

**Нижегородский научно-исследовательский радиофизический институт
Государственного комитета РФ по высшему образованию**

П р е п р и н т № 369

**ДЕЦИМЕТРОВАЯ РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ
В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ**

В.Л.Рахлин

Нижний Новгород, 1993

Рахлин В. Л.

ДЕЦИМЕТРОВАЯ РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ //
Препринт № 369. - Нижний Новгород: НИРФИ, 1993. - 55 с.

В данной работе обобщен опыт и статистика почти 18-летних исследований по диагностике патологий в различных областях медицины с помощью радиотермометрии.

Работе проводилась совместно с медиками различных клиник, обсуждалась на семинарах НИРФИ, ИРФАН, в клиниках, на семинаре М.Т.Греховой "Радиоэлектроника в медицине". Результаты одобрены медиками - профессором Н.А.Макаровым, дсцентами Т.С.Куприяновой, Е.П.Развозовой и др.

1. ВВЕДЕНИЕ

Медицинская радиотермометрия как метод неинвазивный, безболезненный и абсолютно безвредный для человека и персонала медицинской диагностики появилась впервые в нашей стране в г. Горьком (Н.Новгороде) в 1976 году. Пионерами этой работы были горьковские радиоастрономы, возглавлявшиеся в то время членом-корреспондентом АН СССР В.С.Троицким. В том, что медицинской радиотермометрии первыми занялись радиоастрономы, ничего удивительного нет: радиоастрономы умеют измерять температуру недр и глубинных слоев астрономических объектов по их собственному радиоизлучению, а от этого один шаг до измерения неинвазивным способом температуры внутренних органов человека.

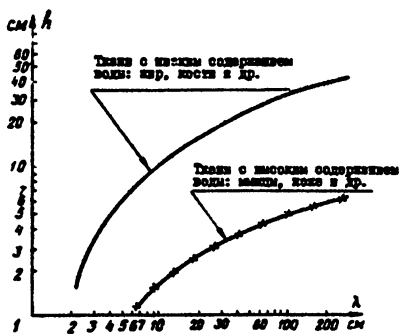
Первыми, судя по публикациям в печати, в медицине применили радиотермометрию шведы /1/ в 1974 году. Они использовали радиоприемник тридцатисантиметрового радиотелескопа, создали контактную антенну для него и установили ее на кожу пациента над областью желудка. Измерив температуру этой области, давали пациенту выпить холодной воды 1-2 стакана. Радиоприемник немедленно фиксировал снижение температуры радиоизлучения, а следовательно и снижение температуры желудка. В другой раз давали пациенту выпить горячего чая и тут же отмечали повышение температуры желудка. Следующая публикация, которая нами была замечена, принадлежит американским радиоастрономам в содружестве с врачом /2, 3/- в 1975 году они опубликовали результаты своей работы по обнаружению рака молочной железы неинвазивным методом радиотермометрии. В их распоряжении имелся радиоприемник десятисантиметрового диапазона

волн. С его помощью и контактной антенной они измеряли глубину и температуру симметричных областей молочных желез. Измерения были относительными, не абсолютными, но тем не менее до локализации и резкого повышения температуры они судили, с определенной долей вероятности, о наличии опухоли.

Иначе поступили радиоастрономы г. Горького в 1976 году. Они пришли к выводу о целесообразности проведения измерений глубинной температуры не в относительных значениях, а в абсолютных. К этому же, впоследствии, пришли специалисты радиотермометрии ФРГ, Швеции, США и других стран.

Действительно, основное назначение медицинской радиотермометрии — неинвазивное, безболезненное и абсолютно безвредное измерение температуры органов и глубинных слоев тканей человека. Общеизвестно, что когда человек заболевает, то в первую очередь интересуется, какая у него температура. Имеется ввиду температура в подмышечной впадине. Система биологической терморегуляции организма человека настолько совершенна, что в различных климатических условиях у него подмышечная температура, если человек здоров, укладывается в интервал $\pm 0,5$ K, при средней температуре $309,5$ K ($36,5^{\circ}\text{C}$), что составляет менее 0,2%. В случае заболевания температура обычно повышается, и это дает информацию о том, что человек заболел. Однако, какая болезнь у него, сделать заключение только по температуре невозможно. Необходимы еще какие-то объективные показания, клиника, анамнез. Следует также отметить, что при некоторых заболеваниях, в том числе таких опасных, как рак, а тем более на ранних стадиях заболевания, подмышечная температура может быть совершенно нормальной. Для диагностики ряда заболеваний требуется применять различные, порой небезвредные для здоровья обследования (такие, как рентгеноскопия, рентгенография, УЗИ), а то и весьма болезненные (например, биопсия, хромоцистоскопия, зондирование и пр.). В то же время для диагностики заболевания иногда вполне достаточно знать температуру какого-либо органа или распределение температуры по нему, температурные градиенты в определенной области.

При радиотермометрии измеряется среднее интегральная температура в цилиндрическом столбике ткани. На волне тридцатисантиметрового диапазона волн диаметр этого столбика около 3–4 сантиметров, а высота (или глубина) зависит от влагосодержания ткани /4,



Р и с. I

Зависимость глубины проникновения радиоволн в живых тканях от длины волны по Джонсону и Гаю

5/. На графике рис. I, построенном по работе Джонсона и Гаю, показано, на каких длинах волн и с каких глубин черпается температура и информация. В тканях с большим содержанием влаги — мышцы, кожа и др. — на волне 30 сантиметров глубина цилиндрика 4–5 см, а в тканях с малым содержанием влаги — жир, кости и др. — 25–30 см. Это объясняется тем, что электромагнитная энергия в тканях с меньшим содержанием влаги претерпевает меньшие потери, чем в тканях с большим содержанием влаги. Поэтому небольшая жировая прослойка на животе или на спине не мешает "смотреть" вглубь: она как-бы прозрачна. Таким образом можно измерять температуру печени, кишечника, почек, поджелудочной железы, гениталий и других органов.

В своей медицинской радиотермометрии нижегородские радиострономы применяли различные диапазоны радиоволн — от пятисантиметровых до метровых /6, 7/. Однако многолетняя практика показала, что диапазон сантиметровых радиоволн дает информацию о температуре тканей с очень неглубоких значений, мало отличающихся от теловизионных измерений и поэтому пригоден, главным образом, для диагностики процессов в подкожной области и в эпидермисе. Диапазон метровых радиоволн, хотя дает информацию о температуре глуболежащих тканей, но обладает малой разрешающей способностью из-за большого размера контактной антенны. В этом отношении, самым оптимальным, с нашей точки зрения, оказался диапазон тридцатисантиметровых волн, которым мы, в основном, и пользуемся /8, 9, 25, 30, 31/.

В данной работе обобщен опыт и статистика почти 18-летних исследований по диагностике патологий в различных областях медицины, таких как андрология, гастроэнтерология, гинекология, нев-

рология, онкология, хирургия и др.

Работа проводилась совместно с медиками, биологами, радиотехниками, в различных клиниках г. Горького (Н.Новгорода). Автор очень благодарен им за сотрудничество.

К сожалению всех помощников перечислить невозможно. Наибольшую благодарность автор выражает Аксеновой М.Н. — биологу, врачам Аловой Г.Е., Богданову С.Н., Волошину В.Н., доктору медицины и наук, профессору Макарову Н.А., лаборантке Матигиной Г.М., кандидатам медицинских наук, доцентам Куприяновой Т.С., Развозовой Е.П. и радиотехнику Трониной Н.Г.

Значительная часть полученных результатов обсуждалась с чл.-корр. АН СССР В.С.Троицким на семинарах НИРФИ, ИФИАи, клиник в г. Н.Новгорода и на семинаре проф. М.Т.Греховой "Радиоэлектроника в медицине".

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ МЕДИЦИНСКОГО РАДИОТЕРМОМЕТРА

Измерение температуры глубоких тканей и органов человека основано на приеме и измерении радиоизлучения этих органов, определяемого их температурой. Общеизвестно, что любая материя, и человеческие ткани в том числе, содержат электрические заряды как отрицательные, так и положительные. Эти заряды находятся в непрерывном движении, зависящем от температуры материи. Только при температуре абсолютного нуля (-273°C) движение их прекращается. Любое движение электрического заряда или электроразряженной частицы порождает вокруг траектории своего движения электромагнитное поле. Частота и мощность этого электромагнитного поля определяется скоростью движения заряда и протяженностью траектории. Поскольку в человеческом теле одновременно принимают участие в движении неисчислимое количество заряженных частиц, обладающих разными скоростями и различными траекториями, то и создают они электромагнитное поле с самыми различными, случайными частотами, так называемый сплошной спектр частот или шумовой электромагнитный сигнал. Это электромагнитное поле распространяется по всему объему тела, претерпевает внутри тела изменения в соответствии с законами распространения, достигает поверхности и проходя через кожу частично излучается в окружающую среду, частично отражается от раздела тело — среда и возвращается внутрь /IQ/. Спектральный

плотность теплового радиоизлучения выражается законом Планка:

$$\rho = \frac{2\pi f^2}{c^2} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{Гц}, \quad (2.1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость распространения света, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с - постоянная Планка, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град - постоянная Больцмана, T - температура тела в градусах Кельвина, f - частота сигнала в герцах.

Для выражения всей мощности радиотеплового излучения тела, поступающего из него в контактную антенну, приставленную к коже, можно воспользоваться формулой Найквиста, с учетом неполного согласования антенны с телом:

$$P = kT \Delta f (1 - \Gamma^2) \rho(f), \quad (2.2)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град (постоянная Больцмана), T - температура (в среднем) тела человека в градусах Кельвина, Δf - полоса пропускания приемника сигнала, излученного телом человека в герцах, Γ^2 - коэффициент отражения по мощности для сигнала, поступающего из тела в антенну, $\rho(f) = \frac{hf}{kT} (e^{hf/kT} - 1)^{-1}$ - множитель Планка. Разлагая экспоненту в ряд

$$\exp \frac{hf}{kT} = 1 + \frac{hf}{kT} + \frac{1}{2!} \left(\frac{hf}{kT} \right)^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{hf}{kT} \right)^3 + \dots + \quad (2.3)$$

и ограничиваясь двумя первыми членами, ввиду того, что для нашего случая $hf \ll kT$, получаем, для множителя Планка,

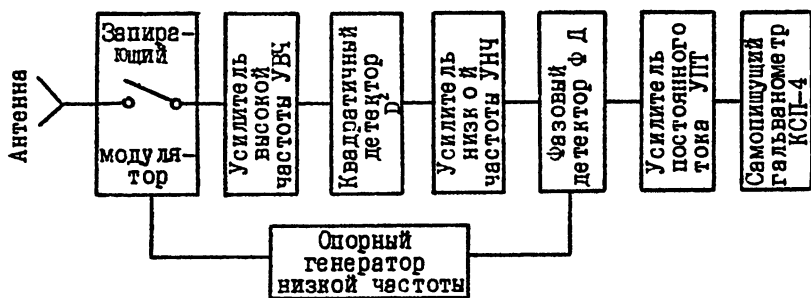
$$\rho(f) = 1. \quad (2.4)$$

Это значительно упрощает формулу Найквиста, в которой важную роль теперь играет коэффициент отражения Γ^2 :

$$P = kT \Delta f (1 - \Gamma^2). \quad (2.5)$$

В последующей главе о метрологическом обеспечении будет показано, что коэффициент отражения влияет на величину погрешности измерения и предлагается система, устраняющая влияние отражения на точность определения мощности теплового радиоизлучения.

Мощность теплового радиоизлучения, поступающего из тела человека в радиотермометр, чрезвычайно мала. Определяемая по формуле Найквиста, она составляет около 10^{-18} – 10^{-20} ватта, а учитывая, что радиотермометр должен обеспечить погрешность измерения не более $0,1^\circ$, то приемник должен различать сигналы теплового радиоизлучения, отличающиеся приблизительно на 10^{-20} – 10^{-22} ватта. Для приема таких слабых сигналов, величины которых в десятки тысяч раз меньше мощности собственных шумов входных цепей усилителя, применяют специальные методы приема. Наибольшее распространение нашел так называемый "модуляционный метод". В нашем приборе именно он и используется /10–16/. Он заключается в том, что принимаемый сигнал периодически, с низкой частотой отключается от входа усилителя, т.е. модулируется (отсюда и название метода), в то время как собственные шумы приемника не модулируются. Модулированный сигнал после высокочастотного усиления и детектирования усиливается еще по низкой частоте, затем переводится в постоянный ток и измеряется, либо записывается самопишущим гальванометром. Функциональная схема модуляционного радиометра показана на рис. 2.



Р и с . 2

Функциональная схема модуляционного радиометра

В окружающем нас пространстве имеются многочисленные электромагнитные поля как естественного, так и искусственного происхождения (от различных промышленных и бытовых электроприборов), в сотни тысяч раз превышающие по мощности сигналы теплового радиоизлучения, принимаемые из тела человека. Для защиты от этих помех

радиотермометрию необходимо проводить в экранированной кабине, ослабляющей помеху на 80–100 децибел, что составляет по мощности 10^8 – 10^{10} раз.

3. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

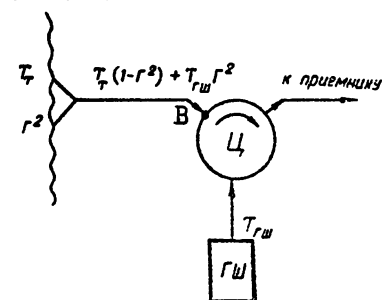
В радиотермометрии необходимо обеспечить точность измерения температуры, по крайней мере, не худшую, чем у ртутного медицинского градусника $\pm 0,15^\circ$. Существует несколько источников, которые могут повлечь погрешности измерения и весьма значительные по абсолютной величине. К этим источникам относятся аппаратурные – такие как нелинейность характеристики усилительного тракта приемника, отклонение от квадратичности характеристики квадратичного детектора, нестабильность усиления прибора, недостаточное согласование контактной антенны с эталонами теплового радиоизлучения и телом человека, погрешность в эталонировании прибора, а также искажение измерения внешними помехами и некоторые другие.

При разработке, настройке и регулировке аппаратуры на линейность характеристики обращается необходимое внимание. Таким образом, за счет нелинейности характеристики усилительного тракта ошибки измерения практически исключаются. Квадратичный детектор, практически, не вызывает ошибок измерений. Для поддержания стабильности усиления радиотермометра в нем применяется жесткая стабилизация всех источников электропитания схемы и термостабилизация всех СВЧ узлов. Стабилизация источников электропитания поддерживает неизменными на требуемом уровне все напряжения при изменении входного (сетевого) напряжения от 200 до 240 вольт. Термостабилизация схемы выполнена на уровне 309 К (36°C) с отклонениями в пределах 0,1 К. Однако это требует длительного прогрева аппаратуры перед началом измерений в течение полутора–двух часов. После такого прогрева аппаратура работает стабильно неограниченное время, вплоть до круглосуточного. Дополнительно к перечисленным мерам для снижения ошибок измерения применяется калибровка радиотермометра по эталонам теплового радиоизлучения, которую можно выполнять при обследовании каждого пациента.

Остальные источники возможных ошибок измерения температуры – неполное согласование антенны, погрешности эталонирования и внешние электромагнитные помехи – более существенны и для получения

требующейся точности измерения прибегают к специальным мерам и способам.

Как уже говорилось во второй главе, коэффициент отражения Γ , т.е. показатель рассогласования антенны с телом человека, влияет на величину сигнала, поступающего из тела в антенну. Вопрос о согласовании контактной антенны с телом человека уделялось много внимания [17, 18], однако создать такую контактную антенну, которая была бы полностью согласована с телом человека во всех точках и областях кожи, невозможно. Это объясняется различием электрических и диэлектрических свойств тканей человека в разных участках тела. Для устранения ошибок измерения, вызываемых рассогласованием антенны с телом человека, используется способ, названный автором "методом регулируемого подшумливания" [19]. Он заключается в том, что контактная антенна соединяется с модулятором приемника через ферритовый циркуляр, в третье плечо которого включен генератор шумового СВЧ сигнала (рис.3). Рассмотрим работу этой системы.



Р и с.3

Функциональная схема "подшумливания" антенны

При достаточной развязке циркулятора, чтобы собственные шумы модулятора не проходили в антенну (для этого развязка должна быть не менее 18 дБ, что вполне реально), сигнал в точке "B" будет

$$T_B = T_X(1 - \gamma_A)(1 - \Gamma^2) + T_A \gamma_A (1 - \Gamma^2) + T_{\text{Ц}} \gamma_{\text{Ц}} \Gamma^2 + T_{\text{ГШ}}(1 - \gamma_{\text{Ц}}) \Gamma^2, \quad (3.1)$$

где T_X - температура излучаемого телом сигнала, T_A - температура антенны и соединительного кабеля, $T_{\text{Ц}}$ - температура циркулятора, $T_{\text{ГШ}}$ - температура сигнала генератора шума, γ_A - совокупность потерь в антенне и кабеле, $\gamma_{\text{Ц}}$ - прямые потери в плече циркулятора, Γ^2 - коэффициент отражения по мощности для антенны от тела.

Разделим выражение (3.1) на $(1 - \gamma_A)$ и обозначим выход диометра, т.е. отклонение пера самописца КСП-4, когда антенна установлена на тело с температурой T_X , буквой Q_X :

$$Q_x = T_x - T_x \Gamma^2 + T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A} + T_{\text{Ц}} \frac{\gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} \Gamma^2 + T_{\text{ГШ}} \frac{1 - \gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} \Gamma^2 - T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A} \Gamma^2.$$

После группировки членов получим

$$Q_x = T_x + T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A} + \left(T_{\text{Ц}} \frac{\gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} + T_{\text{ГШ}} \frac{1 - \gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} - T_x - T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A} \right) \Gamma^2. \quad (3.2)$$

Когда антенна устанавливается на эталон теплового радионезлучения, с которым она полностью согласована, т.е. $\Gamma^2 = 0$, соответствен в о выход радиотермометра от первого эталона

$$Q_{\text{Э1}} = T_{\text{Э1}} + T_A \frac{1}{1 - \gamma_A}, \quad (3.3)$$

а от второго

$$Q_{\text{Э2}} = T_{\text{Э2}} + T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A}, \quad (3.4)$$

где $T_{\text{Э1}}$ - температура первого эталона и $T_{\text{Э2}}$ - температура второго эталона. Теперь направляем антенну в пространство, с которым она практически несогласована, т.е. для этого случая $\Gamma^2 = 1$. Тогда выход радиотермометра будет (согласно выражения (3.2))

$$Q_{\text{пр}} = T_{\text{Ц}} \frac{\gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} + T_{\text{ГШ}} \frac{1 - \gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A}. \quad (3.5)$$

Величина этого выхода радиотермометра зависит от величины сигнала генератора шума $T_{\text{ГШ}}$, отраженного антенной на модулятор. Обозначим этот отраженный антенной сигнал символом T'_A . Всегда можно подобрать такое значение сигнала $T'_{\text{ГШ}}$, чтобы выход $Q'_{\text{пр}}$ был где-то между $Q_{\text{Э1}}$ и $Q_{\text{Э2}}$, т.е.

$$Q_{\text{Э1}} < Q'_{\text{пр}} < Q_{\text{Э2}}. \quad (3.6)$$

Тогда, согласно записей (3.4) и (3.5),

$$Q'_{\text{пр}} = T_{\text{Ц}} \frac{\gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} + T'_{\text{ГШ}} \frac{1 - \gamma_{\text{Ц}}}{1 - \gamma_A} = T'_A + T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A}. \quad (3.7)$$

Подставим (3.7.) в (3.2), получаем

$$Q_x = T_x + T_A \frac{\gamma_A}{1 - \gamma_A} + (T'_A - T_x) \Gamma^2. \quad (3.8)$$

Решая совместно уравнения (3.3), (3.4) и (3.8) для искомой температуры, получаем

$$T_X = T_{\Theta 1} + (T_{\Theta 2} - T_{\Theta 1}) \frac{\alpha_X - \alpha_{\Sigma 1}}{\alpha_{\Sigma 2} - \alpha_{\Sigma 1}} - (T'_A - T_X) \Gamma^2, \quad (3.9)$$

последний член этого выражения представляет абсолютную ошибку измерения:

$$\Delta T = (T'_A - T_X) \Gamma^2. \quad (3.10)$$

Регулируя величину сигнала генератора шума $T'_{ГШ}$ (за отсюда и название способа - метод регулируемого подшумливания), всегда можно подобрать значение T'_A , близкое к температуре человека T_X , и тогда при любом значении коэффициента отражения ошибка измерения может быть сделана очень малой. Обычная контактная антенна имеет коэффициент отражения от 0,02 до 0,05. Поэтому, устанавливая $T'_{ГШ}$ такого значения, чтобы получить $T'_A = 36,5^\circ\text{C}$, ошибка измерения при определении температуры внутренних органов не превысит $\pm 0,02-0,05$ градуса, ибо температура этих органов лежит в пределах от $35,5^\circ$ до $37,5^\circ\text{C}$. Если не изменять $T'_{ГШ}$ при измерении температуры конечностей, имеющих иногда значение около $30,0^\circ\text{C}$, то ошибка возрастет до значения

$$(36,5 - 30,0) \cdot (0,02 - 0,05) \approx 0,13^\circ.$$

Поэтому, если требуется очень большая точность, то при измерении и температуры конечностей рекомендуется снижать $T'_{ГШ}$ до значения $T'_A \approx 32,0-33,0^\circ$. Это дает ошибку измерения не более $0,02-0,05^\circ$.

Следующий вопрос - эталонирование радиотермометра. При радиотермометрии каждого пациента производится калибровка радиотермометра. Она заключается в том, что контактная антенна поочередно ставится на два эталона теплового радиоизлучения, температура которых отличается на 4-6 градусов и известна с определенной точностью. Полученные на выходе радиотермометра от эталонов различные сигналы, пропорциональные температуре, позволяют оценить измеряемую у человека температуру в области установленной антенны. Обычно в качестве активного вещества эталона теплового радиоизлучения служит вода, как вещество наиболее близкое по электрическим и диэлектрическим параметрам тканей человеческого тела. Может использоваться физиологический раствор или раствор глицерина в воде. Вода налита в сосуд, термостатирована, и контактная антенна приставляется к ней через тончайшую лавсановую пленку, не влияющую на согласование

антенны с водой. Для обеспечения необходимой точности измерен и й достаточно трех условий:

1. Температура воды должна быть известна с погрешнос т ь ю , не превышающей $\pm 0,01^{\circ}$.
2. Неодинаковость температуры воды по глубине или температурные градиенты также не должны превышать одной сотой гра - дуса. Для обеспечения этого вода должна непрерывно надеж - но перемешиваться.
3. Глубина воды в эталоне должна быть толще скинслоя для двн - ной волны и обеспечивать затухание сигнала на 25-30 дБ.

Первый и второй пункты проверяются точными химическими ртут - ными термометрами, а третий - измерением коэффициента отражен и я от воды для контактной антенны.

Последним существенным источником погрешности измерений яв - ляется помеха от электромагнитных полей, излучаемых различн ы м и электрическими приборами и установками, трамваями, троллейбусами, системой зажигания карбюраторных двигате лей, рентгеновскими уста - новками, физиотерапевтическими устройствами, люминисцентными лам - пами и пр. Контактная антенна с пространством рассогласов а н а , т.к. ее геометрические размеры в $\sqrt{\epsilon_{\text{тела}}}$ меньше длины волны в свободном пространстве. Благодаря этому на нее от внешних пол е й наводятся очень малые сигналы, которые, практически, не созда ю т погрешности измерений. Однако тело человека соизмеримо с длин о й волны электромагнитной помехи в пространстве. Это создает в нем весьма значительное напряжение от электромагнитной помехи, уста - навливающееся в виде стоячих волн вдоль и поперек тела. А так как контактная антенна согласована с телом, то она черпает из не г о вместе с измеряемым сигналом еще и сигнал помехи. При этом осо - бенно опасна не импульсная помеха, которую легко обнаружить, а стационарная, гладкая (сплошной спектр), которая, не будучи заме - ченной, создает увеличение принимаемого из тела сигнала, и э т о увеличение будет связано с распределением узлов и пучностей стоя - чей волны на теле от помехи. Для исключения ошибки измерения, вы - зываемой внешними электромагнитными полями, необходимо проводи т ь радиотермометрию в экранированной кабине, дающей ослабление поме - хи до такого уровня, который может вызывать на входе радиотермо - метра сигнал не более десятой доли флуктуационного порога чувст - вительности. Имея в виду, что флуктуационный порог чувствитель -

ности радиотермометра около $0,05$ К при постоянной времени четыре секунды, защита кабины от внешних СВЧ полей должна составлять не менее 80 децибел.

При этом необходимо следить, чтобы все измерения проводились при плотно закрытых дверях экранированной кабины, чтобы в экранированную кабину не вносились какие-бы то ни были физиотерапевтические или электроприборы, которые своим мощным радиоизлучением могут показать результаты измерений.

Основные параметры использованного радиотермометра такие.

1. Сердечная частота полосы принимаемого сигнала - 1 ГГц.
2. Полоса пропускания на уровне -3 дБ - около 150 МГц.
3. Флуктуационный порог чувствительности - порядка $0,05$ К при постоянной времени 4 секунды.
4. Пределы измеряемых температур у человека с использованием смещения нуля выходного прибора - от $20,0$ до $45,0^{\circ}\text{C}$.
5. Погрешность измерения температуры:
 - а) в интервале от $32,0$ до $38,0^{\circ}$ - не более $\pm 0,1^{\circ}$;
 - б) в интервалах ниже $32,0$ и выше $38,0^{\circ}$ - не более $\pm 0,15^{\circ}$.
6. Запись измеряемого сигнала может производиться любым стандартным самопишущим гальванометром (например, типа КСП-4), обладающим чувствительностью 10 милливольт на шкалу.
7. Полоса пропускания выходного тракта радиометра - порядка $0,06$ Гц (постоянная времени - 4 секунды).
8. Для снижения ошибки измерения температуры, вызванной неполом согласованием контактной антенны с телом человека, в радиотермометре используется метод регулируемого подшумливания антенны.
9. Частота модуляции - 1000 ± 100 герц.
10. Контактная антенна соединяется с входным блоком радиометра гибким коаксиальным кабелем длиной $1,8$ метра.
- II. Общее питание радиотермометра осуществляется от сети 220 вольт переменного тока частотой 50 герц. Мощность, потребляемая радиометром, - не более 50 ватт, а мощность, потребляемая эталонами теплового радиоизлучения, каждого в максимальном значении - 500 ватт, а в среднем - около 20 ватт.

4. ОБСЛУЖИВАНИЕ РАДИОТЕРМОМЕТРА

Установку радиотермометра в экранированной кабине, загрузка всех корпусов, подводу питания разрешается выполнять только специалисту, имеющему квалификационную группу по технике электробезопасности не ниже третьей. Поэтому дальнейшие указания относятся к работе с радиотермометром, уже установленным в кабине и подготовленным к обслуживанию назначенными для этого людьми, прошедшими соответствующий инструктаж и обучение.

А. Включение приборов. Перед включением приборов необходимо:

1. Проверить, что корпуса всех приборов: радиотермометра, эталонов теплового радиоизлучения и самопишущего гальванометра — надежно заземлены.
2. В эталоны радиоизлучения должна быть налита вода, и ее уровень должен быть на 5–10 мм выше лавсановой пленки в стакане для антенны.
3. Убедиться в том, что разъемы антенного кабеля прочно завинчены на блоке входа радиометра и на антенне.
4. Убедиться, что самопишущий гальванометр подсоединен к блоку управления радиометра.

После перечисленного можно включить радиотермометр нажав на кнопки "сеть". При этом должны засветиться два красных сигнала — сеть и нагрев. Эталоны включаются тумблерами. На них должны засветиться два сигнала — сеть и нагрев, а также начать вращаться лопасти, перемешивающие воду.

Перед началом измерений аппаратура должна быть прогрета в течение двух часов. Оставлять ее в это время без надзора запрещается. После прогрева можно приступать к работе.

Примечание. Во время прогрева аппаратуры и во время дальнейшей работы световые сигналы на эталонах теплового радиоизлучения будут то включаться, то выключаться. Это свидетельствует о нормальном режиме термостабилизации.

Для выключения аппаратуры достаточно нажать на кнопку "сеть" и выключить эталоны. При этом выключаются все световые сигналы.

Б. Измерение глубинной температуры. После прогрева аппаратуры в течение двух часов должна быть выполнена калибровка радиотермометра. Для этого:

1. Включается самопишущий гальванометр и пускается лента.
2. Антенна устанавливается на эталон с температурой $t_{э1}$, и этот сигнал записывается на ленте самописца.
3. Антенна устанавливается на эталон с температурой $t_{э2}$, и записывается этот сигнал. Ручку "смещение нуля" теперь трогать не следует.

4. Антенна направляется в пространство, и записывается этот сигнал. Определяется расчетом температуры шумов антенны по формуле

$$T_A = t_{э1} + \frac{\alpha_{пр} - \alpha_{э1}}{\alpha_{э2} - \alpha_{э1}} (t_{э2} - t_{э1}). \quad (4.1)$$

Значение T_A должно быть от 36,0 до 37,0° при измерениях полостных органов, а если значения антенной температуры, когда она направлена в пространство, отличается от этой температуры, то ручка о ней, управляющей ГШ подшумливания, подправляют значение T_A приблизительно до 36,5°. Однако температура антенны поддерживается весьма стабильно и необходимость в такой регулировке бывает весьма редкой. Калибровка радиотермометра на этом заканчивается.

5. Чтобы измерить температуру какого-либо органа после калибровки радиотермометра, антенна приставляется к коже человека, куда по кратчайшему расстоянию проектируется интересующий нас орган. Самописец регистрирует отклонение стрелки до значения α_x , по которому определяется расчетным путем искомая температура

$$T_x = t_{э1} + \frac{\alpha_x - \alpha_{э1}}{\alpha_{э2} - \alpha_{э1}} (t_{э2} - t_{э1}). \quad (4.2)$$

Примечание. Как указывалось во второй главе, радиоизлучение, принимаемое из глубинных органов человека, и собственное излучение входных цепей радиометра носят шумовой характер и стрелка самопишущего гальванометра выписывает на ленте не ровную линию, а шумовую дорожку. В соответствие с теорией вероятности и так называемым гауссовым распределением максимальная ширина шумовой дорожки составляет шесть флуктуационных порогов, т.е. при $\Delta T_{\text{min}} = 0,05 \text{ K}$ (как указано в главе 3) максимальная ширина шумовой дорожки составляет 0,3 K. Поэтому при измерениях следует запись на ленте усред-

нять вручную, делая черточку по середине шумовой до-
рожки. На рис.4 показан образец калибровки радиотер-
мометра и запись температуры предстательной железы.



Р и с. 4

$$T_{\text{пр}} = \frac{38 - 33}{125} \cdot 70 + 33 = 35,8^{\circ}$$

Пример записи распределения
температуры при обследовании
предстательной железы

В. Обслуживание прибора. Какого-либо особого, специфическо-
го обслуживания радиотермометр не требует. Необходимо лишь яв-
чатное обращение с ним: соблюдение технических правил эксплуата-
ции, оберегание антенны от падений и ударов, а кабеля - от из-
лишних перекручиваний. Следует наблюдать за надежностью соедине-
ний коаксиальных разъемов, зануляющих проводов и достаточно го
количества воды в эталонах. Вода в них постепенно испаряется и
ее следует регулярно доливать. Для предохранения воды от "заце-
ваний" ее следует менять. Можно капнуть в воду одну каплю фено-
ла, но не обязательно. Нужно следить за целостью лавсановой плен-
ки и при ее разрыве заменить новой. Антенну нельзя кипятить и ли
подвергать термической обработке. Асептика допускается промывк ой
антенны в 96-процентном спирте или в спиртовом растворе хлоргек-
сидина.

Г. Экранированная кабина. Питательное силовое напряжение 220
вольт переменного тока подается на кабину включением автомати-
ческого выключателя, расположенного на стене у входной двери ком-
наты. При его включении зажигаются осветительные лампы на к а -
бине. Для подачи напряжения внутрь кабины, на аппаратуру, вклю-
чают автоматический выключатель, смонтированный в сетевой фильтр,
который укреплен на боковой стенке кабины. При уборке к а б и н ы
этот выключатель должен быть выключен. По окончании работы должны
быть выключены оба.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА С РАДИОТЕРМОМЕТРОМ

Работающим с медицинским радиотермометром рекомендуется придерживаться определенных правил и определенной последовательности в действиях и манипуляциях.

Так, прежде всего — асептика. Контактная антенна для измерения глубинной температуры устанавливается на обнаженную поверхность кожи, где у разных пациентов имеется своя микрофлора, могут быть и кожные бактерии, в том числе и болезнетворные. Даже в том случае, если антенна устанавливается не на слизистые поверхности или язвенные, что вообще не рекомендуется, а на кажущуюся сухой кожу, антенну необходимо дезинфицировать. Особенно следует оберегать от попадания инфекции лавсановую пленку эталонов теплового радиозлучения. Самый простой и в то же время эффективный способ дезинфекции антенны — это ее тщательная обработка 96-процентным спиртом или спиртовым раствором хлоргексидина. Стерилизовать антенну кипячением или термической обработкой категорически запрещается, так как это может привести к выводу ее из строя.

Самая целесообразная последовательность работы такая. Перед проведением калибровки антенна тщательно обрабатывается спиртом, затем производится калибровка, после которой чистой антенной выполняются измерения. Закончив измерения, антенну немедленно вновь обрабатывают спиртом. Таким образом и, антенна всегда чистая, и оберегается от попадания микробов лавсановая пленка эталонов. Тем не менее, рекомендуется ежедневно до и после работы протирать лавсановую пленку ватным или марлевым тампоном, смоченным спиртом. Для дезинфекции антенны удобно применять чашку Петри с налитым в нее спиртом, куда погружают антенну и промывают марлевым бинтом, а затем насухо протирают таким же бинтом. По нормам, при массовом обследовании пациентов, с учетом испарения из чашки Петри, расход спирта составляет около трех миллилитров на одного пациента. При единичных обследованиях, расход спирта по нормам увеличивается до полутора раз. Периодически следует протирать спиртом и сам антенный кабель, поверхность которого представляет собой хлорвиниловую трубку, а затем насухо вытирать ее марлевой салфеткой.

При обработке записи на ленте самопишущего гальванометра КСП-4 удобно вести отсчет уровней от линии, соответствующей калиб-

ровне $t_{э1}$. Отсчет лучше выполнять в миллиметрах, а температуру у определять по формуле

$$T_x = t_{э1} + \frac{a_x - a_{э1}}{a_{э2} - a_{э1}} (t_{э2} - t_{э1}), \quad (5.1)$$

если запись правее линии, соответствующей $t_{э1}$, и по формуле

$$T_x = t_{э1} - \frac{a_{э1} - a_x}{a_{э2} - a_{э1}} (t_{э2} - t_{э1}), \quad (5.2)$$

если левее этой линии.

Под величиной $a_{э2} - a_{э1}$ понимают размах записи калибров — ни, а под величиной $a_x - a_{э1}$ — размах между записью излучения человека и первого эталона.

Для удобства можно рекомендовать заранее составить таблицу значений t_x^0 для разных величин размахов калибровки, пример которой приводится ниже.

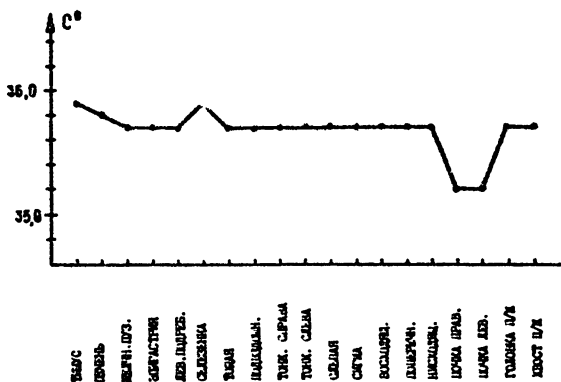
Образец таблицы исчисления температуры органов при калибровке по эталонам $T_{э1} = 32,0^0$ и $T_{э2} = 37,2^0$ и размахе калибровочной записи от 101 до 105 мм

М и н у с				:	П л ю с									
Т	:	мм	::	Т	:	мм	:	мм	:	Т	::	мм	:	Т
1	:	2	::	3	:	4	:	5	:	6	::	7	:	8
28,6		67		31,9		1		1		32,1		67		35,4
28,5		69		31,8		3		3		32,2		69		35,5
28,4		71		31,7		5		5		32,3		71		35,6
28,3		73		31,6		7		7		32,4		73		35,7
28,2		75		31,5		9		9		32,5		75		35,8
28,1		77		31,4		11		11		32,6		77		35,9
28,0		79		31,3		13		13		32,7		79		36,0
27,9		81		31,2		15		15		32,8		81		36,1
27,8		83		31,1		17		17		32,9		83		36,2
27,7		85		31,0		19		19		33,0		85		36,3
27,6		87		30,9		21		21		33,1		87		36,4

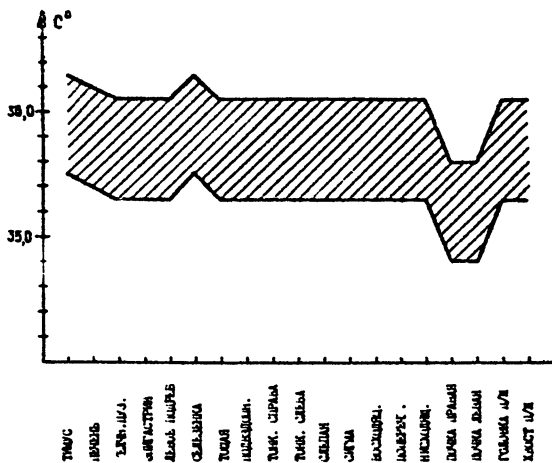
I	2	3	4	5	6	7	8
27,5	89	30,8	23	23	33,2	89	36,5
27,4	9I	30,7	25	25	33,3	9I	36,6
27,3	93	30,6	27	27	33,4	93	36,7
27,2	95	30,5	29	29	33,5	95	36,8
27,1	97	30,4	3I	3I	33,6	97	36,9
27,0	99	30,3	33	33	33,7	99	37,0
26,9	IOI	30,2	35	35	33,8	IOI	37,1
26,8	IO3	30,1	37	37	33,9	IO3	37,2
26,7	IO5	30,0	39	39	34,0	IO5	37,3
26,6	IO7	29,9	4I	4I	34,1	IO7	37,4
26,5	IO9	29,8	43	43	34,2	IO9	37,5
26,4	III	29,7	45	45	34,3	III	37,6
26,3	II3	29,6	47	47	34,4	II3	37,7
26,2	II5	29,5	49	49	34,5	II5	37,8
26,1	II7	29,4	5I	5I	34,6	II7	37,9
26,0	II9	29,3	53	53	34,7	II9	38,0
25,9	I2I	29,2	55	55	34,8	I2I	38,1
25,8	I23	29,1	57	57	34,9	I23	38,2
25,7	I25	29,0	59	59	35,0	I25	38,3
25,6	I27	28,9	6I	6I	35,1	I27	38,4
25,5	I29	28,8	63	63	35,2	I29	38,5
25,4	I3I	28,7	65	65	35,3	I3I	38,6

6. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

Для обследования желудочно-кишечного тракта пациент должен лечь на кушетку на спину, обнажив живот от груди до лонной области, освободив все стягивающие элементы одежды. Обследование проводится натощак. Необходимо отметить, что при наборе статистических данных по распределению температуры по кишечнику у здоровых людей пришлось столкнуться с большой трудностью найти достаточное количество людей со здоровым желудочно-кишечным трактом — без клинических проявлений той или иной патологии — и обследованных традиционными медицинскими методами. Больше таких людей было в возрасте до 30 лет. Усредненное распределение температуры органов

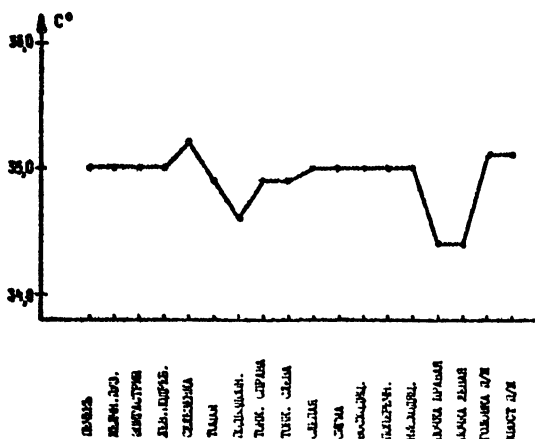


Р и с. 5



Р и с. 6

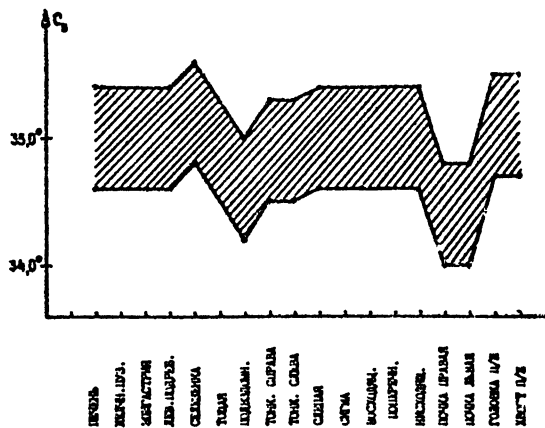
у людей, считающих себя здоровыми, в возрасте до 30 лет, приведено на рис.5, а на рис.6 показана область распределения температур органов у здоровых людей в возрасте до 30 лет, с достоверной вероятностью 0,9. У людей в возрасте старше 30 лет установить с большой достоверностью нормальное распределение температуры не представлялось возможным. Более или менее приемлемым можно считать показанное на рис.7 усредненное распределение температур органов у людей, считающих себя здоровыми, в возрасте от 30 до 50 лет, а на рис. 8 область распределения нормальных температур органов у той же возрастной группы. Сразу заметим здесь два отличия: во-первых, температура органов у лиц старшей возрастной группы почти на градус ниже, чем у молодых, и, во-вторых, у пожилых людей тонкий кишечник еще прохладнее. У людей старше 50 лет не удалось установить



Р и с. 7

значительное повышение температуры слепой кишки - до $0,3-1,0^{\circ}$, что показано на рис. 9 (возраст до 30 лет). Это тем более важно, что диагностика острого аппендицита порой весьма затруднена /22-24/, а измерение температуры аппендикса нереально, так как червовидный отросток может находиться в неопределенных местах - малый таз, за печенью и т.д.

На рис. 10 показано увеличение температуры относительно статистического среднего значения эпигастрии и левого подреберья на $0,3-1,0^{\circ}$, что наблюдается при дуодените и гастрите, у людей в возрасте до 30 лет. Естественно, чем выше температура, тем острее процесс. Превышение температуры на $0,8-1,0^{\circ}$, и даже еще больше, может свидетельствовать о язве и даже



Р и с. 8

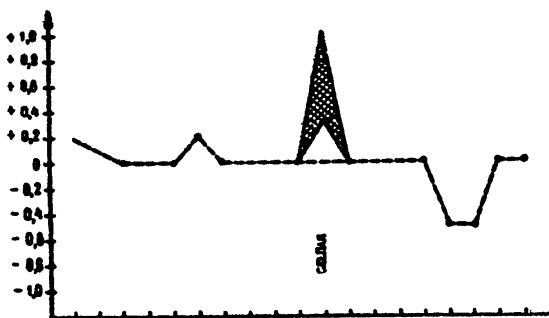
об опухоли.

Резкое повышение температуры печени и (рис. II) наблюдается при гепатите, значительное - при опухоли, а если заметно большое понижение температуры желчного пузыря (рис. I2), это может говорить о наличии в нем камней или о дискинезии желчных выводных путей. Повышение температуры желчного пузыря - о холецистите.

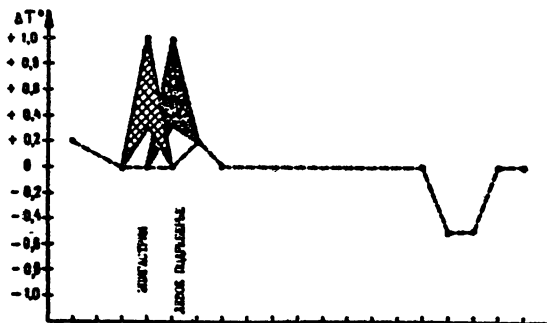
Понижение температуры подвздошной кишки (рис. I3) сигнализирует о возможном колите. Если при этом наблюдается повышение температуры сигмовидной кишки, это может говорить о сигмоидите. Но здесь необходимо учитывать, что в неочищенном кишечнике скопление каловых масс также дает заметное повышение температуры.

Как показала практика, для обследования кишечника целесообразно измерять температуру в следующих областях: печень - над ребре по средне-ключичной линии; правое подреберье - желчный пузырь; эпигастрия; левое подреберье; селезенка; тощая кишка; подвздошная кишка; тонкий кишечник справа и слева; слепая кишка; сиг-

мовидная кишка; восходящая ободочная; поперечная ободочная и нисходящая ободочная - толстый кишечник.



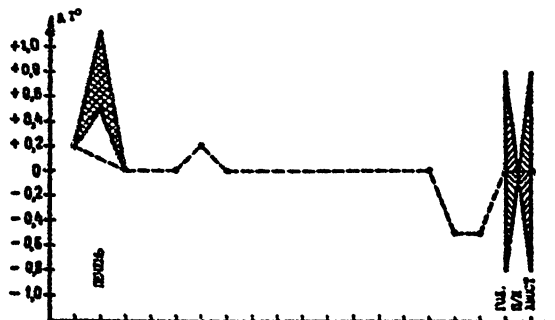
Р и с.9



Р и с. I0

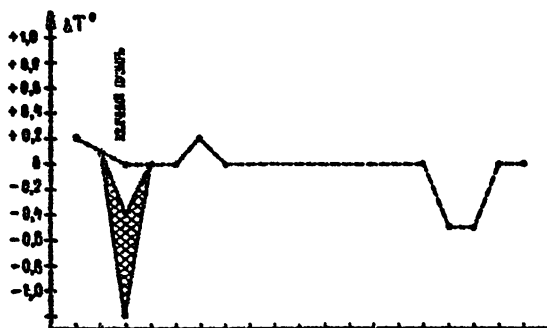
Р и с. II

Области изменения
температуры печени
и поджелудочной
железы у людей
в возрасте до
30 лет,
страдающих
холециститом и
панкреатитом



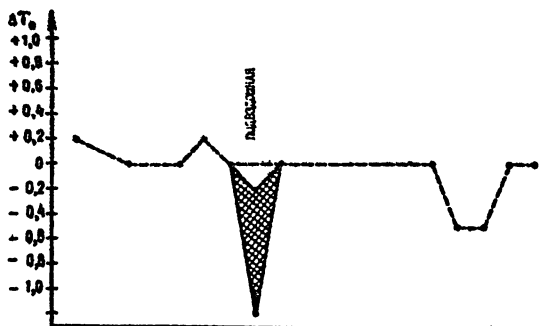
Р и с. I2

Область изменения
температуры
желчного пузыря
при желчно-каменной
болезни у людей
в возрасте
до 30 лет



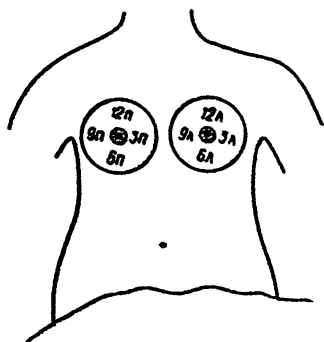
Р и с. I3

Возраст до 30 лет



7. РАДИОТЕРММЕТРИЯ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

Радиотермометрия молочных желез проводилась в США /3/ и в СССР - в Горьком /25/ с целью выявления патологии - опухоли, мастопатии и пр. Однако в США радиотермометрия проводилась на радиоволнах другого диапазона и, следовательно, полученные там результаты трудно сравнимы с результатами, полученными в Горьком. Для получения необходимых сведений о нормальном распределении температуры по молочным железам было обследовано несколько сот женщин разных возрастных групп, считающих себя здоровыми и прошедших традиционное обследование у гинекологов и онкологов. Статистическая обработка результатов измерений дала картину распределения глубинной температуры по здоровой молочной железе. Выяснилось, во-первых, что среднее значение температуры здоровой молочной железы изменяется с возрастом женщины. У молодых она выше на градус-полтора, чем у пожилых. Во-вторых, распределение температуры по железе зависит от месячного цикла. Во время менструации или овуляции в молочной железе могут появляться области, температура которых отличается на градус и более от нормы, что совершенно исключено в "холодный" период. В климактерическом периоде у здоровых женщин также могут появляться области с большой разницей температуры. В-третьих, области с большой разницей температур в здоровых молочных железах иногда наблюдаются при патологии в гениталиях. Отсюда был сделан вывод, что для достоверной диагностики состояния молочных желез необходимо, во-первых, проводить обследование их в "холодный" период, т.е. в течение первых 2-7 дней после окончания месячных, а у пожилых в период устойчивой менопаузы, и, во-вторых, целесообразно тут же провести радиотермометрию гениталий. Для выяснения картины распределения температуры в молочных железах при различных патологиях, было обследовано несколько сот больных, диагноз заболевания которых был установлен традиционными методами в смотровых и гинекологических кабинетах, в женских консультациях. Встречалась различная патология: мастопатия, аденома, рак и др. Статистическая обработка здесь была осложнена тем, что одинаковых патологий с одинаковой их топографией не было. Поэтому при статистической обработке обращалось внимание не на топографию температуры, а на соответствие температуры той или иной патологии.



Р и с. I4

Рекомендуемые области
молочных желез
для радиотермометрии
и их обозначение
на радиотермограмме

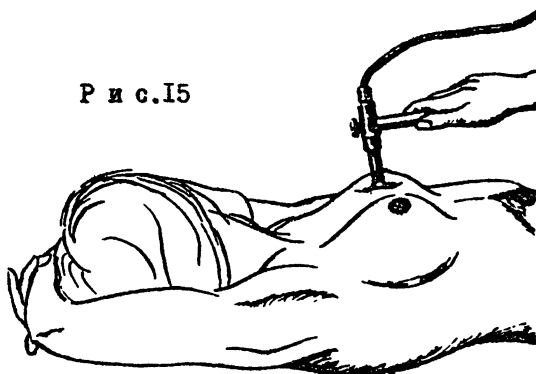
В отличие от принятого обследования молочных желез по квадратам, мы применили порядок обследования "по часам" /25/. Это не только упрощает получение информации, но позволяет, в случае необходимости, более точно локализовать место узла или опухоли. Таким образом, молочная железа рассматривается как циферблат часов (рис. I4) и антенна ставится на соответствующий час.

При диспансеризации и при первоначальном обследовании используются на каждой железе пять областей: 12, 6, 3, 9 и сосок. Этого, как правило, достаточно, т.к. антенна имеет диаграмму около четырех сантиметров в диаметре (на волнах 30 см). Если молочная железа очень

крупных размеров, можно увеличить число областей обследования, например, "правая 12" - около соска и "правая 12 штрих" - по тому же радиусу, но выше первой области. Аналогично "правая 6 штрих" - ниже области "правая 6", а также выбрать дополнительные точки, например, 4.30, 7.30 и т.д. Перед каждым обследованием и после каждой пациентки антенна дезинфицируется погружением в спирт.

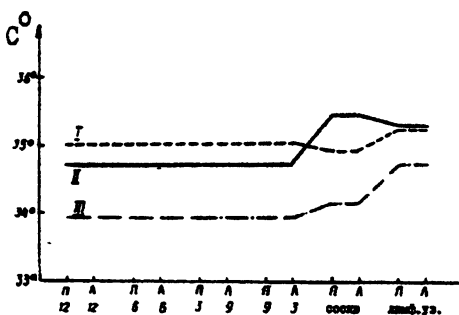
Для обследования пациентка ложится на кушетку, обнаженная до пояса. Руки кладет за голову. Этим достигается уплощение молочной железы и открывается доступ к измерению температуры подмышечных лимфатических узлов (рис. I5). Измеряются поочередно симметричные об-

Р и с. I5



ласти обеих желез. Например, "правая I2", "левая I2", "правая 6", "левая 6", "правая 3", "левая 9", "правая 9", "левая 3", "правый сосок", "левый сосок". Необходимо обратить внимание на то, чтобы во время измерений пациентка была спокойна, по возможности — расслаблена. Особенно это относится к женщинам, страдающим нервными, канцерофобией. Поэтому, перед измерениями, пока производят калибровку радиотермометра по тепловым эталонам радиоконлучения, пациентку информируют, что обследование безболезненное, абсолютно безвредное и можно также ей рекомендовать провести несколько успокоительных дыхательных упражнений: глубокий вдох и медленный, медленный выдох. Обязательно собирается анамнез: необходимо опросить пациентку о том, как регулярно у нее месячные и когда были последние, какие жалобы. Это должно быть записано на ленте самописца.

Необходимо подчеркнуть, что пальпаторное обследование молочной железы не рекомендуется производить до радиотермометрических измерений, чтобы даже легким массажем не повысить температуру железы. После радиотермометрии молочные железы обследуются пальпаторно с целью обнаружения уплотнений в тех областях, где замечено понижение или повышение температуры железы. Однако надо иметь в виду, что пальпаторное обследование не во всех случаях может дать информацию об уплотнении или опухоли, если последние имеют небольшие размеры (как, например, в I-й стадии рака — меньше 2 см в диаметре) и расположена на глубине 3—4 сантиметра. Данные пальпаторного обследования, записанные на ленте самописца, помогают при последующей обработке радиотермограммы.

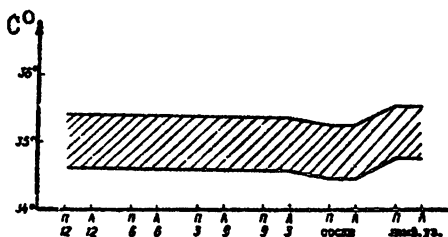


Р и с. 16

Результаты проведенных исследований и измерений удобнее и нагляднее иллюстрировать графически. Так на рис. 16 показано усредненное по большим группам здоровых женщин распределение глубинной температуры по молочным железам. График I соответствует возрастным группам моложе 30 лет, графики II и III — соответственно возрастным группам от 30 до 50 лет и

старше 50 лет. Первое, что здесь нужно подчеркнуть, это то, что у пожилых женщины молочная железа заметно прохладнее, чем у молодых, и разность температур может быть больше одного градуса. Второе, что видно из графика, — у молодых сосны несколько прохладнее ткани железы, а у пожилых наоборот, теплее.

На рис.17 показана область температур молочных желез у здоровых женщин в возрасте до 30 лет, с доверительной вероятностью $P = 0,99$. При этой доверительной вероятности разброс среднего значения температуры молочной железы может достигнуть $\pm 0,4$ градуса. Однако разность температур симметрична



Р и с.17

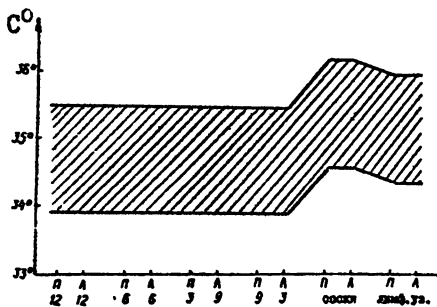
и участков молочных желез у здоровых женщин возрастной группы до 30 лет не превышает, как правило, 0,2 градуса. На рис.18 показано распределение температуры по молочным железам у здоровой женщины Ш., 21 года, в холодный период (10 дней после начала месячных).



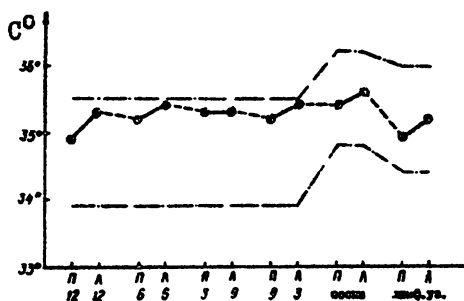
Р и с.18

с доверительной вероятностью $P = 0,99$ температуры молочных желез здоровых женщин этой возрастной группы.

На рис.19 показана область температур молочных желез у здоровых женщин возрастной группы от 30 до 50 лет, с доверительной вероятностью $P = 0,99$. А на рис.20 приведен, для примера, график распределения температуры по молочным железам у здоровой женщины К. в возрасте 36-и лет в "чистую неделю". В



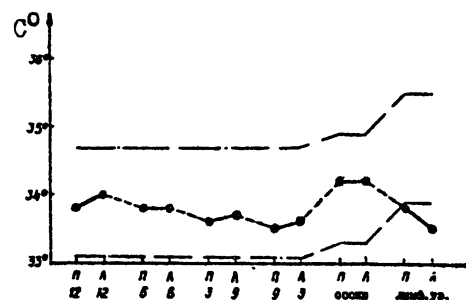
Р и с.19



Р и с.20

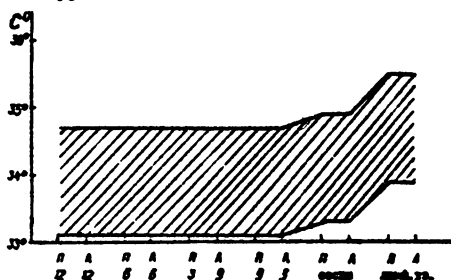
На рис.21 представлен график области температур молочных желез у здоровых женщин возрастной группы старше 50 лет, с доверительной вероятностью $P = 0,99$. Здесь максимальный разброс от среднего значения температур достигает $\pm 0,8$ градуса, но максимальная разность температур симметричных областей молочных желез здоровой женщины

в период устойчивой менопаузы не превышает $0,3-0,4$ градуса. Это иллюстрируется рис.22, где приведено распределение температуры



Р и с.22

этой возрастной группы (от 30 до 50 лет) разность температур симметричных областей молочных желез у здоровых женщин может достигнуть $0,3-0,4$ градуса. Здесь же штрих-пунктирной линией обозначена область разброса температур молочных желез с доверительной вероятностью $P = 0,99$ у этой возрастной группы.



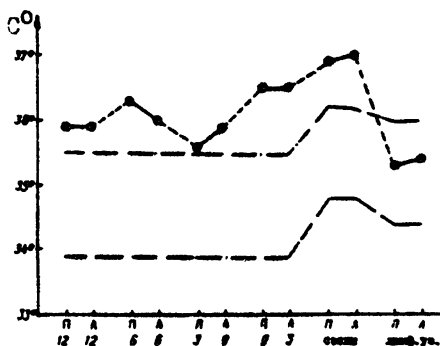
Р и с.21

по молочным железам здоровой женщины 57 лет. Устойчивая менопауза. Штрих-пунктирной линией ограничена область температур у здоровых женщин старше 50 лет. Доверительная вероятность $P = 0,99$. Следует обратить внимание на то, что температура подмышечных лимфатических узлов вышла за пределы области доверительного интервала. Это может быть объяснено, как и

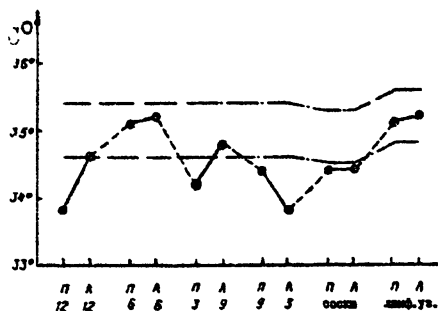
в данном конкретном случае, повышенной потливостью и влажностью в области подмышечных впадин.

Выше указывалось, что во время менструации, овуляции и климактерического периода в молочных железах здоровых женщин появляются области с большой разностью температур, что может быть принято (если не учитывать перечисленных факторов) за патологию. Это иллюстрируется на рис. 23-26. Доверительная вероятность $P=0,99$. Так, на рис. 23 представлено распределение температуры по молочным железам у здоровой женщины 34 лет

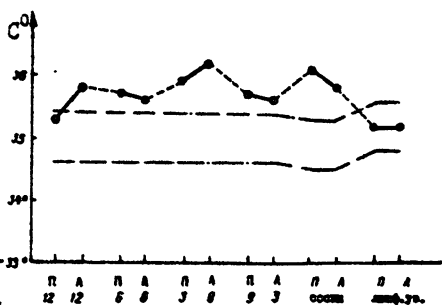
в период овуляции, на рис. 24 - у здоровой 20-летней во время менструации, на рис. 25 - у здоровой женщины 30 лет во время овуляции и на рис. 26 - у здоровой женщины 51 года в климактерическом периоде, где штрих-пунктирной линией ограничена область температур у здоровых женщин старше 50 лет в период устойчивой менопаузы или чистой недели, а на рис. 23-25 штрих-пунктирной линией ограничена область температур у здоровых женщин в холодный период.



Р и с . 2 3



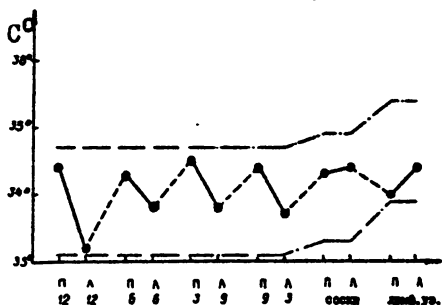
Р и с . 2 4



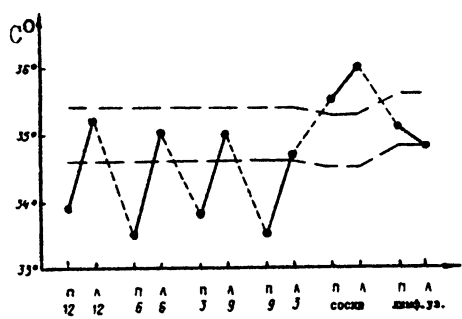
Р и с . 2 5

Следующие графики иллюстрируют патологию. Так, на рис. 27 показано распределение температуры в молочных железах у женщины 28

лет страдающей аденозом правой молочной железы. Здесь следует обратить внимание на два обстоятельства. Первое - это то, что разность температур симметричных областей очень велика, достигает градуса и более. Второе обстоятельство - то, что здоровая железа имеет температуру, укладывающуюся в границы нормы при доверительной вероятности $P = 0,99$, а больная - значимо ниже нормы. В то же время температура сосков превышает норму на 0,5-0,8 градуса. Штрих-пунктирной линией здесь ограничена область температур у здоровых женщин до 30 лет.



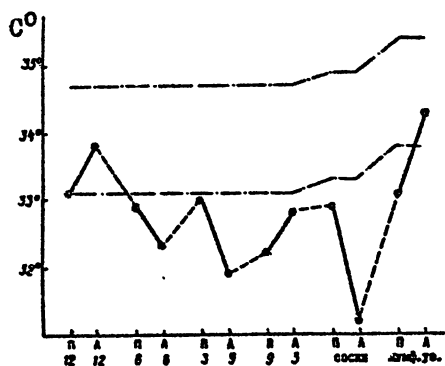
Р и с.26



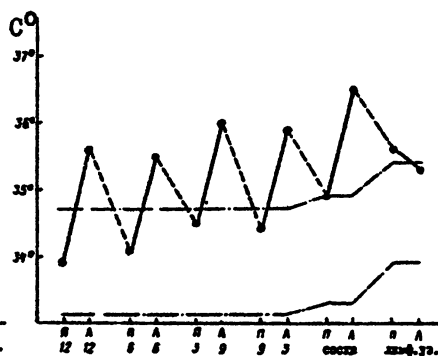
Р и с.27

На рис.28 дан график распределения температуры при мастопатии у больной в возрасте 63 лет. Штрих-пунктирной линией ограничена область температур здоровых женщин в период менструальной паузы, $P = 0,99$. Очень важно отметить, что здесь имеет место не только большая разность температур симметричных областей желез, но и резкое снижение температуры в обследованных точках. При пальпаторном обследовании в этих точках явно обнаруживаются уплотнения и узелки.

И то, что температура этих уплотнений сильно занижена, говорит о доброкачественности процесса в отличие от рака /26/, пример распределения температур при котором показан на рис.29. У больной К. 58 лет рак левой молочной железы подтвержден маммографией и биопсией. На радиотермограмме видно, что разность температур в симметричных областях достигает двух градусов, а температура пораженной железы намного выше среднестатистической температуры для данной возрастной группы. На рисунке область температур у здоровых женщин с доверительной вероятностью $P = 0,99$ ограничена штрих-пунктирными линиями.



Р и с.28



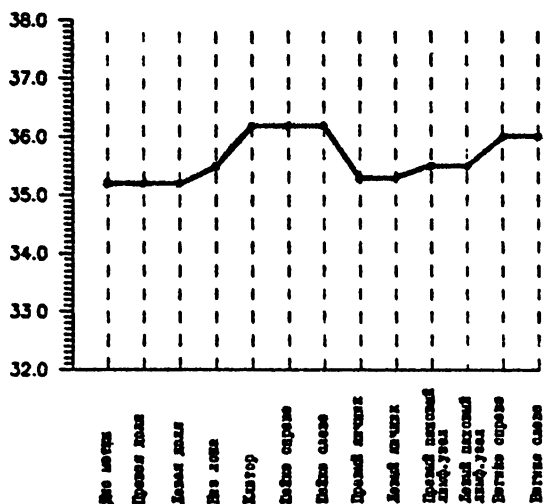
Р и с.29

8. РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ ГЕНИТАЛИЙ

Радиотермометрия гениталий – один из новых объективных методов обследования женщин /25/ с целью диспансеризации или выявления патологии матки и яичников. Его отличает абсолютная безвредность, позволяющая применять этот метод и беременным, безболезненность и простота. Для измерения температуры этих органов антенна радиотермометра устанавливается на кожу. Отпадает необходимость внутривлагалищного бимануального обследования.

Для обследования больная ложится на кушетку на спину, предварительно естественным образом опорожнив мочевой пузырь. Антенна ставится поочередно на следующие точки: дно матки – верхний край лона по белой линии, правую и левую части матки – середина лона справа и слева от белой линии, низ лона, клитор, шейку матки – справа и слева от больших губ, влагалище – справа и слева от больших губ над уровнем входа, правый и левый яичники и правый и левый паховые лимфатические узлы. Естественно, что перед обследованием и после каждой пациентки антенна тщательно дезинфицируется. Для дезинфекции применяется 96-процентный спирт или спиртовый раствор хлоргексидина. Необходимо отметить, что при обследовании антенну не следует устанавливать на слизистую поверхность. В том случае, когда на обследование поступают паци-

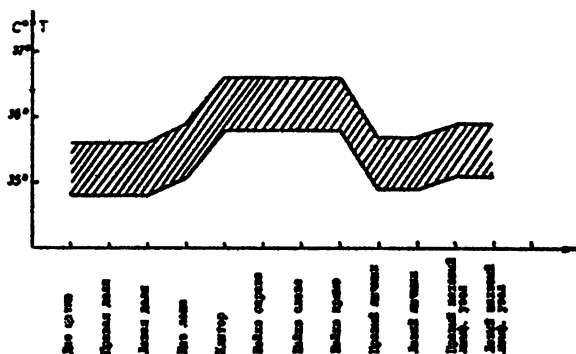
ентия из смотровых кабинетов или из женских консультаций, целесообразно требовать, чтобы в направлении указывалось, если это имеет место, о смещении тазовых органов /27, 28/. Тогда можно ввести необходимую коррективную в план обследования, изменяя область установки антенны.



Р и с.30

Для выяснения нормального распределения температуры гениталий, была обследована большая группа здоровых женщин, в холодный период, в возрасте от 20 до 68 лет. Все они прошли проверку состояния гениталий у гинеколога в женской консультации. На рис. 30 показано усредненное по этой группе распределение температуры указанных выше областей. Надо заметить, что с возрастом температура гениталий снижается, в частности,

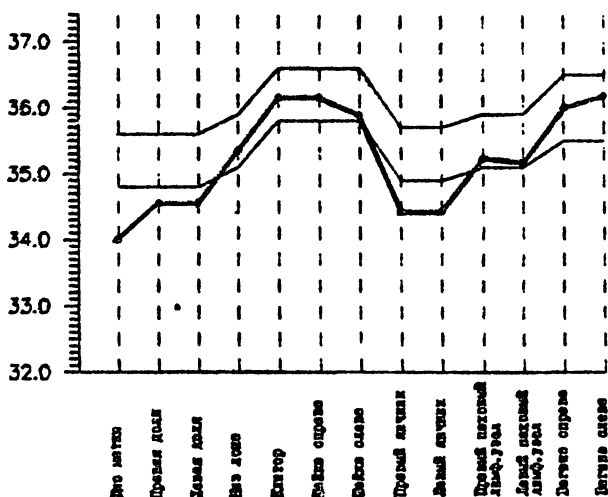
при менопаузе температура клитора заметно ниже. Для учета разброса температур была выполнена статистическая обработка и на рис.31 показана область распределения температур гениталий у здоровых женщин в возрасте от 20 до 68 лет, с достоверной вероятностью $P = 0,99$.



Р и с.31

Чтобы представить себе картину распределения температур у р и гениталий при различных заболеваниях, мы провели обследов а н и е больных, направленных к нам из женских консультаций с известными, заранее установленными диагнозами: фибромами, кистами, раком, б е р е м е н н о с т я м и .

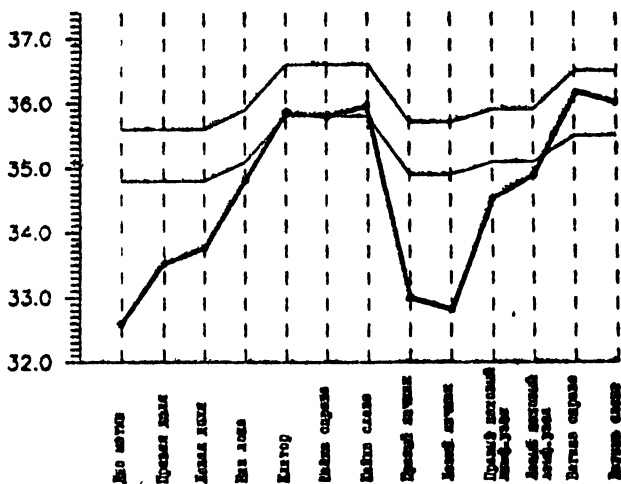
Как пра- в и л о , ф и б р о м а м а т к и д а е т с н и ж е н и е т е м п е р а т у р ы н о с р а в н е н и ю с н о р м о й а д о р о в о й м а т к и . Т а к н а р и с . 3 2 п о к а з а н о р а с п - р е д е л е н и е т е м п е р а т у р ы г е н и т а л и й у б о л ь н о й Д . в о з р а с т а 4 3 г о д а . У н е е о б н а р у ж е н а ф и б р о м а м а т к и н е б о л ь ш и х р е з -



Р и с . 3 2

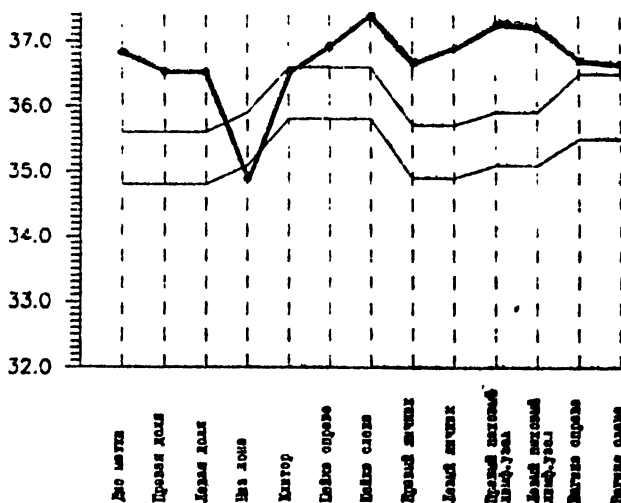
Здесь, а также на рис. 33–35, тонкими линиями обозначена область распределения температур гениталий у здоровых женщин, $P = 0,99$. Наблюдается снижение температуры дна матки на градус, а тело матки имеет температуру на полградуса ниже нормы. Нужно отметить, что у этой больной несколько снижена температура яичников. На следующем графике (рис. 33) приведено распределение температуры гениталий у больной С. 55 лет. У нее гинекологи диагностировали крупную, размером с кулак фиброму. Здесь понижение температуры матки и яичников еще более заметно – на два с лишним градуса по сравнению с нормой.

Киста яичников дает небольшое понижение температуры в пределах до половины градуса. Совсем наоборот, значительное повышение температуры и матки, и лимфатических узлов дает рак. На рис. 34 показано распределение температуры гениталий у больной Г. 65 лет,



Распределение температуры гениталий у больной С. 55 лет

Р и с.33



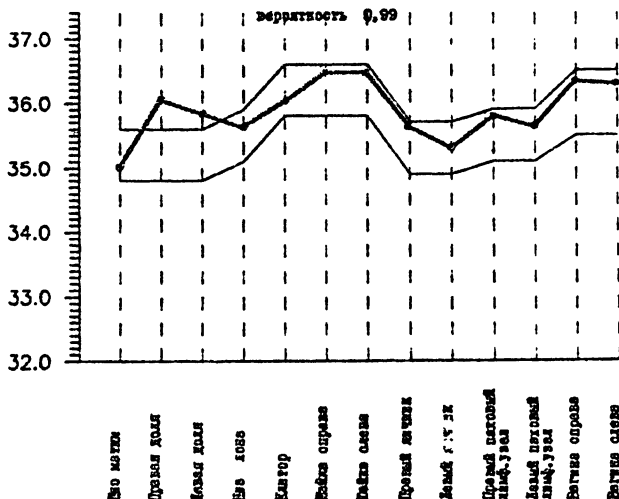
Р и с.34

страдающей раком матки. Здесь и тело матки, и шейка, и лимфатические узлы имеют повышение температуры почти на два градуса.

Интересно отметить, что небольшое повышение температуры тела матки наблюдается и на ранней стадии беременности тогда, когда обычным гинекологическим способом достоверно констатировать беременность невозможно. Конкретный тому пример иллюстрирует следующий случай.

Гражданка Ш. 29 лет обратилась в женскую консультацию по поводу задержки месячных. Обследовали ее ни патологии, ни беременности не обнаружили и пациентку Ш. направили к нам на радиотермометрию.

Распределение температуры гениталий (рис.35) позволило нам высказать предположение о ранней стадии беременности и о том, что оплодотворенная яйцеклетка укрепились в правой стороне матки. Рекомендовали гражданке Ш. пройти недели через полторы-две в женской консультации повторное обследование. Через две недели, т.е. на 4-й неделе была диагностирована беременность, подтвердившая наше предположение.



Р и с.35

9. РАДИОТЕРММЕТРИЯ ПОЧЕК

Для выполнения радиотермометрии почек пациент должен лечь на кушетку спиной кверху, обнажив область от лопаток до ягодиц. А н-

тенна ставится по очереди на проекции левой и правой почеч. Как правило, у здоровых людей почки несколько холоднее области брюшной полости, что видно из рис. 5-8. При воспалительных процессах температура почек повышается. Нужно заметить, что пальпаторно определить положение почки весьма затруднительно и не всегда удается. Поэтому следует ориентироваться по первому поясничному и двенадцатому грудному позвонкам, согласно топографической анатомии /29/. Однако в тех случаях, когда измеряемая температура почек оказывается выше нормы, может иметь место ее опущение. Установить это можно, сделав несколько измерений - на 1, 2, 3 сантиметра ниже первоначально определенного уровня.

У детей температура почек несколько выше, чем у взрослых и почти достигает значений, близких к температуре кишечника.

10. РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Поджелудочную железу радиотермометрируют со стороны спины. Согласно /29/ ее средняя часть находится за первым поясничным позвонком, хвост частично закрыт левой почкой, а головка - правой почкой. Поэтому антенну нужно ставить для измерения температуры хвоста - между позвоночником и левой почкой, приблизительно на уровне двенадцатого грудного позвонка, а для измерения температуры головки - между позвоночником и правой почкой, приблизительно на уровне второго поясничного позвонка. В норме температура головки и хвоста одинаковы (рис. 5-6), а при диабете и панкреатите головка и хвост поджелудочной железы могут иметь различную температуру (рис. II). Для диагностики патологии только одно значение температуры недостаточно. Необходим анамнез и клинические проявления. Можно заметить, что при холецисто-панкреатите нередко отмечается повышенная температура желчного пузыря и разница в температуре головки и хвоста поджелудочной железы.

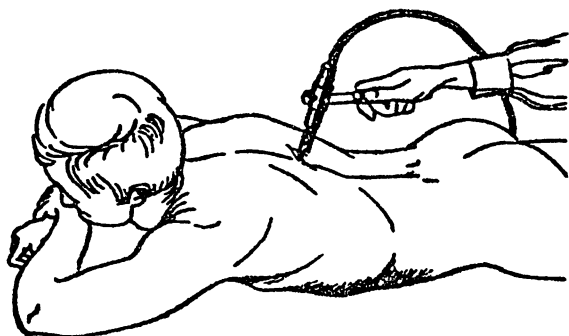
11. РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Радиотермометрия позвоночника, т.е. измерение распределения температуры вдоль него, открывает возможность диагностики ряда заболеваний без применения рентгенографии. Последняя, связанная с ионизирующим облучением, не безвредна ни для пациента, ни для

окружающей среды. Поэтому там, где представляется возможность, имеет смысл исключить рентгенографию из арсенала диагностических средств и способов.

Особенно просто и достоверно диагностируется с помощью радиотермометрии остеохондроз – часто встречающееся заболевание. Но, как будет показано ниже, радиотермометрия дает характерную картину распределения температуры и при опухолях, и при грыжах диска /25, 30/.

Для обследования пациент ложится на кушетку кверху спиной. После обязательной традиционной дезинфекции в широте, контактная антенна ставится последовательно на интересующие позвонки, начиная от атланта до копчика. Наш опыт показал, что для первоначального, так сказать, обзорного обследования достаточно измерить температуру девяти позвонков: первого и четвертого шейных, первого, шестого и двенадцатого грудных, первого и пятого поясничных, середины крестца и копчика. В последующем, если окажется, что температура этих

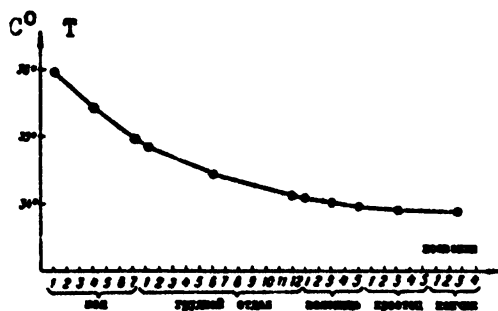


Р и с.36

девяти позвонков выходит за пределы нормы и потребуются более четко локализовать патологию, можно измерить температуру любого позвонка. Процедура радиотермометрии позвоночник а показана на рис.36

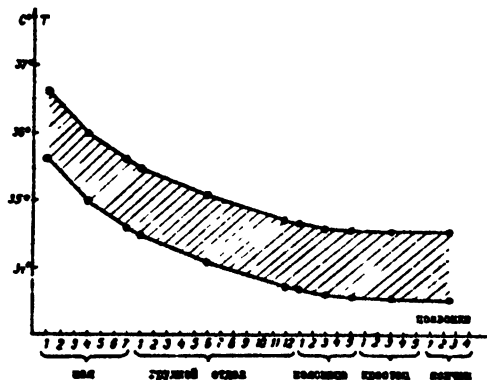
Мы начали с того, что измерили распределение температуры вдоль позвоночника у большой

группы (более пятидесяти человек) здоровых молодых людей. В основном это были студенты и студентки 6-го курса медицинского института, в возрасте до 30 лет. Типичное усредненное распределение температуры вдоль позвоночника у здорового человека показано на рис. 37. Однако даже у этой группы здоровых людей был значительный разброс температуры позвоночника. Результаты измерений, статистически обработанные с доверительной вероятностью $P = 0,99$, позволили получить область температур позвоночника у здоровых людей. Эта область приведена на графике рис.38.



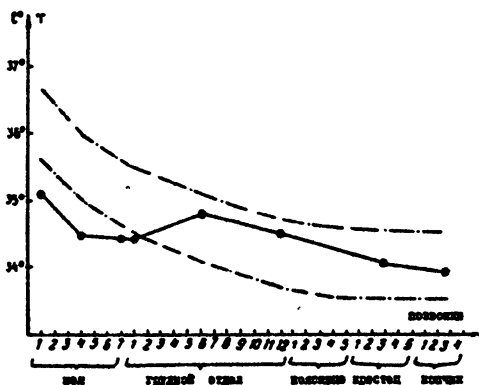
Р и с.37

Типичное усредненное
распределение температуры
вдоль позвоночника
у здорового человека



Р и с.38

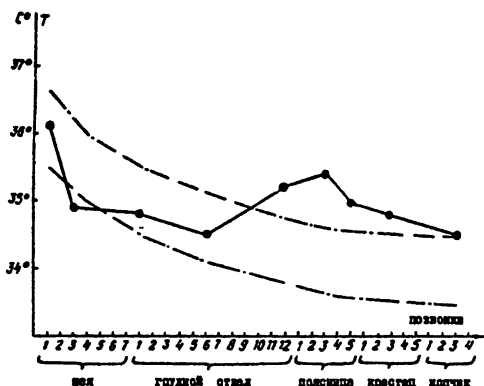
Область нормального
распределения температуры
вдоль позвоночника
у здоровых людей



Р и с.39

Распределение температуры
у больного,
страдающего остеохондрозом
шейного отдела позвоночника

Для исследования распределения температуры вдоль позвоночника при патологии мы проводили измерения у больных с известным, полученным ранее диагнозом (рентгенография и пр.), или же, если диагноз ставился обычными методами после нашего обследования, сверяли и сопоставляли наши результаты с установленным позже диагнозом. В результате кропотливой статистической обработки было установлено с доверительной вероятностью $P = 0,99$, что при остеохондрозе наблюдается понижение температуры на 0,5–1,5 градуса по сравнению с нормальным распределением, а при корешковом синдроме — такое же повышение температуры. Для иллюстрации этого на рис. 39 приведен график распределения температуры у больного М. 50 лет, страдающего остеохондрозом шейного отдела позвоночника. На этом же графике штрих-пунктирной линией обозначена область нормального распределения температуры с доверительной вероятностью $P = 0,99$.



Р и с. 40

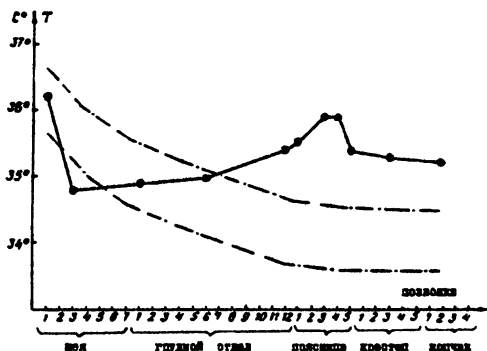
На рис. 40 аналогично показано распределение температуры у больного 36 лет, страдающего корешковым синдромом в период обострения.

Обследование больных нейрохирургического отделения больницы дало возможность установить определенную картину распределения температуры вдоль позвоночника при грыжах позвоночника. В области грыжи температура выше нормальной для данного субъекта на 1,5–2

градуса. Это показано на рис. 41 — у больной Л., 46 лет грыжа диска между 3 и 4 поясничными позвонками (подтверждено на операции). Еще выше температура при опухоли. Это показано на рис. 42. Больная Б. 54 лет, у нее опухоль в районе 2–4 поясничного позвонков с метастазами как в сторону крестца и копчика, так и грудного отдела.

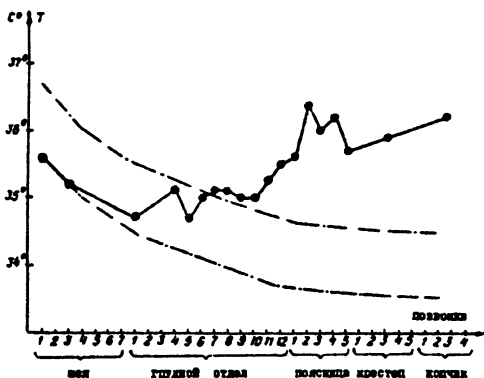
Надо заметить, что хирурги, нейрохирургического отделения больницы очень заинтересовались нашими измерениями и в большинстве случаев сравнивали результаты радиотермометрии со своими классическими обследованиями: пневмомиемографиями, контрастной периду-

рографияей и дискографияей. Как правило, результаты совпадали. Это еще раз подтверждает целесообразность радиотермометрии в диагностике патологии позвоночника.



Больная Л.,
46 лет.
Грыжа диска
L₃ - L₄
(подтверждено
на операции)

Р и с.41



Больная Б.,
54 года.
Опухоль
L₂ - L₄
(метастазы)

Р и с.42

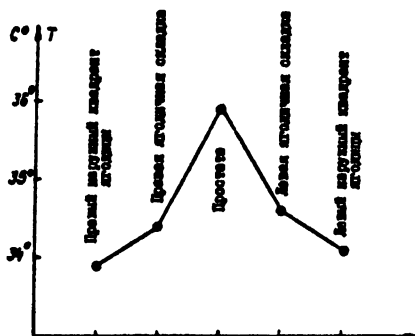
12. РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Обследуя предстательную железу, мы пришли к выводу о необходимости измерения температуры не только самой простаты, но и определения разности ее температуры и какой-то "опорной точки", обладающей определенной стабильностью температуры. Но эта "опорная" точка должна быть где-то поблизости от предстательной железы. Де-

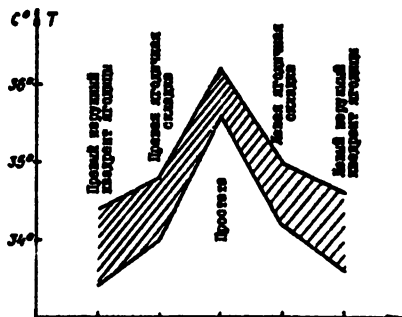
до в том, что первоначально для измерения температуры бо л ь н о й принимал классическую позу: "коленно-локтевое" положение. Боль - ные, как правило, люди пожилые, нередко преклонного возр а с т а . Эта поза для них очень затруднительна, неустойчива. Если выбирать "опорную" точку где-то вдали от простаты, больного нужно пово ра - чивать, менять позу, что для него весьма утомительно. В результа - те некоторого отбора, мы остановились на четырех опорных точках : верхние наружные квадранты ягодиц, как область с менее разветв - ленной сосудистой системой, и ягодичные складки - области, близ - кие к предстательной железе. В дальнейшем мы отказались от утоми - тельной для больного позы коленно-локтевого положения и от опор - ных точек - верхних квадрантов ягодиц. Более удобная для больного и для проведения измерений оказалась такая поза: обследуемый, стоя на полу лицом к кушетке, расставляет ноги чуть шире плеч и накло - нившись упирается локтями в кушетку. При этом и поза устойчива, и легок доступ к ягодичным складкам и простате. Для измере н и я температуры предстательной железы антенна устанавливается на кожу между заднепроходным отверстием и мошонкой.

Начали обследование мы с того, что подобрали группу молодых здоровых мужчин в возрасте до 30 лет - около 50 человек. В о с - новном это были студенты медицинского института и добровольцы из стационара больницы, госпитализированные по не связанным с прос - татой заболеваниями. Типичное усредненное по 50 здоровых мужчинам распределение температуры в наружных ягодичных квадрантах, яго - дичных складках и предстательной железе показано на рис.43. Одна - ко и здесь имеет место субъективный разброс температур. Облас т ь нормальных значений температур в этой сфере, с доверительной ве - роятностью $P = 0,99$ показана на рис.44. Как показал дальнейш и й клинический анализ, измерение температуры верхних наружных квад - рантов ягодиц не дает дополнительно реализуемой информации. П о - этому мы пришли к выводу о нецелесообразности этих измерений и ограничились тремя точками: сама простата и правая и левая яго - дичные складки /25, 31/.

Для получения картины распределения температуры в этих тре х точках при различных патологиях простаты, было обследовано око ло ста больных урологического отделения больницы с известным диагно - зом. В том числе 48 больных с аденомой простаты, 46 с простатитом и 4 с раком предстательной железы. Все измерения были обрабо та ны

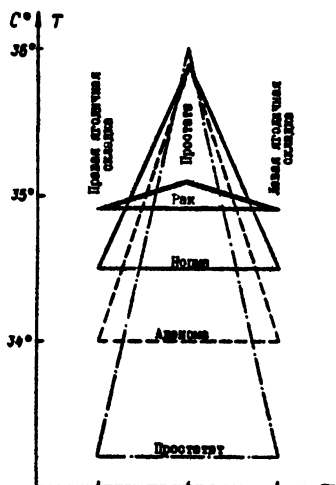


Р и с. 43

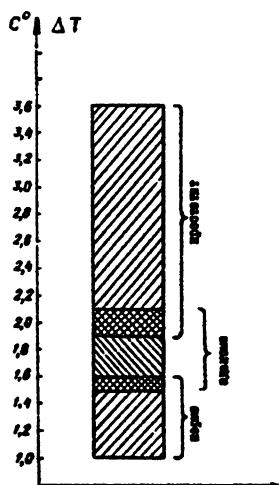


Р и с. 44

статистически с доверительной вероятностью $P = 0,99$. При этом получены весьма интересные результаты. Оказывается, что при доброкачественных патологиях температура самой простаты мало отличается от температуры здоровой предстательной железы. Зато температура ягодичных складок сильно изменена. Усредненные значения этих температур по указанным больным приведены на рис.45. В то же время разброс разности температуры простаты и среднего значения температуры ягодичных складок может быть весьма значительным. Это показано на рис.46 - с доверительной вероятностью $P = 0,99$.



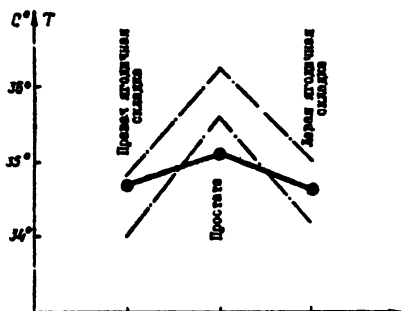
Р и с. 45



Р и с. 46

Совсем иначе выглядит картина при раке предстательной железы: во-первых, ее температура резко понижена, а температура ягодичных

складок наоборот — сильно повышена. Таким образом, разность этих температур при раке может не только снизиться до нуля, но в нашей практике был один случай, когда температура ягодичных складок оказалась у больного раком простаты несколько выше температуры предстательной железы. В качестве примера на рис. 47 приведена радиотермограмма больного Л. 59 лет, страдающего раком предстательной железы.



Р и с. 47

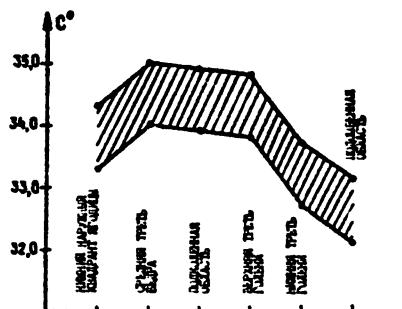
13. РАДИОТЕРМЕТРИЯ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ (СОСУДИСТЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ)

Измерение глубинной температуры тканей нижних конечностей открывает новые возможности в диагностике и наблюдении за лечением таких тяжелых заболеваний, как облитерирующий атеросклероз артерий и магистральных артерий.

Измерения рекомендуется проводить в шести точках нижних конечностей /32, 33/. Выбор этих точек обосновывается следующим образом. Первая точка — наружный квадрант ягодицы — система внутренней подвздошной артерии. Вторая точка — средняя треть бедра — система глубокой артерии бедра. Третья точка — подколенная область — ключевая область нижних конечностей в силу коллатеральных связей глубокой артерии бедра с подколенной. Четвертая точка — область икроножных мышц, наиболее уязвимый участок, ибо здесь наиболее часто возникает нагрузочная ишемия. Пятая точка — нижняя треть голени — зона, где перфузионное давление наиболее низкое. Шестая точка — подошвенная поверхность стопы, как самая дистальная область нижних конечностей, т.к. радиотермометр тридцатисантиметрового диапазона волн не позволяет измерять радиозлучение

пальцев ног. Измерение следует проводить (у больного, лежащего на кушетке на животе), в симметричных точках обеих ног, начиная с наружного квадранта ягодиц. На рис. 48 показана область распределения температуры в указанных точках здорового человека, $P = 0,99$, а на рис. 49 приведено распределение температуры вдоль правой ноги у больного 58 лет, страдающего облитерирующим эндартериитом.

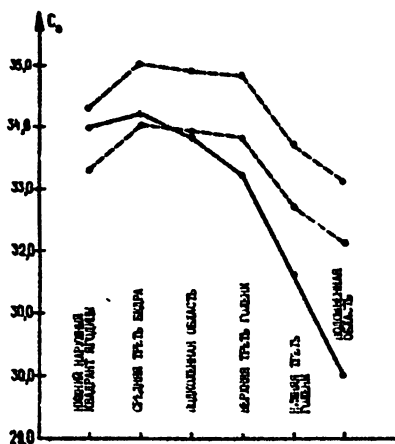
Для уточнения диагноза можно провести измерение и распределения температуры вдоль ноги после физической нагрузки, например, 20-25 движений в коленном суставе и еще раз после приема таблетки нитроглицерина.



Р и с. 48

после приема таблетки нитроглицерина.

Этим же методом рекомендуется контролировать состояние пациента в процессе лечения.



Р и с. 49

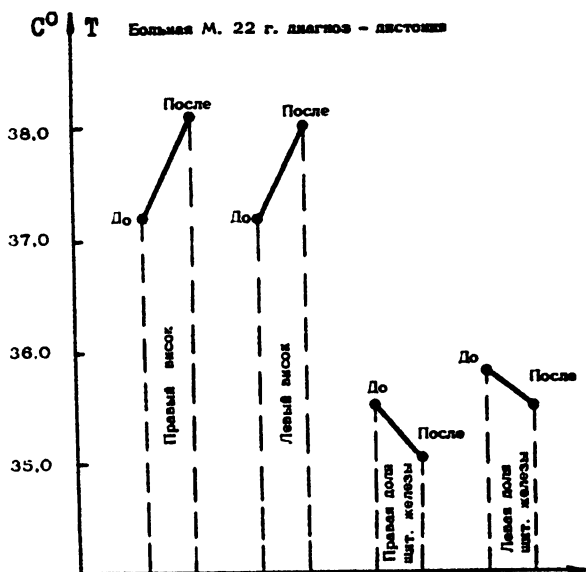
14. ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСОЛИДАЦИИ КОСТИ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ

Радиотермометрическое обследование консолидации кости при лечении переломов, возможно лишь в том случае, когда применяется аппарат Илизарова. При использовании гипсовых повязок или лангетов этот метод нельзя использовать. Суть заключается в том, что ведется измерение температуры в трех точках: выше перелома, ниже перелома и над переломом. Обычно температура в области перелома до наступления полной консолидации выше чем там, где кость целая. Это легко объясняется активным обменным процессом, определяемым ростом костной мозоли. Постепенно с заживлением перелома температуры в этих трех точках выравниваются. Такое применение радиотермометрии может быть использовано в сочетании с методом удлинения конечности по Илизарову, без рентгеновского контроля.

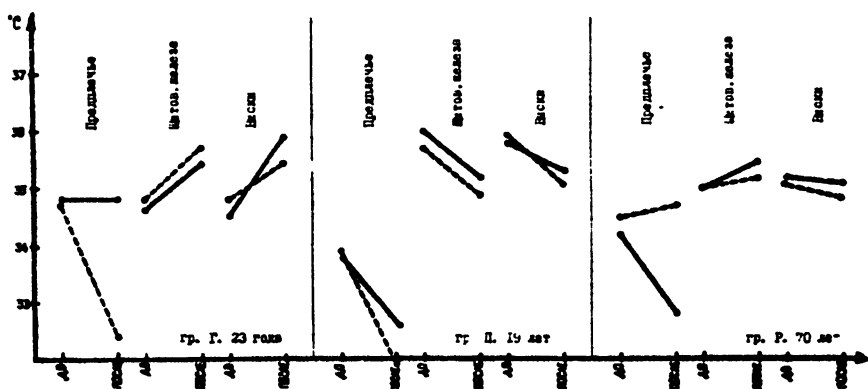
15. РАДИОТЕРМОМЕТРИЯ В ФИЗИОТЕРАПИИ И ИГЛОРЕФЛЕКСОТЕРАПИИ

В предыдущих главах описывалось применение радиотермометрии в диагностических целях, а в этой главе — об использовании ее для наблюдения за результатами физиотерапевтического воздействия. Известно, что некоторые физиотерапевтические процедуры при определенных условиях вызывают охлаждение глубоких тканей /34/, а некоторые — нагрев /7/. Величина нагрева или охлаждения может являться показателем правильности выбранной дозировки процедуры, да и самой процедуры. То же самое можно сказать и об иглорефлексотерапии. На рис.50 приведен пример результата воздействия на человека лечебной дозой ультразвука. Некоторые органы получили значительное охлаждение, другие нагрелись и лишь через какое-то время температура возвратилась к первоначальной. На рис.51 показано, что одно и то же терапевтическое воздействие магнитным полем у одних пациентов вызывает нагрев глубоких тканей, у других — охлаждение. Причем изменяется температура не только в той области, которая подверглась облучению, но и в областях, отдаленных от зоны воздействия. Применяя радиотермометрию в сочетании с физиотерапией, можно быстро и рационально корректировать ход терапии.

На рис.52 приведен пример изменения температуры правой голени (трофическая язва) в течение 10 каждодневных сеансов иглореф-



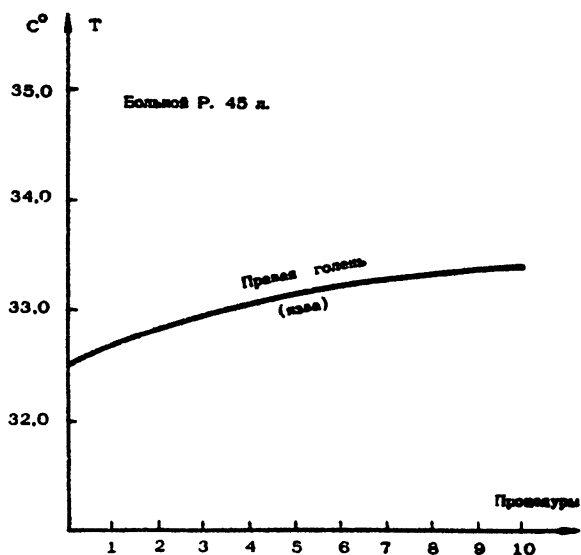
Р и с.50



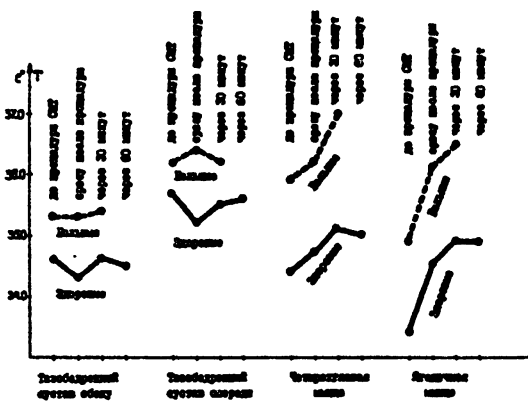
Р и с.51

Температурная реакция органов на воздействие синусоидальным магнитным полем 30 мТ на правое предплечье в течение 5 минут через рукав и воздушную 10 мм прослойку.

Условные обозначения: сплошная линия - правая сторона, штриховая - левая



Р и с. 52



Р и с. 53

Ход изменения среднего значения температуры мышц у здоровых детей и больных ДЦП во времени в результате воздействия СМТ на четырехглавую мышцу.

При доверительной вероятности 0,95 разброс температуры $\pm 0,3^{\circ}$

лексотерапии. В данном случае эффект лечения положительный и радиотермометрия показывает, что лечение выбрано верно.

На рис. 53 показан результат воздействия синусоидальных модулированных токов на детей, здоровых и страдающих ДЦП.

16. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Радиотермометрия – относительно “молодой” метод в медицине. Его возможности безусловно значительно шире, чем описаны в настоящей работе. Необходимо продолжать исследования применения радиотермометрии в различных областях медицины, набирать статистику и открывать новые применения этого метода.

Статистическая обработка результатов измерений

Погрешность единичного измерения температуры глубинной ткани человека определяется флуктуационным порогом чувствительности радиометра и потерями в антенном тракте, т.е. техническими параметрами радиотермометра и составляет около $0,1^{\circ}$. (Это соответствует погрешности обычного медицинского ртутного термометра.) Она не только у разных здоровых людей, но даже у одного и того же человека, в разное время суток, температура глубинных тканей или органов может отличаться, практически почти на целый градус. Это объясняется как субъективными данными человека, так и биологическими ритмами. Для исключения влияния биологических ритмов следует проводить все измерения в одно и то же время суток, например с 10 часов утра до 14 часов дня. Тогда разброс значений температур будет определяться только субъективными особенностями людей. Этот разброс подчиняется нормальному закону распределения, соответствующий с формулой Гаусса:

$$\psi = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\Delta t)^2}{2\sigma^2}}$$

где Δt – отклонение температуры от среднего значения, σ^2 – дисперсия, e – основание натуральных логарифмов, ψ – относительная частота появления отклонения температуры Δt . А корень квадрат-

ный из дисперсии - это предел среднеквадратичной ошибки S_n при увеличении числа измерений до бесконечности:

$$\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n.$$

Среднеквадратичной ошибкой называется величина

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (\bar{t} - t_i)^2}{n-1}},$$

здесь n - число измерений, t_1, t_2, \dots, t_i - значение температуры каждого измерения, \bar{t} - среднееарифметическое значение температуры из всех измерений:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}.$$

Большие отклонения температуры единичного измерения у одного человека от среднего значения по некоторой группе людей встречаются реже, чем малые. Статистическая обработка результатов измерений /35, 36/ позволяет нам выяснить интервал или разброс температуры единичных измерений, в который с заданной или, как говорят, доверительной вероятностью попадает определенное число проведенных исследований.

Доверительный интервал температур можно представить разностью $(\bar{t} + \Delta t) - (\bar{t} - \Delta t)$, где Δt - отклонение единичного измерения от среднего значения температур. При очень большом количестве измерений интервал $(\bar{t} + \sigma) - (\bar{t} - \sigma)$ соответствует доверительной вероятности 0,68. Это означает, что в данный интервал температур попадает 68% всех измерений. Интервалу $(\bar{t} + 2\sigma) - (\bar{t} - 2\sigma)$ соответствует доверительная вероятность 0,95, а интервалу $(\bar{t} + 3\sigma) - (\bar{t} - 3\sigma) - 0,997$.

При обычных измерениях можно ограничиться доверительной вероятностью 0,9 или 0,95, но в тех случаях, когда необходима особая точность, прибегают к доверительной вероятности 0,999 - т.е. 99,9%; в результате всех измерений укладывается в выбранный интервал.

Когда же число измерений, из которых определена среднеквадратичная ошибка S_n , но очень велико, что имеет место в меди-

цинских исследованиях, для определения отклонения Δt при заданной доверительной вероятности пользуются коэффициентом Стьюдента. Коэффициент Стьюдента – это доверительный интервал, выражен в σ в долях среднеквадратичной ошибки для определенного конечного числа измерений, зависящий от доверительной вероятности. Коэффициенты Стьюдента приводятся в таблицах многих руководств по статистической обработке результатов измерений /35/ и в учебнике а. х. Пользуясь коэффициентом Стьюдента, определяем отклонение единичного измерения от среднеарифметического по формуле

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_{st} S_n}{\sqrt{n}} .$$

В свете изложенного, последовательность наших расчетов была такова.

1. Определяем среднеарифметическое значение измеренной температуры:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n} .$$

2. Вычисляем среднеквадратичную ошибку:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (\bar{t} - t_i)^2}{n-1}} .$$

3. Определяем отклонение температуры от среднеарифметического, взяв из приведенной таблицы коэффициент Стьюдента:

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_{st} S_n}{\sqrt{n}} .$$

4. Получаем в результате

$$t = \bar{t} \pm \Delta t .$$

В таблице приведены коэффициенты Стьюдента для количества измерений от 2 до 60. Однако рекомендуется в исследованиях иметь минимальное число измерений – 16. Дополнительные сведения по медицинской статистике можно найти в работе /36/.

КОЭФФИЦИЕНТЫ СТЬЮДЕНТА

Число измерений :	Доверительная вероятность			
	0,9	: 0,95	: 0,99	: 0,999
2	6,3	12,7	63,7	636,6
3	2,9	4,3	9,9	31,6
4	2,4	3,2	5,8	12,9
5	2,1	2,8	4,6	8,6
6	2,0	2,6	4,0	6,9
7	1,9	2,4	3,7	6,0
8	1,9	2,4	3,5	5,4
9	1,9	2,3	3,4	5,0
10	1,8	2,3	3,3	4,8
11	1,8	2,2	3,2	4,6
12	1,8	2,2	3,1	4,5
13	1,8	2,2	3,1	4,3
14	1,8	2,2	3,0	4,2
15	1,8	2,1	3,0	4,1
16	1,8	2,1	2,9	4,0
17	1,7	2,1	2,9	4,0
18	1,7	2,1	2,9	4,0
19	1,7	2,1	2,9	3,9
20	1,7	2,1	2,9	3,9
21	1,7	2,1	2,8	3,8
22	1,7	2,1	2,8	3,8
23	1,7	2,1	2,8	3,8
24	1,7	2,1	2,8	3,8
25	1,7	2,1	2,8	3,7
26	1,7	2,1	2,8	3,7
27	1,7	2,1	2,8	3,7
28	1,7	2,0	2,8	3,7
29	1,7	2,0	2,8	3,7
30	1,7	2,0	2,8	3,7
35	1,7	2,0	2,8	3,7
40	1,7	2,0	2,7	3,6
50	1,7	2,0	2,7	3,6
60	1,7	2,0	2,7	3,5

ЛИТЕРАТУРА

- I. Enander B., Larson G. Microwave radiometric measurements of the temperature inside a body // *Electronics Letters*. - 1974 - V.10, N.15. - P.317.
2. Barrett A.H., Myers P.C. Subcutaneous temperatures: a method of noninvasive sensing // *Science*. - 1975. - V. 190, N.4215. - P. 669.
3. Barrett A.H., Myers P.C., Sadosky N.L. Detection of breast cancer by microwave radiometry // *Radio Science Suppl.* - 1977. - V. 12, N.6. - P.167.
4. Прессман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. - М.: Наука, 1968.
5. Джонсон К.К., Гай А.В. Воздействие неионизирующего электромагнитного излучения на биологические среды и системы//Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (НИИЭР). - 1972. - Т.60, № 6. - С.49.
6. Рахлин В.Л., Зубов М.М., Плечков В.М. Радиометр пятисантиметрового диапазона и некоторые результаты его применения в СВЧ термографии//Изв.вузов. - Радиофизика. - 1982. - Т. 25, № 8. - С.958.
7. Рахлин В.Л., Зубов М.М., Куприянова Т.С., Гетманцева И.А. Радиотермометр 60 см диапазона волн и некоторые результаты его применения в медицинской диагностике//Изв.вузов. - Радиофизика. - 1989. - Т.32, № 5. - С.557.
8. Троицкий В.С. и др. О возможности использования собственного теплового радиоизлучения тела человека для измерения температуры его внутренних органов//Препринт № 131. - Горький: НИРФИ, 1979.
9. Троицкий В.С., Рахлин В.Л., Сизьмина Л.К., Аранжереев Е.А. Авторское свидетельство № 1345803 от 15.06.87 на "Устройство для измерения температуры диэлектрической среды". Заявка № 3881741, приоритет изобретения от 04.06.85.
10. Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплолокация. - М.: Сов.радио, 1964.
- II. Dicke R.M. The measurement of thermal radiation at microwave frequencies // *The Review of Scientific Instruments*. - 1946. - V.17, N.7. - P.268.

12. Троицкий В.С., Рахлин В.Л. Абсолютный микроволновый радиометр на волну 3,2 см//Ученые записки ГТУ им.Лобачевского и ГИЭТИ. Т.30 , 1956.
13. Osterrieder S., Schaller C. Ein Mikrowellenradiometer für medizinische Anwendung // Frequenz. - 1983. - Bd. 37, N. 1. - S. 7.
14. Zudeke K.M., Schik B., Kohler J. Radiation balance microwave thermograph for industrial and medical applications//Electron Letters. - 1978. - V.14, N.6. - P.194.
15. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. - М.: Наука, 1973.
16. Рахлин В.Л., Родина В.М., Закаев В.А. Описание радиометра для калибровки антенн. - Отчет НИРФИ, 1963.
17. Белов И.Ф., Дивакова Е.К., Добрынина Т.Н. Вибраторные антенны для контактных измерений внутренней температуры тел//Сб.трудов Всесоюзной конференции "Методические вопросы определения температуры биологических объектов радиофизическими методами". - М.: АН СССР, 1985. - С.164.
18. Белов И.Ф., Дивакова Е.К. Вибраторная антенна//Авторское свидетельство № 1288788, приоритет 11.06.85. Бюллетень изобретений № 5, 07.02.87.
19. Рахлин В.Л. Метод регулируемого подшумливания для устранения ошибок радиометра, вызванных рассогласованием антенны с телом//Изв.вузов. - Радиофизика.- 1984. - Т.27, № 9. - С.1204.
20. Flater R.H. Synchronous integrator and demodulator//The Review of Scientific Instruments. - 1965. - V.36, N.5. - P.634.
21. Троицкий В.С., Рахлин В.Л., Зубов М.М.//Авторское свидетельство № 1485082 от 08.02.89 на "Эталон теплового радиоизлучения для калибровки медицинских радиотермометров". Заявка № 4318336, приоритет изобретения 28.09.87.
22. Ротков И.Л. Диагностические и тактические ошибки при остром аппендиците. - М.: Медицина, 1988.
23. Подоненко-Богданова А.П. Заболевания, стимулирующие "острый живот". - Киев: Здоровья, 1968.
24. Пономарев А.А. Ошибочные аппендэктомии при перфоративных гастроудуоденальных язвах//Хирургия. - 1972, № 10. - С.86.
25. Рахлин В.Л., Алова Г.Е. Радиотермометрия в диагностике патологий молочных желез, гениталий, предстательной железы и поз-

- воночника//Препринт № 253. - Горький: НИРФИ, 1988.
26. Дымарский Л.Д. Рак молочной железы. - М.: Медицина, 1980.
 27. Бодяжина В.И., Василевская Л.Н., Побединский Н.М., Стругацкий В.М. Диагностика и лечение гинекологических заболеваний в женской консультации. - М.: Медицина, 1980.
 28. Михайленко Е.Т., Бублик-Дорняк Г.М. Гинекология. - Киев: Выща школа, 1979.
 29. Дубоцкий Д.Н. Основы топографической анатомии. - М., Медгиз, 1953.
 30. Рахлин В.Л., Алова Г.Е. Способ диагностики заболеваний позвоночника. - Заявка № 4737313/14. Решение о выдаче авторского свидетельства СССР от 28.02.91.
 31. Рахлин В.Л., Алова Г.Е. Способ диагностики заболеваний предстательной железы. - Заявка № 4737312/14. Решение о выдаче авторского свидетельства СССР от 28.02.91.
 32. Макаров Н.А., Рахлин В.Л. Радиотермометрия и ее применение в диагностике облитерирующего атеросклероза аорты и артерий нижних конечностей//Препринт № 226. - Горький: НИРФИ, 1987.
 33. Рахлин В.Л., Волшин В.Н. Значение глубинного температурного профиля нижних конечностей в оценке артериального кровоснабжения у больных с синдромом Лериша// В межвузовском сборнике "Актуальные вопросы хирургии сосудов". - Горький: Минздрав в СССР, ГМИ им.С.М.Кирова, 1990.
 34. Троицкий В.С., Рахлин В.Л., Развозова Е.П. Исследование глубинного теплового поля человека при воздействии ультразвуком. //Изв.вузов. - Радиофизика. - 1988. - Т.31, № 12. - С.1437.
 35. Зайцев А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. - Л.: Наука, 1967.
 36. Поляков И.В., Соколова Н.С. Пособие по медицинской статистике. - М.: Медицина, 1980.

Дата поступления статьи
15 июля 1993 г.