

Teletermografia: princípios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagem e suas indicações na clínica de dor e reabilitação

Antônio C. de Camargo Andrade Filho*

RESUMO

Este artigo faz uma revisão bibliográfica da história e faz uma atualização sobre a teletermografia, suas bases físicas, fisiológicas e fisiopatológicas. Também dá uma visão sobre as indicações desse exame na clínica de dor e medicina de reabilitação.

UNITERMOS

Termografia. Infravermelho. Teletermografia. Dor. Reabilitação.

SUMMARY

This article reviews the bibliography, history, and gives an up-to-date information on the later improvements of teletermography technology, physiological, physiopathological and physical basis. Also, gives the indications of uses of this technology in the rehabilitation and pain clinic as well.

KEYWORDS

Thermography. Infrared. Telethermography. Pain. Rehabilitation.

A história da termometria humana e da detecção do infravermelho

A associação entre temperatura e doença já é mencionada nas primeiras referências na história da humanidade. O livro Deuteronômio de 1500 a.C. refere sobre febre e inflamação (**A Bíblia**)¹. Ao redor de 460 a.C. Hipócrates (*O livro dos prognósticos*) mencionava a importância da avaliação da temperatura das mãos, pés, face, lábios e ouvidos e descrevia as manifestações febris nas suas formas maligna, benigna, aguda, terçã, etc. As observações iniciais das variações térmicas de pessoas doentes só podiam ser feitas pelo toque manual. Galeno (130-200 a.C.) sugeriu que o calor do corpo seria produzido pela biocombustão dos alimentos. A literatura relata como as primeiras tentativas de mensurações da temperatura foram feitas por Galileo, por volta de 1592, com um tubo de vidro em que se observava as dilatações dos líquidos contidos de acordo com as variações térmicas ao redor. Em 1665,

* Chefe do Centro de Terapia da Dor e Medicina Paliativa e responsável pelo Serviço de Teletermografia, Hospital Amaral Carvalho, Jaú, SP

Endereço para correspondência:

Rua Dona Silvéria, 150 – CEP 17210-080 – Jaú – São Paulo

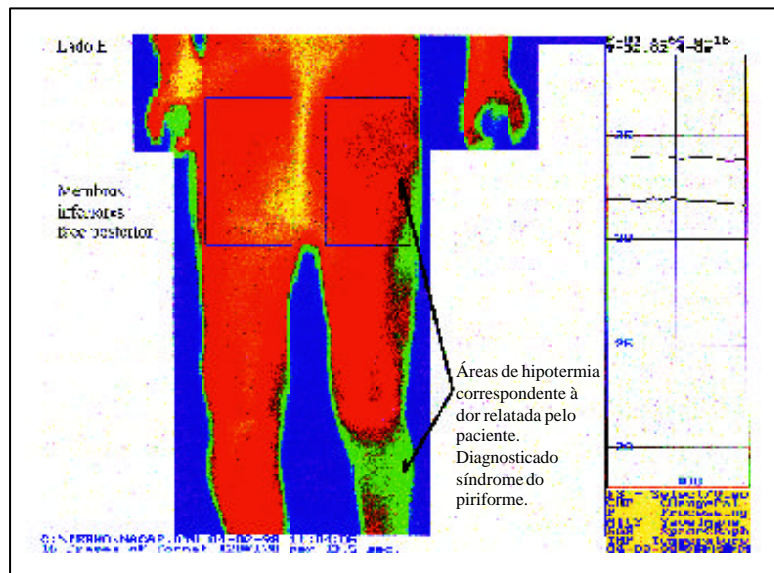


Figura 1: Áreas de hipotermia correspondente à dor relatada pelo paciente. Diagnosticado síndrome do piriforme.

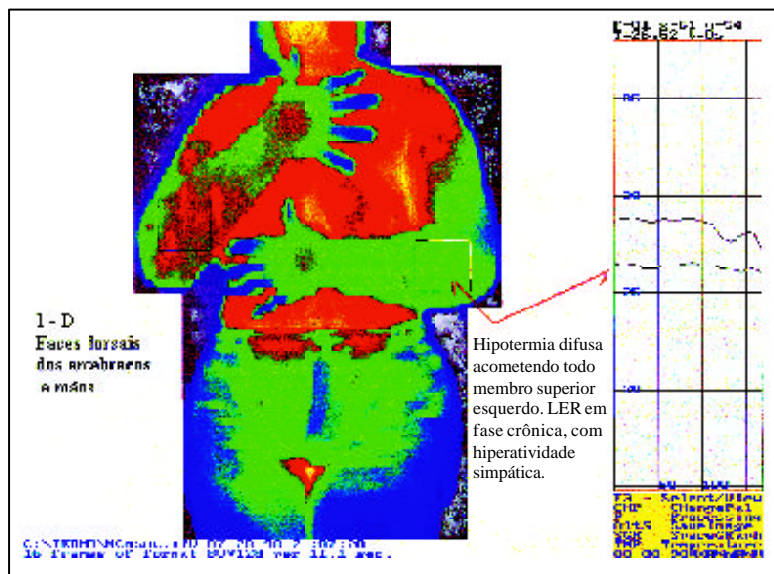


Figura 2: Hipotermia difusa acometendo todo membro superior esquerdo. LER em fase crônica, com hiperatividade simpática.

Huygens, um cientista alemão, propõe a primeira escala-padrão de temperatura para o ponto de fusão e o ponto de ebulição da água. O dinamarquês Roemer, em 1702, começou a utilizar a escala-padrão proposta por Huygens em um tubo de vidro fechado e seis anos mais tarde Gabriel Fahrenheit colocou seu ponto de fusão do gelo em 32° e o ponto de ebulição da água em 212°. Anders Celsius, em 1742, propôs sua escala sendo 100° para o ponto de fusão do gelo e 0° para o ponto de ebulição da água, mas, em 1750, Linnaeus inverteu essa escala, a qual permanece até hoje. Na mesma época, George Martine publicou um importante trabalho sobre a temperatura normal do corpo humano. Só em 1870, Carl Wunderlich, médico alemão, faz

pesquisas e publica seus achados sobre a temperatura normal e anormal relacionada a patologias. Por volta de 1620, Francis Bacon concluiu que havia um calor radiativo distinto da luz e que poderia ser filtrado pelo vidro. Em 1800, Sir William Herschell, músico e astrônomo, descobriu, no observatório de sua casa em Bath, Inglaterra, a radiação térmica do infravermelho, a partir de estudos das temperaturas das faixas espectrais da luz visível. Notou que, abaixo do vermelho visível, se encontrava uma radiação invisível muito poderosa em termos caloríficos, a qual chamou "calor escuro". O filho de Williams Herschell, John F. W. Herschell, foi quem pela primeira vez fez uma imagem termográfica, reportando o fato nos Proceedings of the Royal Society, em 1840. Durante

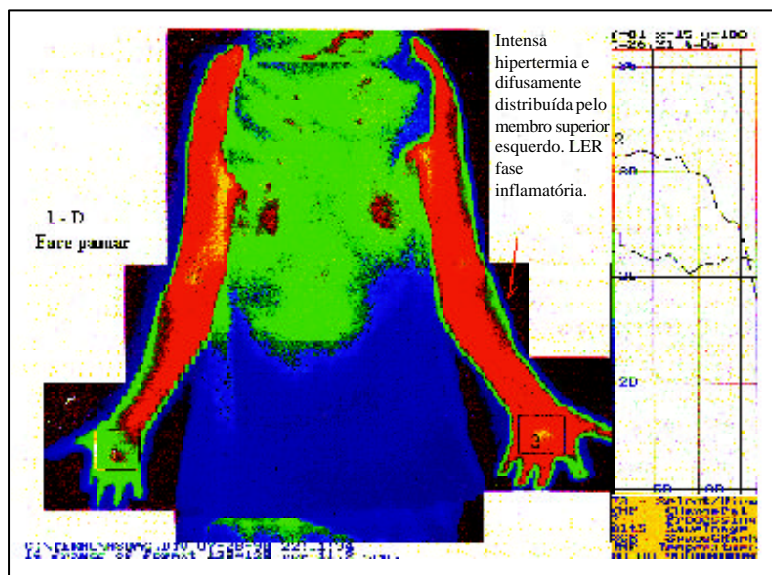


Figura 3: Intensa hipertermia e difusamente distribuída pelo membro superior esquerdo.

a II Guerra Mundial houve o desenvolvimento da tecnologia da detecção do infravermelho para estrito uso militar. No final dos anos 50 foi liberada a tecnologia para pesquisa, visando uso civil, mas ainda sob severa vigilância e restrições¹. O fisiologista e físico Harvey foi o pesquisador que fez referências ao corpo humano como “corpo negro” de irradiação de infravermelho. Em 1960, Lloyd Williams, na revista *Lancet*, chamou a atenção sobre as possibilidades da utilização da detecção e mensuração da radiação do infravermelho com finalidades diagnósticas em medicina².

Introdução

A termografia foi exame muito preconizado na década de setenta para a detecção de tumores malignos do seio, outros tumores superficiais e de partes moles, patologias articulares inflamatórias, vasculopatias e outras aplicações menos frequentes, mas caiu em desuso em decorrência de dois fatores: avanços da técnica da mamografia, maior base instalada de aparelhos radiológicos, maior experiência dos radiologistas para a visualização das imagens mamográficas, a obtenção dos termogramas de forma estática e sua leitura nos mesmos moldes dos exames radiológicos. Essa tecnologia sempre teve muito cerceamento para desenvolver-se em decorrência de sua ampla utilização no âmbito militar, em câmaras, binóculos e outros artefatos de vigilância noturna, detetores de mísseis em aviões, sensores de “cabeças” dos mísseis terra-ar, sensores de satélites espíões e do Satélites de observação

meteorológica. Esse cerceamento, ao uso civil e médico da termografia, contribuiu para um menor emprego e evolução da termografia no campo médico. A partir de meados dos anos 80, com o advento dos computadores mais velozes e de programas mais poderosos no processamento de dados e principalmente de imagens complexas, foi possível compreender que a termografia deveria ser visto como um exame funcional, dinâmico e não como o exame radiológico convencional, que é anatômico e estático. Os Estados Unidos pelo FDA (Food and Drug Administration) reconhecem a teletermografia por infravermelhos como um meio auxiliar diagnóstico válido para a prática médica.

Modalidades de exames termográficos

Temos dois tipos de equipamentos para obtermos imagens termográficas, sendo a termografia de contato a que utiliza membranas flexíveis em camadas duplas preenchidas com cristais de colesterol líquido, presas a uma moldura, que, quando em contato com a pele, muda a coloração dos cristais de acordo com a temperatura da região examinada. A termografia de contato não é muito aceita devido ao exame estar muito sujeito a artefatos e erros, sendo difícil a reprodução dos posicionamentos da membrana em contato com a área examinada e uniformidade da pressão exercida pelo examinador, o que não acontece com a teletermografia por infravermelhos, que é outra modalidade e a mais utilizada. Essa última recebe o nome de teletermografia devido à mensuração

térmica das regiões examinadas ser feita à distância do paciente.

Princípios físicos da teletermografia

O exame teletermográfico é feito a partir de imagens produzidas por uma câmara de TV com capacidade de varredura de toda, ou de segmentos, da superfície corporal, captando a irradiação do infravermelho, com detectores especiais, na faixa de 3-5, ou 8-12 micrômetros (no nível da pele na faixa de 30 a 34° C). A sensibilidade térmica do sistema é para variações de 0,05 °C a 0,1 °C da temperatura corporal. O grande valor do exame reside no fato de as imagens serem funcionais e dinâmicas, pois o exame possibilita o estudo da fisiologia ou fisiopatologia do paciente no momento em que está sendo "filmado". Os detectores de infravermelho utilizados nas câmaras atualmente, são: de antimônio de índium, arsenieto de gálio, telureto de mercúrio e os mais recentes, que na verdade são "chips carregados" (CCD - *coupled charged device*) sensíveis ao infravermelho, extremamente rápidos, que possibilitam varredura em tempo real e conseqüentemente necessitando de computadores ou sistemas acoplados com videoteipe que possibilitem também a análise das imagens em tempo real³.

Análise computacional das imagens obtidas

O programa, um software de termografia médica, faz o arquivamento das imagens em seqüências dinâmicas (tipo filmes) com 16 imagens na freqüência de dois segundos, no caso de serem obtidas com os detectores de antimônio de índium. Com posterior possibilidade de análise estática (qualitativa e quantitativa) e também dinâmica das imagens por pontos ou por área das regiões corporais de interesse ou que apresentem alguma anomalia ou suspeita de alteração térmica (distúrbio da emissividade do infravermelho). Os programas (softwares) mais novos já possibilitam análises estatísticas estáticas, dinâmicas, com histogramas comparativos de áreas, pontos e "cortes" de superfícies que estão sendo examinadas e isso aumenta a sensibilidade e confiabilidade do auxílio diagnóstico ou nas comparações seqüenciais que se fazem nos seguimentos de prevenção ou de terapias de moléstias³.

Bases fisiológicas e fisiopatológicas da imagem teletermográfica

A dissipação do calor (energia térmica) corporal em grande parte faz-se por radiação infra-

vermelha dependente do fluxo e volume sanguíneo circulatório subcutâneo. Esse calor vem, principalmente, da atividade metabólica muscular e, dependendo da fase alimentar que se encontra a pessoa, pode ser, em menor parcela, da atividade metabólica visceral. Mais de 90% do suprimento sanguíneo da pele passam por arteríolas com diâmetro < 0,3 mm, diretamente ligadas ao plexo venoso (*shunts*), para regular a temperatura corporal e apenas 10% é para o sistema capilar que nutre a pele. Essas pontes venosas (*shunts*) subcutâneas estão ligadas ao tecido muscular e terão maior ou menor comprimento, dependendo da espessura do tecido adiposo, e fazem um fluxo de contracorrente com o sistema de arteríolas, que por sua vez serve para dar maior equilíbrio térmico do sangue, devido à troca térmica existente entre vênulas e arteríolas. Por volta de 3% a 4% do débito cardíaco normalmente vai para o fluxo cutâneo e, em condições de estresse, pelo calor, o fluxo pode ser aumentado até 10 vezes e o fluxo sanguíneo na rede de capilares da nutrição cutânea pode ter apenas 1%. O fluxo sanguíneo da rede arteriolar e venular subcutânea é controlado pelo sistema nervoso simpático (noradrenalina), diminuindo-o e conseqüentemente decrescendo a emissividade do infravermelho⁶. Portanto, qualquer patologia que afete direta ou indiretamente o sistema nervoso simpático provocará diminuição da emissividade do infravermelho (hipotermia) e, em caso de falência deste, ocorrerá aumento do fluxo sanguíneo e conseqüente aumento da emissividade. Nos casos de patologias dolorosas de origem inflamatória neurogênica, infecciosas ou não, ocorrerá nas terminações nervosas do tipo C a liberação de substância P (SP) e, no endotélio capilar ou nos macrófagos, a produção e/ou liberação do óxido nítrico produzindo intensa vasodilatação e conseqüente aumento significativo da emissividade do infravermelho (hipertermia). Nas patologias inflamatórias por trauma, reumáticas ou infecciosas, teremos a produção e liberação das prostaciclina e bradicinina, potentes vasodilatadores que, por sua vez, liberarão SP e óxido nítrico^{3,5}.

Teremos também alterações hipertérmicas ou hipotérmicas, em patologias específicas que atinjam direta ou indiretamente o sistema venoso, arterial e/ou microvascular.

Dinâmica normal e patológica da emissividade do infravermelho

A emissividade do infravermelho, a partir das superfícies cutâneas, não ocorre de maneira constante e uniforme, tendo uma pulsatividade

com freqüências e amplitudes conhecidas. A pulsatividade na emissão do infravermelho é dependente das freqüências termorregulatórias (FTR) do sistema nervoso periférico e do sistema microvascular subcutâneo, e essas freqüências oscilam de 60 a 1.600 Hz, com variações acima ou abaixo desses limites relacionadas a patologias que interferem com as funções daqueles sistemas³.

Características e condições técnicas para o exame

A teletermografia é um exame dependente do examinador, embora muitos centros utilizem técnicos especializados para a obtenção das imagens. É de grande sensibilidade e sua acurácia tem aumentado muito ultimamente em decorrência do conhecimento da dinâmica da emissão do infravermelho do corpo humano, avanços e melhorias dos programas (*softwares*), dos computadores e das câmaras. O exame deve ser feito em salas climatizadas com temperaturas estabilizadas na faixa de 18,5 °C para exames vasculares e na faixa de 22 °C a 25 °C para os exames do sistema nervoso periférico e simpático. O paciente deve iniciar o exame só após 10 ou 15 minutos de climatização e estabilização térmica, em uma ante-sala climatizada nas mesmas condições térmicas da sala do aparelho de termografia. O paciente deve evitar o fumo por um tempo mínimo de quatro horas antes do exame, pois a nicotina pode induzir vasoconstrição significativa, podendo interferir no resultado qualitativo e quantitativo da imagem termal⁶.

Indicações para o uso da teletermografia dinâmica na clínica de dor e de reabilitação

- Dores crônicas obscuras (em que os exames convencionais não elucidam o diagnós-

tico); Diagnóstico diferencial nos casos de dor psicogênica e do paciente simulador.

- Dores de manutenção simpática subjacentes às dores fantasmas, dores pós-traumas e, ou neuropáticas.
- LER (Lesões de Esforços Repetitivos) com grande sensibilidade, tanto na fase aguda como crônica.
- Quantificação da atividade simpática na distrofia de Sudeck e na causalgia pré e pós-tratamento e no seguimento do paciente.
- Auxílio diagnóstico nas artralguas, artrites e seu seguimento.
- Auxílio diagnóstico nas neuralgias, dores faciais e desordens dolorosas das ATMs (articulações temporomandibulares).
- Auxílio diagnóstico nas neuropatias sensitivas e simpáticas dos diabéticos.
- Auxílio diagnóstico e prognóstico nas angiopatias e microangiopatias dos diabéticos.
- Prevenção e seguimento das úlceras plantares dos diabéticos e hansenianos e nas lesões esportivas agudas e crônicas⁴.
- Auxílio na indicação do nível ótimo de amputação de acordo com a vascularização e vitalidade da pele⁶.

Referências bibliográficas

1. RING, E.F.J. – Infrared imaging, the history of thermal imaging. *Thermologie Österreich Heft 4(October)*: 159-160, 1994.
2. ABERNATHY, M.; UEMATSU, S. – *Medical thermology*, 1986, American Academy of Thermology, Georgetown University, Washington, DC, USA.
3. ANBAR, M. – *Quantitative dynamic telehermometry in medical diagnosis and management*, 1994, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
4. HARDING, J.R.; WERTHEIM, D.F.; WILLIAMS, R.J.; MELHUIH, J.M.; BANERJEE, D.; HARDING, K.G. – Infrared imaging in diabetic foot ulceration. *European Journal of Thermology* 8: 145-1998.
5. AMMER, K.; RING, E.F.J. – *The thermal image in medicine and biology*, Uhlen Verlag, Wien, 1995.
6. WOODROUGH, R.E. – *Medical infrared thermography, principles and practice*, Cambridge University Press, 1982.