консервативном лечении облитерирующих заболеваний конечностей, а также определения влияния оперативных вмешательств на кровообращение пораженной конечности. В последнем случае термография может быть использована для оценки степени восстановления кровообращения после шунтирования или протезирования пораженного сосуда. Очень важна роль метода в оценке кровотока после такой операции, как пластика глубокой артерии бедра (это связано с тем, что при поражении поверхностной бедренной артерии пульс на артериях стоп отсутствует и пальпаторно судить о восстановлении кровообращения в этом случае нельзя).

Есть также сообщение об использовании термографии в контроле за эффективностью лазерной терапии при нарушении артериального кровообращения конечностей.

Большое место в тепловизионной диагностике сосудистой патологии занимает исследование диабетических ангиопатий.

Сосудистые осложнения при сахарном диабете по праву заслуживают самого пристального внимания, ведь они являются основной причиной инвалидности и смертности пациентов, страдающих этим недугом.

Выделяют три формы диабетических ангиопатий: облитерирующий атеросклероз, диабетическая микроан-

гиопатия, сочетание атеросклероза артерий нижних конечностей с поражением мелких сосудов.

Сосудистые поражения нижних конечностей в основном диагностируются с момента появления клинических симптомов, чаще всего при сочетании поражения капилляров специфическим диабетическим процессом с атеросклерозом средних и крупных артериальных сосудов. Ранняя диагностика микроангиопатии этой локализации весьма затруднительна.

Метод термографии открывает новые возможности для решения этой задачи.

Впервые в СССР ранняя диагностика микроангиопатии с помощью тепловидения была осуществлена в клинике профессора А. А. Кедрова совместно с сотрудниками лаборатории тепловидения Государственного оптического института им. С. И. Вавилова.

Почти нормальная термографическая картина (единственное отличие — большая пятнистость) выявляется у больных сахарным диабетом при сопутствующем варикозном расширении вен, тромбофлебите или венозной недостаточности, при застое и большом круге кровообращения.

Возможности тепловидения в диагностике поражений сосудов возрастают при использовании различных функциональных термических и медикаментозных проб. По данным Е. Г. Волгина, при однократном термографическом исследовании изменение кровотока нижних конечностей выявилось у 22,2% больных сахарным диабетом. Термографическое исследование после водного охлаждения позволило диагностировать нарушение кровообращения в нижних конечностях еще у половины (52,8%) больных. Применение холодной пробы нередко помогает определить явную термоасимметрию нижних конечностей, которая при первоначальном исследовании не выявляется.

Метод тепловидения можно использовать и для оценки эффективности лекарственных препаратов, применяемых при нарушении периферического кровообращения, диабетическом полиневрите.

Весьма ценным для понимания возможностей и границ применения метода является сравнение данных термографии с результатами других функциональных и инструментальных исследований кровообращения. Оно выявляет ряд преимуществ тепловидения, наличие которых

позволяет заключить, что данное исследование имеет самостоятельное значение в диагностике сосудистой патологии и не может быть заменено ни одним другим методом. Тепловизионное исследование совершенно безвредно и при необходимости может быть легко повторено. Метод практически не имеет противопоказаний. Применение тепловидения избавляет больного от трудно переносимых контрастных методов диагностики.

Несомненное преимущество термографии перед другими способами исследования (в частности, электротермометрией) заключается также в ее высокой информативности, наглядности, быстроте обследования больных. Термография позволяет комплексно оценить состояние кровообращения нижних конечностей и выявить изменение периферического кровотока уже на самых ранних стадиях заболевания. С помощью тепловидения можно диагностировать окклюзионные заболевания сосудов и другие циркуляторные расстройства еще в доклинической стадии заболевания.

Другие методы (кожная термометрия симметричных участков конечностей, капилляроскопия, артериальная осциллография, реовазография, флебография) не дают достаточно полной картины поражения сосудов, особенно на ранних стадиях заболевания, не позволяют судить о степени ишемии тканей и поэтому не могут быть критерием определения жизнеспособности ткани. Термография, помимо этого, расширяет круг заболеваний, которые могут быть диагностированы с помощью функциональных и инструментальных методов исследования. Так, указанный метод позволяет судить о состоянии коллатерального кровообращения и варикозно расширенных венозных сосудов. Высока роль термографии в оценке восстановленного кровообращения после пластики устья глубокой артерии бедра. Ведь при поражении поверхностной бедренной артерии пульс на артериях стоп отсутствует. Важным достоинством тепловидения по сравнению с плетизмографией является возможность распознавания не только органических поражений, приводящих к изменению величины кровотока, но и функциональных изменений (стойких и преходящих). Метод позволяет изучать динамику развития патологического процесса во всех его фазах за счет отражения поверхностного кровообращения, легко подвергающегося функциональным изменениям.

В связи с этим В. В. Дроздов, В. И. Куимов и В. В. Попов в 1976 году писали, что будущее не за «статической», а за «динамической» термографией (термографией с медикаментозным или физическим воздействием на сосуды).

Очень интересными представляются достижения последних лет в дифференциальной диагностике таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, нейроциркуляторная дистония и ишемическая болезнь сердца.

Гипертонической болезни, например, свойственна выраженная реакция на температурный раздражитель и продолжительное восстановление температуры конечности во время холодовой пробы. Возможна и термоасимметрия (у 55% больных). Длительный сосудистый спазм после холодового воздействия связан с изменениями стенки сосудов, повышенным содержанием в ней ионов натрия и, возможно, увеличением концентрации ренина в крови.

При ишемической болезни сердца на термограммах часто (у 65% больных) отмечается исходная термоасимметрия, зона гипертермии в области проекции левой руки и ноги и симптом «ампутации» фаланг кистей (у 52% больных) и стоп (у 64% больных), а также замедленная холодовая реакция. Снижение температуры левой ноги обусловлено атеросклеротическими изменениями в сосудах нижних конечностей, а понижение температуры левой кисти — рефлекторными механизмами.

Итак, метод тепловидения значительно облегчает дифференциальную диагностику сердечно-сосудистых болезней и дает объективные сведения о состоянии вегетативной нервной системы. Но возможности термографии не ограничиваются распознаванием различных заболеваний, она позволяет в ряде случаев установить и этиологию патологического процесса.

В частности, тепловидение оказалось эффективным методом в дифференциальной диагностике реноваскулярной гипертонии. С его помощью обычно удается решить вопрос о том, что же является причиной гипертонии: сужение (окклюзия) почечной артерии, опухоль надпочечников или собственно гипертоническая болезнь. При сужении или окклюзии почечной артерии отмечается асимметрия температурной топографии области почек со снижением температуры на стороне поражения, при опухолевых процессах надпочечников наблюдается



гипертермия соответствующей области, связанная с усилением метаболизма перерожденных тканей, при гипертонической болезни никаких изменений в температурном распределении не обнаруживается.

Имеется сообщение о применении термографии в экспресс-диагностике острого инфаркта миокарда. М. М. Мирошников, В. И. Алипов, М. А. Гершанович приводят данные обследования 53 таких больных на 1—2—28-е сутки заболевания с помощью портативных быстросействующих тепловизоров «Янтарь» и АГА-750. Исследования позволили судить о степени нарушения циркуляции крови в магистральных (легочных и сонных артериях) и периферических сосудах («холодные» пальцы левой кисти и стопы). В ранние сроки острого первичного инфаркта миокарда в проекции сердца появляется зона гипотермии с перепадом температур, равным  $1,5—3^{\circ}\text{C}$  по сравнению с правой половиной грудной клетки. Правильное лечение ликвидировало указанные изменения.

Тепловизионный метод используется также для исследования микроциркуляторного русла, состояние которого отражает деятельность сердечно-сосудистой системы вообще. Термография в данном случае целесообразна для предварительного отбора пациентов с явными нарушениями периферического кровообращения для дальнейшего более детального обследования другими методами, к которым относятся капилляроскопия ногтевого ложа, конъюнктивальная биомикроскопия и др.

Тепловидение дает возможность увеличить достоверность диагноза заболевания, получить истинную картину распределения тепла на поверхности кожи, определить форму и площадь участков с нарушением кровообращения, наблюдать динамику интенсивности инфракрасного излучения во время функциональных и медикаментозных проб. С помощью метода можно судить о наличии воспалительных процессов в сосудистом русле и функциональных изменений кровообращения, осуществлять раннюю диагностику поражения сосудов. Все это делает тепловидение неотъемлемой частью комплексного обследования больного с патологией сердечно-сосудистой системы.

**Пульмонология.** Пожалуй, ни в какой другой области медицины нет таких противоречивых данных о результатах тепловизионного исследования, как в пульмонологии. Это и не удивительно. Ведь легкие защищены своеобраз-

ным барьером—грудной клеткой, которая не пропускает тепловую энергию, идущую от внутренних органов.

Т. П. Макаренко, Ю. Н. Богин, А. В. Упырев, А. В. Богданов отмечали, что термография по сравнению с другими методами исследования малоэффективна в диагностике заболеваний органов грудной клетки. Так, термографические данные указывали на патологию в 31% случаев, в то время как комплексные рентгеноклинические исследования говорили о наличии заболевания у всего контингента обследуемых. Кроме того, метод не дает возможности дифференцировать различные патологические процессы, вызывающие повышение температуры. С другой стороны, еще в 1964 году Брасфилд в 50—60% случаев получил положительные термографические результаты при исследовании больных, страдающих заболеваниями внутригрудных органов.

Обратимся к результатам термографических исследований последних лет. Увы, и по сей день в этой области применения тепловидения не удалось избавиться от противоречий. Сплошь и рядом имеются несовпадения результатов термографии с клиническими и рентгенологическими данными. Правда, в отношении диагностики рака легких выявлена определенная закономерность: при периферическом раке несовпадения тепловизионных и клинических данных наблюдаются значительно реже, чем при центральных его формах.

Но это еще не все. Пока трудно объяснить и такой противоречивый факт: при, казалось бы, сходных локализациях, распространенности и гистологической структуре опухолей в одних случаях наблюдается повышение температурной реакции, в других такого повышения нет или, наоборот, отмечается понижение температуры. Видимо, результат термографии в значительной степени зависит от многих условий: возраста больного, особенности кровоснабжения опухоли, наличия или отсутствия в ней распада, состояния окружающей опухоль легочной ткани (наличия или отсутствия эмфиземы), наличия жидкости в плевральной полости (раковый плеврит), рефлекторных влияний на сосуды кожи, подкожной клетчатки и др. Строгой зависимости данных термографии от гистологической структуры опухоли выявить пока не удалось. Однако, как правило, при такой высококодифференцированной опухоли, как аденокарцинома, термо-

графические данные отрицательны, в то время как в случае малодифференцированного рака легкого (и периферического и центрального) чаще отмечается совпадение термографических и клинических данных.

С помощью термографии в ряде случаев можно диагностировать не только раковые образования больших размеров, но и опухоли размером 1,5—2 см в диаметре, что чрезвычайно важно.

В настоящее время разрабатывается термосемиотика рака легкого и доброкачественных опухолей средостения. Последние отличаются более четкими очертаниями очага свечения и меньшим перепадом температуры (до 1,5° С вместо 2—3° С при злокачественных образованиях).

Что касается гнойных заболеваний легких (бронхоэктатическая болезнь, хронический абсцесс легкого, абсцедирующая пневмония), то повышение температурной реакции над зоной воспалительного очага регистрируется в 63—66% случаев.

Каждое из заболеваний легких имеет свои специфические признаки на термограммах. Для пневмоний, например, характерны гомогенность очага и «разогрев» проекции средостения, для эмфиземы легких — мелкоочаговая гипертермия, чередующаяся с зонами гипотермии.

У больных острой пневмонией в начальной стадии выявляется термоасимметрия теплового поля. У большинства больных она выражается в появлении зоны гипертермии, у других пациентов — гипотермии. У некоторых больных при наличии клинических и рентгенологических признаков заболевания изменения термографической картины не наблюдаются вовсе.

Нормализация термограмм происходит обычно в течение 10—30 дней после восстановления нормальной рентгенологической картины. У части больных в этот период еще сохраняются те или иные клинические проявления заболевания (хрипы, субфебрильная температура, ускоренное СОЭ).

Когда при наличии характерных клинико-лабораторных признаков пневмонии рентгенологические данные недостаточно четки, именно тепловизионное исследование позволяет поставить окончательный диагноз.

Надо отметить, что происхождение выявляемых иногда на термограммах гипотермий связано чаще всего с

наличием пневмосклероза. В этих случаях нормализация термографической картины происходит значительно медленнее, чем при гипертермии. При хронических неспецифических заболеваниях легко возникают изменения именно по типу гипотермии, которые, по-видимому, обусловлены преобладанием фиброзных интерстициальных изменений в легких.

Обобщая разнородные данные о возможностях и перспективах метода тепловидения в пульмонологии и учитывая некоторую их противоречивость, можно заключить, что данный метод может быть рекомендован как дополнительный в комплексе диагностических исследований легочной патологии.

**Гастроэнтерология.** Когда говорят о диагностической ценности метода инфракрасной термографии, то на передний план традиционно выступают онкологические заболевания, травматология и ангиология. Возможности тепловидения в гастроэнтерологии изучены значительно меньше. Это обусловлено вариабельностью термографической картины передней брюшной стенки у здоровых людей, что выражается в высокой степени физиологической термоасимметрии. Ткани брюшной стенки непрозрачны для инфракрасного излучения.

Как же получить информацию о состоянии внутренних органов? Ответ на этот вопрос дают известные из физики два пути передачи тепла: теплопроводность и конвекция.

При выраженном слое подкожной жировой клетчатки (2 см) вследствие ее теплоизолирующих свойств на первое место выступает конвекционный теплообмен кровью. В такой ситуации физиологическая термоасимметрия обусловлена неравномерным распределением подкожных артериальных сосудов.

При тонком слое подкожной жировой клетчатки (0,3—0,8 см) пятнистость термографической картины вызывается повышенным влиянием самых незначительных колебаний толщины подкожной жировой клетчатки на интенсивность теплопроводения.

Вариабельность термографической картины может возникнуть и вследствие особенностей анатомического расположения органов. Несмотря на перечисленные объективные трудности, тепловизионный метод еще в 70-х годах нашел применение в диагностике воспалительных и опухолевых поражений брюшной полости.

Достигнутые успехи позволили назвать острые воспалительные процессы брюшной полости в числе заболеваний, в диагностике которых наиболее высока ценность тепловизионного метода исследования. К сожалению, при опухолевых и особенно при хронических заболеваниях органов брюшной полости эффективность метода гораздо ниже.

**Болезни печени и желчевыводящих путей.** Наиболее убедительная термографическая картина складывается при остром или осложненном хроническом холецистите.

Убедительные данные получены при обследовании больных с помощью метода контактной аппликационной цветной жидкокристаллической термографии на кафедре госпитальной хирургии лечебного факультета Московского медицинского стоматологического института. Метод позволил судить о выраженности воспалительного процесса.

При хроническом холецистите, осложненном холангитом, обтурационной желтухой или вторичным панкреатитом, термографическая картина более убедительна (она характеризуется выраженной термоасимметрией). Положительные результаты в диагностике этой патологии, по данным разных исследователей, получены в 72—79%.

По наблюдениям О. А. Козлова (1976) благодаря использованию динамического тепловизионного исследования больных в послеоперационном периоде удавалось оценить особенности заживления раны и выявить появление осложнений раньше, чем при использовании других методов. Следовательно, в подобных случаях метод имеет большую диагностическую ценность и способствует определению правильной тактики лечения.

Особая ценность тепловизионного исследования при заболеваниях печени и желчевыводящих путей заключается, по-видимому, в том, что метод позволяет глубже оценить характер воспалительного процесса, локализацию и степень выраженности его у больных холециститами и хроническими гепатитами в фазу обострения.

Значительный интерес представляет уточнение возможностей термографии в диагностике циррозов печени. Результаты исследований настолько противоречивы, что уже эта разница говорит о необходимости дальнейших исследований.

Однако, судя по последним сообщениям (В. П. Мель-

никова, 1982; Л. И. Валенкевич, 1982), метод термографии открывает новые перспективы в этой области гепатологии. Он помогает диагностировать циррозы печени и портальную гипертензию.

Выявлено три типа термографических картин. Первый тип характерен для портального цирроза. В этом случае над проекцией внутрипеченочных сосудов и сосудов брюшной полости появляются участки гипертермий, имеющие форму стволovidных тяжей. При постнекротическом циррозе в проекции печени появляются мелкие очаги гипертермии, имеющие форму овала или виноградной кисти. При хроническом агрессивном гепатите с тенденцией перехода в цирроз над проекцией печени выявляется гомогенная с неровными контурами зона гипертермии.

Разница температур между патологическими очагами и симметричным участком передней брюшной стенки составляет около  $0,7-1,2^{\circ}\text{C}$ . При билиарном циррозе, связанном с застоем желчи, как правило, обнаруживается зона гипертермии по ходу проекции крупных внутрипеченочных желчных ходов.

Термография способствует раннему выявлению портальной гипертензии. При этом варикозно расширенные вены портокавальных анастомозов представлены зонами повышенного свечения. Замечено, что после кровотечения из варикозных узлов свечение снижается и вновь нарастает при повышении степени портальной гипертензии. При прогрессирующей портальной гипертензии в проекции печени и увеличенной селезенки определяют также стволovidные тяжи гипертермии. Зона гипотермии в области передней брюшной стенки и гипогастральной области свидетельствует об асците.

Метод тепловидения позволяет выявлять метастазы злокачественных опухолей в печени. Увеличение инфракрасного излучения зависит как от повышенного метаболизма в опухолевых узлах печени, так и от воспалительного процесса, вызванного застоем желчи в протоках.

**Болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.** В диагностике заболеваний желудка и двенадцатиперстной кишки метод тепловидения применяется значительно реже. Вероятно, значительную роль играет здесь тот факт, что достоверный диагноз с помощью тепловидения

может быть поставлен лишь при острых состояниях или в фазу обострения хронических заболеваний.

При остром гастрите и обострении язвенной болезни желудка или двенадцатиперстной кишки полное совпадение рентгенологических и тепловизионных данных отмечается в 90% случаев.

Термография в сочетании с другими методами обследования может быть использована для уточнения диагноза при органических поражениях желудка опухолевого и воспалительного генеза.

При опухолевых процессах наблюдается очаговая, а при воспалительных заболеваниях — диффузная гипертермия. Термографическая картина в случае опухолевого процесса стабильна, а при воспалительном процессе с наступлением ремиссии изменения уменьшаются или исчезают.

Термографию можно применять не только для диагностики, но и для контроля за эффективностью лечения заболеваний желудка и двенадцатиперстной кишки. Достоверные результаты наблюдаются приблизительно в 86—87% случаев.

Вообще необходимо отметить, что при интерпретации термографической картины нужно учитывать целый комплекс возможных изменений, связанных с состоянием секреторной функции желудка, наличием воспалительного процесса, повышением уровня метаболизма тканей (как это бывает при злокачественных новообразованиях) и т. д. Такой подход прямо вытекает из основ самого метода термографии, впервые сформулированных М. А. Собакиным, Ю. Н. Трапезниковым и М. М. Мирошниковым в 1963 году. Он заключается в том, что изменение картины температурного распределения на поверхности тела определяется нейрорефлекторными и сосудистыми реакциями организма.

**Болезни поджелудочной железы.** При остром панкреатите с изолированным поражением поджелудочной железы зона повышенного инфракрасного излучения располагается в эпигастральной области и левом подреберье. Положительные термографические результаты получены в 78,8% случаев. При первичном панкреатите положительные результаты наблюдаются чаще (82,5%), чем при рецидивирующей форме (75,2%). Таким образом, диагностическая ценность термографии при остром панкреатите довольно высока.

При хроническом панкреатите зона гипертермии имеет либо лентовидную форму, либо занимает все левое подреберье. Положительные термографические результаты наблюдаются в среднем в 45,3% случаев. То есть и здесь информативность тепловизионного метода исследования резко падает при переходе заболевания в хроническую форму.

**Заболевания толстой и тонкой кишок.** При хроническом энтероколите изменение на термографической картине выявляется лишь в фазу обострения. При спастическом колите наблюдается крупноочаговая зона гипертермии по ходу всей толстой кишки. Тонкокишечная непроходимость проявляется на термограмме в виде мелкоочаговых ярких зон гипертермии около проекции корня брызжейки.

Острый аппендицит также может быть диагностирован с помощью термографии. Достоверный результат получается приблизительно в 74% случаев.

Как видим, тепловидение сегодня заняло определенное место среди диагностических методов, используемых в гастроэнтерологии.

**Артрология.** Впервые тепловизионное исследование в диагностике костно-суставных поражений ревматической этиологии было применено Д. Ф. Рингом в 1967 году. Такая оценка ревматических поражений возможна благодаря сосудистому механизму воспаления. Кровь, притекающая в сосудистое русло в фазу гипертермии, обуславливает повышение температуры в зоне воспаления, что и отражается на термографической картине. Некоторые исследователи считают, что термография может быть использована самостоятельно и даже без применения рентгенологического исследования. Это мнение связано, по-видимому, со значительными преимуществами тепловидения перед другими методами (биохимическим, рентгенологическим): последние не позволяют достоверно диагностировать воспаление в его начальной стадии. Что же касается биохимических признаков воспаления, то они в первые месяцы болезни могут отсутствовать. Интересно, что французские ученые считают тепловидение единственным инструментальным методом, с помощью которого можно объективно выявить воспаление.

Термографическим признаком ревматоидного артрита является гипертермия суставов, которая достоверно указывает на наличие воспаления даже в случае отсутствия



клинических проявлений болезни. Зоны наиболее интенсивного излучения располагаются, как правило, в области крупных суставов конечностей (чаще коленных). Термографическая картина кистей обычно также оказывается измененной и характеризуется пестротой рисунка и наличием «горячих» пятен в области пораженных суставов.

Степень интенсивности этой гипертермии прямо пропорциональна стадии развития болезни. Совпадение клинических и термографических признаков ревматоидного артрита наблюдается в 50% случаев при отсутствии клинических проявлений в начале заболевания, в 25% случаев обнаруживается совпадение термографических и биохимических признаков.

Однако необходимо иметь в виду, что гипертермия в области суставов может быть связана с воспалением любой другой этиологии. Это могут быть, к примеру, инфекционно-аллергические полиартриты, подагра, различные гнойные суставные заболевания, травмы. В случае инфекционно-аллергического полиартрита гипертермия, как правило, невысока. При подагре термальный ответ значительно интенсивнее, а зоны повышенного инфракрасного излучения часто выходят за границы пораженного сустава. Очень высок температурный градиент при гнойных суставных процессах. В этом последнем случае метод наиболее точно позволяет определить локализацию и распространенность воспаления.

При травматических повреждениях суставов тепловидение дает возможность определить зону кровоизлияния, ее обширность, своевременно обнаружить осложнения воспалительного характера. Разумеется, не всегда легко провести дифференциальную диагностику между перечисленными заболеваниями. Однако все же существует критерий для распознавания этиологии артрита. В случаях ревматоидного артрита повышение температур над пораженными суставами, как правило, не превышает  $2^{\circ}\text{C}$ , а разница температур между воспаленными суставами —  $0,5^{\circ}\text{C}$ . В случае же артрита другой этиологии повышение температуры над суставами достигает до  $3,5\text{--}4^{\circ}\text{C}$ , а разница температур воспаленных суставов (в зависимости от степени поражения) достигает  $3^{\circ}\text{C}$ .

Существует также ряд заболеваний суставов, при которых патологический процесс характеризуется появлением очагов гипотермии на тепловизионной картине.

Сюда можно отнести анкилозирующий спондилит, различные деформирующие артрозы, склеродермии, изменения суставов при некоторых других заболеваниях.

В завершение следует подчеркнуть, что термография с успехом используется для оценки эффективности противовоспалительной терапии и определения оптимальной дозы лекарственных препаратов.

**Заболевания щитовидной железы.** Первые сообщения о тепловизионном исследовании щитовидной железы появились в зарубежной и отечественной литературе в конце 60-х — начале 70-х годов (Т. П. Макаренко и соавт., 1972; Ю. Н. Богин и соавт., 1972; В. В. Зарецкий и А. Г. Выховская, 1976; В. А. Михайлов и соавт., 1976; Н. Аартс, 1976; М. Уиллмэн, 1973). Однако это были лишь первые шаги в использовании нового метода в эндокринологии.

Лишь к концу 70-х годов постепенно определилось место тепловидения в диагностике патологии щитовидной железы. Этому способствовали фундаментальные исследования, в которых тепловидение применялось в комплексе с другими лабораторными методами. Работа велась в условиях специализированных клиник по методике, разработанной Т. П. Макаренко и Л. И. Камардиным.

При сопоставлении показателей кровотока и функциональной активности щитовидной железы с данными термографии при ее доброкачественных заболеваниях выявлена определенная корреляция.

При доброкачественных заболеваниях щитовидной железы выявлена взаимосвязь между показателями объемного кровотока, функциональной активности железы и данными термографии. У большинства больных узловатым нетоксическим зобом с солитарными и множественными узлами в зонах на термограммах отмечаются очаги гипотермии. Соответственно на сканограммах, получаемых радиоизотопным исследованием, выявляются «холодные» узлы. При диффузном токсическом зобе над щитовидной железой отмечается симметричное повышение температуры, причем площадь гипертермии больше размеров железы. На сканограммах это соответствует повышенному накоплению изотопа.

Метод инфракрасной термографии используется в качестве критерия оценки эффективности консерватив-

ного лечения тиреотоксикоза. В ответ на адекватную терапию через 3—4 недели наблюдается нормализация интенсивности инфракрасного излучения щитовидной железы. При тяжелом тиреотоксикозе нормализация наступает позже — через 8—9 недель. У больных тиреотоксической аденомой через 4 недели тиреостатической терапии сохраняются термографические признаки повышения функциональной активности автономного узла. Данный признак используется в качестве дифференциального критерия в диагностике тиреотоксической аденомы.

При аутоиммунном зобе наблюдается диффузная гипотермия щитовидной железы, а на сканограмме — неравномерное снижение накопления изотопа.

При раке щитовидной железы (несмотря на снижение объемного кровотока) имеет место гипертермическая реакция, что в сочетании с «холодными» зонами на сканограммах значительно облегчает постановку диагноза.

Тепловидение обеспечивает также раннюю диагностику и при рецидивах первичной опухоли щитовидной железы. Термография — высокоинформативный метод для дифференциальной диагностики различных заболеваний щитовидной железы, выявления ранних и поздних осложнений заболеваний, а также для оценки эффективности консервативной терапии тиреотоксикоза во время подготовки больных к операции.

**Урология.** В настоящее время применение тепловидения в диагностике урологических заболеваний весьма ограничено. Почки залегают довольно глубоко, и тепловые потоки, исходящие от них, встречают на своем пути труднопреодолимые преграды жирового слоя подкожной и забрюшинной клетчатки и массива мышечной ткани, что значительно снижает эффективность кондукционного варианта передачи тепла с поверхности тела. А в данном случае в формировании термографической картины большое значение имеет именно конвекционный способ теплопередачи.

Изменения на термограммах выявляются у большинства больных как при воспалительных заболеваниях почек (пиелонефритах), так и при злокачественных опухолях почечной паренхимы.

Интересно, что при поражении почки с одной стороны изменения на термограммах в ряде случаев обнаруживаются не только на стороне больной почки, но и на

симметричном противоположном участке, что, по-видимому, связано с наличием реноренального рефлекса.

При двустороннем хроническом пиелонефрите на стороне большего поражения на термограммах выявлялась обширная и интенсивная «горячая зона». Появление ее объясняется, по-видимому, повышенной теплопродукцией в очаге воспаления. Совпадение результатов с данными инфракрасной термографии позволило исследователям сделать вывод о целесообразности ее использования в диагностике пиелонефрита.

Тепловидение в комплексе с такими методами, как артерио- и венография, ультразвуковое сканирование и радиоизотопная ренография, находит применение в обследовании урологических больных с опухолями мочеполювых органов, аденомой предстательной железы, мочекаменной болезнью, острым пиелонефритом. При всех перечисленных заболеваниях на термограммах определяются зоны гипертермии. При опухолевых процессах их появление обусловлено повышенным метаболизмом перерожденных тканей, вызывающим увеличение теплопродукции и, следовательно, передачи тепла. В остальных случаях локальное повышение температуры связано с воспалением в мочеполювых органах, также приводящим к усилению теплоизлучения.

По термограммам можно судить и о распространенности патологического процесса (например, в случае развития цистоуретеропиелонефрита при аденоме предстательной железы). При мочекаменной болезни термография помогает выявить присоединившийся пиелонефрит. В этом случае зона повышенного свечения располагается не только сзади, в области проекции лоханок, чашечек или мочеточников, но и на передней брюшной стенке. Метод позволяет также диагностировать ~~одно-~~ двусторонний острый пиелонефрит.

Метод тепловидения может быть также применен для дифференциальной диагностики почечной колики. При таком недуге часто отсутствуют воспалительные явления и преобладают спазм гладкой мускулатуры и болевой синдром. Некоторое разнообразие термальных ответов, вероятно, зависит от вовлечения в рефлекторную дугу различных волокон перекрестной вегетативной иннервации верхних мочевых путей. При длительном (в течение нескольких суток) наблюдении за больными с почечной коликой выявляется тенденция к постепенной

нормализации термографической картины на стороне поражения. На «здоровой» стороне тепловое излучение повышено. Возможно это связано с активацией нервных окончаний из-за увеличения нагрузки на здоровую почку.

Большое значение термографии заключается и в том, что она позволяет уточнить локализацию конкремента, обуславливающего приступ почечной колики. При расположении его в нижней трети мочеточника зона повышенного излучения чаще возникает на латеральной поверхности передней брюшной стенки и имеет вид полосы, идущей от подреберья до подвздошной области.

Большой интерес представляет использование термографии для динамического наблюдения за состоянием пересаженной почки.

Трансплантация почек — одна из актуальнейших проблем в продлении жизни больных с хронической почечной недостаточностью. Как известно, первая успешная операция в СССР была выполнена в 1965 году академиком Б. В. Петровским. Сейчас в нашей стране действует 15 трансплантационных центров, в которых к настоящему времени проведено около двух тысяч пересадок почек. При таком большом объеме операций пока еще нет достаточно доступных объективных критериев для оценки состояния пересаженной почки.

Тепловизионное исследование может помочь решить эту задачу. Ведь термография, являясь одним из самых безвредных и наглядных методов, позволяет судить о функциональном состоянии органа. Для большей достоверности термография используется в комплексе с такими инструментальными исследованиями, как эхография и реография. Результаты оказались обнадеживающими: тепловидение позволяет в ранний период выявить больных с развитием криза отторжения. Это помогает своевременно начать проведение иммунодепрессантной терапии.

Таким образом, в клинике урологических болезней тепловизионное исследование в комплексе с другими инструментальными методами способствует правильному и точному диагнозу, позволяет учесть локализацию и распространенность патологического процесса, наблюдать динамику заболевания и выявлять скрытые осложнения. Термография — весьма перспективный метод и для решения проблем, связанных с пересадкой почки, потому

что позволяет своевременно определить ее состояние и предотвратить криз отторжения трансплантата.

**Нервные болезни.** Термография (наряду с ультразвуковой биолокацией) является одним из перспективных современных методов диагностики в клинике нервных болезней.

Подтверждением этому служит, в частности, тот факт, что нервная система является одним из важнейших регуляторов кровотока в человеческом организме. Локальные изменения кровотока играют основную роль в колебаниях температуры человеческого тела, выявляемых методом термографии.

Большинство работ, касающихся использования тепловидения в неврологической клинике, посвящено применению данного метода для диагностики окклюзионных поражений сонных артерий. Термография имеет ряд преимуществ над ангиографией, которая также используется в диагностике этого вида патологии. Метод термографии не травматичен, дает информацию не только об органических, но и функциональных нарушениях кровообращения.

В сочетании с другими методами исследования (офтальмодинамография, обследование глазного дна, эхоангиография) термография позволяет определить локализацию и степень сужения сонных артерий и их ветвей. Достоверность результатов тепловизионного исследования достаточно высока. Это могут проиллюстрировать следующие данные: с помощью тепловидения диагноз стеноза или окклюзии сонных артерий был в последующем подтвержден данными ангиографии или секционного исследования почти в 87% случаев.

Однако, интерпретируя термографическую картину у больных с данной патологией, необходимо иметь в виду, что при наличии в анамнезе ишемической болезни сердца температурная асимметрия в бассейне васкуляризации внутренней сонной артерии не обязательно свидетельствует о наличии окклюзии. Она может быть проявлением и синдрома кардиocereбральной недостаточности.

В литературе имеются также сведения о применении термографии в диагностике ишемического инсульта, характерным признаком которого является термоасимметрия с гипертермическими очагами, связанная с паралитическими вегетативно-сосудистыми нарушениями. Из-

менения терморегуляции и распределения температуры кожных покровов выявляются и при ряде заболеваний, связанных с патологией вегетативной нервной системы, невралгией тройничного нерва, пояснично-крестцовым радикулитом, опоясывающим лишаем и т. д. Надо иметь в виду, что тепловизионная картина отражает нарушения иннервации через связанные с ними изменения локального кровотока. Однако эта зависимость прослеживается не во всех случаях, что не позволяет считать термографические исследования надежным критерием в диагностике перечисленных болезней.

Есть также данные о применении тепловизионных исследований с целью ранней диагностики профессиональных заболеваний нервной системы. Результаты наблюдений позволили сделать вывод о том, что термография является ценным диагностическим тестом вегетативно-сосудистых нарушений и может быть использована для контроля за эффективностью лазерной терапии вегетативного полиневрита рук с антиоспастическим синдромом и вегетативной дисфункцией.

Имеются сообщения о применении тепловидения в качестве критерия адекватности терапии острого неврита лицевого нерва. При этом недуге на термографической картине наблюдаются зоны гипотермии, соответствующие областям иннервации пораженного нерва. После применения новокаиновой блокады гипотермия переходит в гипертермию. Затем термографический рисунок лица приближается к норме. Это — объективный критерий эффективности данного метода лечения.

Тепловидение в комплексе с клиническими, нейрофизиологическими и биохимическими исследованиями — весьма ценный метод при распознавании механизмов заболевания центральной нервной системы. Термография помогает определить состояние компенсаторных возможностей кровообращения и может быть использована в диагностике и контроле за эффективностью лечения заболеваний головного мозга (в частности, при шейном остеохондрозе).

Метод тепловидения нашел применение и в диагностике опухолевых заболеваний нервной системы. При опухолях головного мозга на термограммах головы отмечается четкая асимметрия с повышением температуры на стороне опухоли на  $1,5-2,0^{\circ}\text{C}$ . Зона свечения при этом гомогенна и имеет отчетливые границы. При более

глубоком расположении опухоли зона гипертермии является хуже. Что касается опухолей спинного мозга и позвоночника, то значительные трудности их диагностики и особенно дифференциальной диагностики обычно порождают необходимость применения таких специальных методов исследования, как пневмоизотопный и миелографический с контрастным веществом. Однако последние при отсутствии частичного или полного блока субарахноидального пространства спинного мозга малоинформативны. Поэтому становится понятным, сколь важно применение такого нового метода, как тепловидение. С помощью термографии возможна дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей. При злокачественной опухоли зона гипертермии обширнее и ярче (разница температур до 1,5—2,0° С), чем при доброкачественной. Кроме того, термография позволяет провести дифференциальную диагностику первичных и вторичных (обычно метастазы рака) опухолей позвоночника и, более того, различных по степени зрелости гистологических типов опухолей (сарком, ангиом, гемангиом позвоночника).

Тепловидение уже находит применение во многих областях неврологии. По-видимому, еще более широкие перспективы будут открываться перед термографией по мере разработки усовершенствованных методов тепловизионных исследований (в частности, контрастной и цветной термографии).

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДОВ ТЕПЛОВИДЕНИЯ, УЛЬТРАЗВУКОВОЙ БИОЛОКАЦИИ И РАДИОИЗОТОПНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

Впервые мысль о сочетании тепловидения, ультразвуковой биолокации и радиоизотопного сканирования возникла и была претворена в жизнь около 17 лет у нас в стране. Было показано, что параллельное использование термографии с эхографией и радиоизотопным сканированием углубляет представление о патологическом процессе. При таком комплексном исследовании значительно расширяется и сама тепловизионная характеристика патологий.

Как известно, радиоизотопное сканирование даст представление о форме, положении и изменениях в нем.



Сканирование позволяет обнаружить патологический очаг. Однако оно не дает возможности выявить его природу. Если на основании данных радиоизотопного сканирования прицельно исследовать очаг поражения с помощью эхографии, то последнее даст информацию об акустических свойствах обнаруженного образования, его внутренней структуре. На этом этапе исследования можно сделать заключение, например, о поражении органа опухолью или о наличии плотного образования, содержащего жидкость. Кроме того, известна характерная эхоэмиотика для доброкачественных и злокачественных опухолей, что значительно облегчает их дифференциальную диагностику.

Тепловидение может быть использовано для определения направленности эволюции патологических процессов. Что касается радиоизотопного сканирования, то поскольку (в отличие от эхографии и термографии) метод безопасен, оно не может быть применено для многократных исследований. К тому же из-за опасности высоких лучевых нагрузок на организм больного допустимая доза вводимых радиоизотопных препаратов весьма ограничена.

В результате динамическая сцинтиграфия может быть использована только для изучения относительно медленных процессов. Это связано с тем, что радиоизотопное исследование нельзя производить слишком часто. В такой ситуации невозможно будет проследить за развитием быстро прогрессирующего заболевания. Правда, в последнее время предложено использование короткоживущих радионуклидов с периодом полураспада, не превышающим нескольких часов.

Такое комплексное исследование может наиболее успешно разрешить диагностические задачи: выявить морфологический субстрат заболевания, определить функции органа, дать прогноз и выбрать тот или иной метод лечения.

## ЛИТЕРАТУРА

Всесоюзная научно-техническая конференция «Электрофизические проблемы создания диагностической и медицинской аппаратуры». Тезисы докладов. М., 1982.

Зарецкий В. В., Выховская А. Г. Клиническая термография. М., Медицина, 1976.

Макаренко Т. П., Болин Ю. Н., Упырев А. В., Богданов А. В. Радиоизотопное сканирование, ультразвуковая биолокация и тепловидение в клинике. М., Медицина, 1973.

Тезисы докладов на Всесоюзной конференции «Темп-79». Л., 1979.

Тепловидение (термография) в клинической практике. Сб. статей. Куйбышев, 1978.

Тепловидение в медицине. Л., 1981.

Тепловидение. Межвузовский сборник научных трудов. М., МИРЭА, вып. 1, 1976.

Труды Всероссийской научно-практической конференции по проблеме «Тепловидение в медицине». Л., 1976.

Чудачек Зденек. Термография. Прага, 1978.

### **ТЫСЯЧИ СНИМКОВ НА ОДНОЙ ПЛАСТИНЕ**

Непрерывное совершенствование техники и методики рентгенологических исследований привело к разработке нового метода — электрорентгенографии. Она позволяет производить рентгенограммы без пленки, покрытой специальной фотографической эмульсией. Вместо нее используется полупроводниковая пластина, заряженная электричеством из селена. Под действием рентгеновых лучей на указанной пластине образуется четкое изображение снимаемого объекта, которое затем при помощи несложной процедуры переносится на обычную бумагу. Для получения его надобно всего 20 секунд.

Электрорентгенографическое изображение по сравнению с традиционными снимками на пленке имеет ряд преимуществ. Повышение контрастности снимка позволяет в некоторых случаях снижать дозировку контрастных препаратов, применяемых, например, для ангиографии. Есть у данного метода и другие достоинства. Селеновые пластины не подвержены действию повышенной радиации. Это единственный из ныне известных фоточувствительных материалов, обладающих подобным свойством. Электрорентгенография дает к тому же большой экономический эффект. Одна селеновая пластина может быть использована до трех тысяч раз. Квадратный метр пластины заменяет три тысячи квадратных метров обычной рентгеновской пленки. Это позволяет сохранить сотни килограммов пищевой желатины, десятки килограммов дефицитного серебра...

При работе с электрорентгенографической аппаратурой уже нет необходимости в фотолаборатории и затемнении (обработка селеновых пластин производится на свету).

Наша наука может гордиться тем, что приоритет и разработка метода, о котором идет речь, создание соответствующей аппаратуры принадлежат советским уче-

ным, использовавшим идею русского изобретателя Е. Е. Горина, запатентованную еще в 1916 году, а также достижения современной полупроводниковой техники.

## НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ

В своем подавляющем большинстве больные, страдающие гипертонией, ведут привычный активный образ жизни. Время от времени они посещают поликлинику, где им производится измерение артериального давления и даются соответствующие врачебные рекомендации. Но как сделать, чтобы контроль на величине давления носил бы не случайный характер, не зависел бы от аккуратности или беспечности пациента?

Для этой цели создан миниатюрный прибор. Он может находиться постоянно при больном. Пациент носит на руке манжет аппарата, к которому подключен магнитофон. Находящийся под манжетом микрофон выполняет функции стетоскопа.

Предположим, у человека неприятности, он переволновался. Как повлияла эмоциональная перегрузка на его здоровье? Для того чтобы узнать это, пациенту достаточно вынуть из кармана шланг с баллончиком, прикрепить его к манжете и затем сжимать баллончик до тех пор, пока на миниатюрном приборе не загорится контрольная лампочка, отмечающая систолическое (максимальное) давление. Затем пациент отпускает баллончик и ждет, пока лампочка не загорится опять (она фиксирует диастолическое (минимальное) давление). Магнитофон, контролирующий давление в баллончике, автоматически записывает и калибрует результаты измерений, регистрирует звучание артерий и количество ударов сердца на ленточной кассете. Две пластмассовые коробочки с электронными компонентами и миниатюрным микрофоном можно скрыть под одеждой. Просмотрев его, врач получает представление о том, как меняется кровяное давление у пациента в различных ситуациях, в любые промежутки времени в течение дня.

## ЛЕЧАТ МИКРОВОЛНЫ

В клиниках широко используются такие методы, как микроволновая терапия, импульсная УВЧ-терапия, воз-

**действие высокочастотным магнитным полем.** Разработана аппаратура для лечебного применения микроволн 12-сантиметрового диапазона.

Советскими и зарубежными учеными проводятся экспериментальные и клинические исследования действия указанных видов энергии на организм. Изучалась закономерность поглощения и отражения излучения живыми тканями, глубина проникновения микроволн, действие их на кровоток.

Установлено, что после действия микроволн кровотока в периферических тканях в среднем увеличивается в 2 раза. Максимальная скорость его достигалась через 10 минут после окончания физиотерапевтической процедуры, которая длится 20 минут. Исследования позволяют утверждать, что микроволны определенной величины (например, дециметровые волны и др.) значительно повышают местный кровоток и тем самым оказывают выраженное лечебное воздействие на организм.

## **ПРЕГРАДА БЛУЖДАЮЩИМ ТРОМБАМ**

Опасность тромбов состоит не только в том, что они закупоривают вены, вызывая их воспаления. Нередко частицы, оторвавшиеся от тромбов (так называемые эмболы), могут быть занесены током крови в сердце, а оттуда в легкие, где они закупоривают артерии. Это особенно опасно для пациентов, страдающих сердечной недостаточностью, и для оперируемых больных.

Для борьбы с эмболами американский хирург Мобин-Аддин предложил прибор, который получил название «зонтик полой вены». Диаметр его 2,5 см. Зонтик имеет спицы из нержавеющей стали. Прибор вкладывается в стальную капсулу и с помощью длинного пластмассового катетера вводится под местным наркозом в правую яремную вену. Катетер заталкивает капсулу в полую вену ниже почек. Затем зонтик высвобождается из капсулы, которая вместе с катетером выводится из сосуда. Раскрытый зонтик, оставшись в вене, выполняет роль фильтра. Пористая поверхность прибора пропускает кровь, но задерживает эмболы. В течение некоторого времени зонтик преграждает путь эмболам, и в конце концов вена в этом месте оказывается полностью закупоренной. Тогда кровь из нижних конечностей начинает идти в обход по более мелким сосудам.

Частицы тромба, которые могут пройти по таким венам, слишком малы, чтобы представлять опасность для пациента. Таким образом снимается угроза, которую несет эмбол для жизни больного.

## **ОБЪЕКТ ОСОБОГО ВНИМАНИЯ — КРОВЬ**

Для того чтобы определить содержание углекислого газа — этого важного регулятора дыхания, — в крови обычно производится лабораторный анализ. У пациента берется кровь и отправляется в лабораторию. Этот способ довольно длительный. Сегодня разработан весьма несложный датчик одноразового пользования. Он сообщает о количестве углекислоты в крови во время операции. Это чрезвычайно важно, например, анестезиологам, которые при проведении сложного оперативного вмешательства нуждаются в экспресс-анализах.

Аппарат состоит из маленького изолированного электрода, помещенного внутри крупного электрода, покрытого специальной мембраной. Укрепление датчика в теле пациента — дело несложное. Обычная инъекционная игла вставляется в пластмассовую гильзу и вводится в артерию выше запястья. Затем эта игла извлекается, а ее место в гильзе занимает датчик. Мембрана задерживает кровь, но пропускает только углекислый газ, вызывающий слабые электрические импульсы в меньшем внутреннем электроде. Сила их полностью зависит от количества газа. Импульсы усиливаются с помощью электроники, а затем переводятся в цифровые данные, которые показывают датчик. Указанный процесс занимает всего несколько минут.

Большое значение для жизнедеятельности организма имеет и степень насыщения крови кислородом. Современные способы оксиметрии позволяют регистрировать степень содержания кислорода в крови непосредственно в полостях сердца. Для этого внутрь катетера помещают два пучка переплетенных между собой стеклянных светопроводящих волокон. Через один пучок пропускают попеременно световые лучи длиной волны 805 и 600 миллимикрон. Эти лучи, частично отражаемые кровью, возвращаются через второй пучок волокон и падают на фотоэлемент оксиметра. Изменение степени насыщения крови кислородом может быть определено на расстоянии в несколько миллиметров от кончика катетера.

В некоторых случаях случается так, что хотя кислорода в крови достаточно, мышца сердца не может применять его для своей деятельности. Это происходит при тромбозах сосудов, а также вследствие изменения обмена веществ в мышце сердца. Сегодня создан миниатюрный электрод, который вживляют в мышцу активно движущегося животного — «биологической модели» инфаркта миокарда. Такой метод позволил уточнить некоторые особенности возникновения грозного заболевания.

Разумеется, вживлять датчик в сердце человека только для того, чтобы измерить содержимое кислорода в тканях, никто не станет. Вот почему предложен косвенный метод автоматической диагностики «кислородного голодания» мышцы сердца. Аппарат состоит из устройства, которое выделяет из многих компонентов электрокардиограммы, полученной у больного, только один признак (в ЭЭГ имеется определенный интервал, который указывает на ишемию миокарда).

Основной фактор возникновения возбуждения мышцы и получения ЭЭГ — циркуляция в клетках ионов калия и натрия. Изучение их движения теперь тоже осуществляется специальными датчиками. Их вводят в мышцу работающего сердца. Этот показатель очень важен для понимания особенностей работы важнейшего органа.

## **ПЛЮСЫ И МИНУСЫ «ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛА»**

Образование тромбов — чрезвычайно сложный, еще не до конца выясненный процесс. Ученые пытаются разобраться в природе механизма, который, с одной стороны, способствует сохранению крови в жидком состоянии, а с другой — приводит к образованию тромба. Кровь может оставаться стабильной только при равновесии веществ, способствующих ее свертыванию и предупреждающих этот процесс.

До недавнего времени был слабо изучен вопрос о пусковом механизме «созревания» тромбов. Теперь доказано, что кровотоку в норме способствует тот факт, что стенки сосуда и поверхность элементов крови имеют отрицательный электрический заряд. Величина его очень незначительна — несколько десятков милливольт. Однако этого вполне достаточно, чтобы эритроциты и стенки сосуда взаимно отталкивались друг от друга, не склеи-

вались. Если же потенциал изменит полярность (скажем, стенки сосуда окажутся заряженными положительно), начинается процесс образования тромба. Такое изменение «дзета-потенциала» — разности электрического заряда стенки и эритроцитов — является одним из пусковых механизмов тромбоза и всех связанных с ним поражений сердца и сосудов.

Сегодня ведутся активные работы по улучшению методик измерения величины «дзета-потенциала» с помощью специальных электродов, прикрепляемых на наружной и внутренней стенке сосудов. Одновременно исследуется вязкость крови — ее способность к образованию тромбов. Установлена такая зависимость: чем ниже значение электрического потенциала, тем больше в сосуде скорость свертывания крови. Опыты пока проводятся на животных. Но уже очевидна перспективность данной методики для предупреждения многих заболеваний человека. Если врач получил сигнал о том, что «дзета-потенциал» понижается, он уже будет настороже и предпримет необходимые меры для того, чтобы устранить грозящую пациенту опасность.

## **НЕВИДИМОЕ СТАЛО ВИДИМЫМ**

В клиниках используются многочисленные методы, позволяющие уточнить состояние сердца и кровеносных сосудов. В комплексе диагностических методов одно из ведущих мест занимает контрастное рентгенологическое исследование. Особенно широко используются контрастные исследования артерий (артериография) и вен (флебография). При поражениях сосудов — аневризмах, стенозах, обтурациях и др. — контрастный метод (ангиография) занимает ведущую роль.

Методики ангиографии, аппараты и оборудования для ее использования, контрастные препараты непрерывно улучшаются и совершенствуются. Разрабатываются новые подходы для контрастирования тех сосудов, которые прежде были недоступны таким исследованиям. В некоторых случаях проведение ангиографии используется для введения лекарственных веществ непосредственно в нужный участок кровеносной системы.

Все шире применяется методика контрастирования лимфатической системы. На снимках можно получать четкое изображение лимфатических сосудов и узлов. Ес-



ли учесть, что эти узлы реагируют на большинство патологических процессов в организме, станет понятным, что получение их изображения, выявление формы, размеров, структуры имеет особое значение. На рентгенограммах можно запечатлеть лимфатические пути на всем их протяжении, например, со стопы до грудной клетки.

Прямая лимфография используется для уточнения диагностики системных поражений (лимфогранулематоза, ретикулеза). Она оказывается чрезвычайно эффективной при обнаружении метастазов опухолей молочной железы, прямой кишки, матки. Данные, полученные с помощью указанного метода, позволяют более целенаправленно проводить лучевую терапию опухолей, контролировать ее эффективность. Техника пункции лимфатических желез, проводимая при лимфографии, используется не только для контрастных веществ, но также и для инъекции лекарств, которые поступают непосредственно в лимфосистему.

Методика и техника лимфографии непрестанно совершенствуются: создаются более современные приборы для введения контрастных препаратов, синтезируются новые препараты, обладающие оптимальными свойствами для контрастирования лимфатической системы.

## **ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС**

Многие поколения врачей искали способы проникнуть взглядом сквозь кожу и мышцы, в гущу жизненных процессов. Однако даже величайшее открытие — икс-лучей Рентгеном — не принесло оптимальных результатов. Дело в том, что рентгеновские снимки не дают ощущения глубины, а мягкие ткани тела выглядят как неопределенные серые тени.

Совсем недавно учеными сделано новое значительное открытие — ядерный магнитный резонанс. Сейчас новая техника испытывается в нескольких ведущих центрах у нас в стране и за рубежом. Это открытие ведущие ученые единодушно приравнивают к открытию рентген-лучей.

Ядерный магнитный резонанс дает такую отчетливую картину работы организма, о которой раньше и мечтать было нельзя. В отличие от компьютерной аксиальной томографии и других форм рентгеновского просвечивания ядерный магнитный резонанс позволяет ясно видеть

сквозь самые толстые кости. Он позволяет, например, без болезненного введения контрастного вещества обнаруживать скрытые глубоко под черепом результаты инсульта или мельчайшие повреждения спинного мозга, помогает различать ткани серого и белого вещества спинного мозга. Возможности, открываемые ядерным магнитным резонансом, не ограничиваются анатомической топографией. Врачи с его помощью могут видеть процессы, происходящие во внутренних органах: движение крови в артериях, уменьшение артрита воспаления в коленном суставе после введения стероидов, реакцию злокачественной опухоли на лечение.

Применение ядерного магнитного резонанса отличается еще и тем, что оно не сопровождается ионизирующей радиацией, свойственной рентгеновым лучам. Применяемое в значительных дозах рентгеновское облучение особенно опасно для организма детей и беременных женщин. В отличие от него ядерный магнитный резонанс, по-видимому, безвреден.

В ядерном магнитном резонансе информация о молекулах в живом организме добывается не с помощью радиации, а с помощью сил магнитного поля, от 3000 до 25 000 раз более интенсивного, чем магнитное поле Земли.

Сердцем прибора, работающего на ядерном магнитном резонансе, является гигантский магнит в форме бублика, настолько большой, что внутри него может поместиться человек, и настолько мощный, что на расстоянии трех метров от него останавливаются часы. Такое интенсивное магнитное поле оказывает сильное воздействие на определенные атомы в человеческом теле. Ядра водорода, фосфора и других химических элементов с нечетным числом протонов или нейтронов сами представляют собой крошечные магниты. Для получения изображения магнитно-резонансное устройство излучает высокочастотный импульс, образующий дополнительное магнитное поле под прямым углом к магнитному полю элементов.

Хотя метод ядерного магнитного резонанса находится еще в начальной стадии развития, его применение уже сейчас дает беспрецедентные результаты. Он «замечает» в мозгу злокачественную опухоль, не замеченную аксиальной томографией, со стопроцентной точностью диагностирует поражения, вызванные рассеянным склерозом, тогда как точность диагноза компьютерной томо-

графией бывает в пределах от 5 до 35%. Врачи, проводящие исследования и клинические испытания нового метода, хорошо отзываются о его способности давать сведения о крови и кровеносных сосудах.

Говоря о широких возможностях нового метода, следует подчеркнуть, что он не заменит все существующие методы. По-видимому, он будет иметь меньшее значение в исследовании брюшной полости и таза, поскольку существующая аппаратура (включая ультразвуковую) дает очень хорошие результаты. Очертания костей выходят более четко на обычных рентгеновских снимках. И неизвестно, сможет ли безлучевая техника надежно диагностировать рак молочной железы (существующая аппаратура пока это делать не может). Применяемое в магнитном ядерном резонансе магнитное поле может оказаться опасным для пациентов с сердечными стимуляторами, искусственными суставами, сосудами и прочими имплантированными элементами, содержащими металл.

И все же, несмотря на перечисленные недостатки, можно смело утверждать, что за «магнитом в белом халате» большое будущее.

## ЛАЗЕРЫ В МЕДИЦИНЕ

Заметный прогресс лазерной хирургии в СССР стал возможен благодаря созданию целого поколения различных лазерных установок, из которых наибольшее распространение получили «Скальпель-I», «Скальпель-II» и «Ромашка».

По мере создания оригинальных и более совершенных установок сфера их применения неуклонно расширяется.

Как известно, операции на пищеводе, желудке и кишечнике сопровождаются большой кровопотерей из-за обильной васкуляризации. СО<sub>2</sub>-лазер позволяет заметно уменьшить потерю крови за счет коагуляции сосудов в зоне разреза и выполнить резекцию и анастомоз полых органов в условиях «сухого поля», что упрощает операцию, сокращает ее продолжительность. Эта методика привела к уменьшению послеоперационных осложнений и летальности.

Особенно эффективно применение лазера в сочетании со специальными инструментами и сшивающими аппаратами, с помощью которых достигается строго дозирован-

ния компрессия стенки органа для прекращения кровотечения по линии разреза. Благодаря этому обеспечиваются почти полный гемостаз, ускорение операций, уменьшение рубцового термического повреждения и защита окружающих тканей. На основе этих принципов были созданы комплекты лазерных инструментов, которые защищены авторскими свидетельствами в нашей стране и запатентованы в ряде зарубежных государств.

Аналогичные результаты получены в онкологии, легочной хирургии, урологии, гинекологии и проктологии. Сейчас идет подготовка к серийному выпуску этих аппаратов.

Накоплен немалый клинический опыт, и доказана перспективность лазерной техники при операциях на внепеченочных желчных путях. Не менее обнадеживающие результаты получены при клиновидной и атипичной резекции печени, поджелудочной железы, селезенки, а также при различных формах коагулопатий.

С успехом применяются лучи лазера на алюмоиттриевом гранате с неодимом (АИГ: Nd), аргоне, парах меди и других для остановки гастродуоденальных кровотечений, удаления полипов, реканализации неоперабельных раков пищевода, левой половины ободочной и прямой кишок, испарения опухолей трахеи и бронхов. В таких случаях лазерный луч подводят к патологическому очагу с помощью гибкого световода, введенного в эндоскоп.

По этой методике гелийнеоновый лазер используют для консервативного лечения острых и хронических язв желудка и двенадцатиперстной кишки, ликвидации послеоперационного анастомозита.

На бактерицидном действии  $\text{CO}_2$ -лазера основано его применение в гнойной хирургии для лечения маститов, абсцессов, карбункулов, трофических язв, гнойных ран, остеомиелитов, эпителиальных копчиковых ходов и других болезней. Разработано несколько различных методик, в основе которых лежит санация гнойного очага (лазерная некрэктомия) с последующим наложением первичного шва. Раны больших размеров после обработки лазерным лучом замещают кожным аутооттрансплантатом. В некоторых случаях рану оставляют открытой и проводят сеансы лазерной стерилизации.

В гинекологии  $\text{CO}_2$ -лазеры эффективно применяются для лечения предраковых заболеваний влагалища и шейки матки, эндометриоза, при пластических операциях на

маточных трубах у страдающих бесплодием, для удаления различных опухолей яичников, матки и при других нарушениях.

СО<sub>2</sub>-лазер эффективен в пластической хирургии и косметологии (удаление кожных опухолей, татуировок; пластика молочной железы, дефектов лица и головы). При пигментных невусах (пятнах) предпочтение отдается аргоновому лазеру: этот луч избирательно поглощается тканями, окрашенными в сине-красный и фиолетово-красный цвета.

После разреза СО<sub>2</sub>-лазером отек и воспаление тканей невелики. Это послужило поводом для его использования в урологии при операциях на мочеточнике, мочевом пузыре, предстательной железе и уретре.

Отоларингологи охотно используют СО<sub>2</sub>- и АИГ:Nd-лазеры в сочетании с операционным микроскопом для удаления полипов и сосудистых опухолей носа, устранения «атрезии хоан», испарения новообразований глотки, трахеи и голосовых связок, а также для ликвидации стенозов трахеи.

Нейрохирурги разработали методику операций на головном и спинном мозге и для лечения гидроцефалий.

## РУБЕЖИ ОНКОЛОГИИ-85

□ Воздействие тепла на злокачественную опухоль — гипертермия — часто приводит к ее уменьшению и в некоторых случаях даже исчезновению. Прежде, однако, врачи редко пользовались этим методом, так как не было путей ограничения действия тепла лишь на раковые клетки.

Интересный и перспективный выход предложили исследователи фирмы «Корнинг грасс» (США). В опытах над мышами опухоль была окружена микроскопическими частицами из стеклокерамики, и затем на эти частицы воздействовали магнитным полем. В результате была получена критическая температура для опухоли, а здоровые ткани оставались неповрежденными.

□ В Астонском университете (Бирмингем, Великобритания) ведутся эксперименты по созданию качественно новых противораковых препаратов, которые будут не убивать, а преобразовывать онкоклетки, делая их вновь нормальными.

~~Синтезированные~~ Синтезированные лекарства, по мнению некоторых исследователей, оказались чрезвычайно эффективными при лечении рака легких и толстой кишки.

□ По данным американских ученых, раком кишечника, молочной железы и простаты чаще заболевают люди, употребляющие пищу, содержащую много жиров.

Рак желудка и пищевода встречается чаще там, где в пищу входит большое количество соленых и копченых продуктов. Среди стран, злоупотребляющих подобными продуктами, называют Китай, Японию и Исландию.

□ Клетки опухоли несут на своей поверхности антигены, которых у здоровых клеток нет. И потому при появлении таких «посторонних» иммунная система человека начинает активно работать: лимфоциты «узнают врагов» и при случае отторгают их. Но результаты исследований показали, что лимфоциты справляются с небольшим числом раковых клеток. А если иммунная система по каким-то причинам не сработала, не отреагировала, то потом бороться с «противником» становится не под силу. Существует несколько путей. Во-первых, с помощью хирургии, химиотерапии или облучения (под защитой иммунной системы) довести количество раковых клеток до минимума, а с остальными организм справится и сам. Во-вторых, возможно усилить саму иммунную реакцию-ответ. Этот второй метод все чаще используют в клиниках. А серьезные и глубокие исследования ведутся в лаборатории иммунохимии во Всесоюзном онкологическом центре. Руководит лабораторией доктор биологических наук, профессор Г. И. Абелев.

Этот метод позволяет часто выявить опухоль раньше ее клинических проявлений, точнее определить форму онкологического заболевания, зафиксировать метастазы. Правда, пока только для определенных типов опухолей.

□ Доктор Фрэнк Гросвелд и его коллеги (Великобритания) предложили ввести в раковые клетки определенные гены, которые образуют своеобразные «опознавательные» ~~знаки~~ <sup>маркеры</sup> раковых клеток, что позволит иммунной системе организма реагировать на них. Опыты на мышах показали, что если раньше для образования опухоли надо было ввести по 3000 раковых клеток, то теперь и при введении в 60 раз большего количества злокачественного образования не происходит.

□ До сих пор вопрос о наследственности рака является чуть ли не самым злободневным и тревожным для людей, больных и здоровых, и остается предметом самых горячих споров среди ученых.

Все виды опухолей, наследственных по происхождению, условно можно разделить на две группы. Первая — те формы рака, которые передаются как наследуемый признак; они весьма редки и встречаются в основном в детском и молодом возрасте. Другая группа связана с особенностями обмена веществ организма. У некоторых людей в течение нескольких поколений сохраняется общая предрасположенность к онкологическим заболеваниям. А жизненные факторы, такие, как особенности питания, курение, употребление алкоголя, усиливают эту предрасположенность.

Исследования показывают, что чаще всего предрасположенность к заболеванию раком характерна для опухолей молочной железы, толстой кишки и желудка.

Эти факты, несомненно, говорят о том, что среди многих методов профилактики злокачественных заболеваний значительное место должно занять и специализированное медико-генетическое консультирование. Цель его — определить степень риска возникновения рака у здоровых родственников, а главное, у будущих детей больного, чтобы выработать оптимальные жизненные условия. Тщательное изучение родословной, применение специальных методов исследований помогут предотвратить неизбежность болезни.

Наука ведет всестороннее наступление на рак. И фронт борьбы с каждым годом, с каждым новым открытием все разворачивается.

Материалы раздела «Информационный бюллетень: в лабораториях и клиниках» подготовлены на основе сообщений советской и зарубежной печати врачом *Е. Прониной*.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Биофизические аспекты тепловидения . . . . .	5
Тепловизионная техника и перспективы ее совершенствования . . . . .	12
Методики тепловизионного исследования . . . . .	16
Тепловидение в клинике . . . . .	20
Сравнительная характеристика возможностей методов тепловидения, ультразвуковой биолокации и радиоизотопного сканирования . . . . .	48
Литература . . . . .	50
Наш информационный бюллетень: в лабораториях и клиниках . . . . .	51

Воробьев Л. П.  
Шестаков В. А.,  
Эгильская В. И.

## ТЕПЛОВИДЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Главный отраслевой редактор А. Неллюбов  
Редактор А. Поликарпов  
Мл. редактор Н. Карячкина  
Худож. редактор М. Бабицева  
Техн. редактор С. Птицына  
Корректор И. Тереховская

ИБ № 7596

Сдано в набор 23.05.85. Подписано к печати 15.07.85. А 11315.  
Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая, Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,68, Уч.-изд. л. 3,42. Тираж 198 900 экз. Заказ 1197. Цена 11 коп.  
Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 856208.  
Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.





# МЕДИЦИНА

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1988/8

Л.П.Воробьев

В.А.Шестаков

В.И.Эгильская

## ТЕПЛОВИДЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ