

# PRINCÍPIOS E INDICAÇÕES DA TERMOGRAFIA MÉDICA

**(BASEADO NO INTERNATIONAL CONSENSUS AND  
GUIDELINES FOR MEDICAL THERMOGRAPHY)**



## MEDICAL THERMOGRAPHY TEXTBOOK: PRINCIPLES AND APPLICATIONS

**(BASED ON INTERNATIONAL CONSENSUS AND  
GUIDELINES FOR MEDICAL THERMOGRAPHY)**

Marcos Leal Brioschi  
Manoel Jacobsen Teixeira  
Francisco M.R. Moraes Silva  
Daniel Colman

1ª Edição  
São Paulo  
2010

***Andreoli***

Copyright © 2010 Editora e Livraria Andreoli

Diagramação:  
*Andréia Garcia*

Capa:  
*Roteiro Marketing*

Revisão:  
*Marcos Leal Brioschi*  
*Manoel Jacobsen Teixeira*  
*Francisco M.R. Moraes Silva*  
*Daniel Colman*

Princípios e indicações da termografia médica / Marcos Leal Brioschi et al. – São Paulo: Andreoli, 2010.  
280p.

Baseado no International Consensus and Guidelines for Medical Thermography. Título em Inglês: Medical Thermography Textbook: principles and applications.

1.Termografia Médica 2. Terminologia Médica 3. Lista de Termos Técnicos I.Título II.Teixeira, Manoel Jacobsen III.Silva, Francisco M. R. Moraes IV. Colman, Daniel

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do copyright (Lei 5.988/73 e Lei 9.610/98)

### **LIVRARIA E EDITORA ANDREOLI**

Rua Padre Chico, 705 – Pompéia  
São Paulo – SP – CEP 05008-010  
Fone/Fax: (11) 3679-7744  
E-mail: andreoli@andreoli.com.br  
www.andreoli.com.br

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| Apresentação .....   | 5         |
| Forewords .....  | 9         |
| <b>Princípios e Indicações da Termografia Médica.....</b>                | <b>13</b> |
| Prefácio.....<br>“Ensine os Outros”                                      | 15        |
| Fundamentos da Termologia Médica .....                                   | 19        |
| Normativas para Execução da Termografia Infravermelha .....              | 33        |
| Indicações da Termografia na Medicina .....                              | 49        |
| Contribuição e Revisão da Literatura Internacional.....                  | 53        |
| Contribuição Científica da Termologia Médica Brasileira .....            | 101       |
| <b>Medical Thermography Textbook: Principles and Applications... 127</b> |           |
| Preface .....  | 129       |
| “Teach Others”   |           |
| Fundamentals of Medical Thermology .....                                 | 133       |
| Basic Guidelines to Perform Infrared Imaging.....                        | 143       |
| Thermography Indications at Medicine.....                                | 157       |
| The Internationally Accepted Indications.....                            | 161       |
| Brazilian Contribution to Clinical Thermology .....                      | 103       |
| References.....  | 83        |

## APRESENTAÇÃO

A partir do momento em que a termografia de alta resolução e de precisa sensibilidade foi incorporada às ciências médicas como meio de avaliar a relação que tem a temperatura do corpo com uma série de alterações e doenças, viu-se que este notável método oferece uma sequência extraordinária de possibilidades em favor da vida, da saúde e dos interesses sociais dos indivíduos e da coletividade.

Depois de longo e aprofundado estudo sobre a termografia nos diversos campos da interpretação diagnóstica eis que surge uma pequena grande obra sob o título *“Princípios e indicações da termografia médica”*, fruto de uma longa e proveitosa parceria entre Marcos Leal Brioschi – especialista em Medicina Legal pela ABML, Professor Colaborador da Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica da UFPR e Pesquisador do CNPq; Manoel Jacobsen Teixeira – Professor Titular de Neurocirurgia do Departamento de Neurologia da FMUSP e Mestre e Doutor em Neurologia; Francisco M. R. Moraes Silva – Professor Titular de Medicina Legal da Universidade Federal do Paraná e Presidente da Academia Nacional de Medicina Legal; e Daniel Colman – Especialista em Medicina Legal pela ABML e Pesquisador do CNPq.

Acredito que o mérito desta abordagem propedêutica não seja apenas no espaço tão abrangente do diagnóstico de tantas doenças e perturbações, como está tão bem relatado neste livro, mas no meu entender, como estudioso da Medicina Legal, pressinto o quanto este

método pode ser utilizado no proveito das perícias forenses. Não há nenhum agravo dizer que a legisperícia vem sendo desafiada por todos estes anos, por exemplo, toda vez que se encontra frente a frente com o diagnóstico da dor, sofrendo a míngua de um subsídio objetivo capaz de diagnosticar com firmeza o fenômeno doloroso, o mais vulnerável às formas subreptícias e caprichosas da simulação.

Este contumaz desafio às pretensões da perícia da dor não era apenas pelo seu caráter subjetivo e pela complexidade do exame físico, mas principalmente pelas constantes manobras de disfarce quando na busca de reparos indenizatórios, ainda mais quando cerca de 90% dos pacientes portadores que referem dor crônica não apresentam qualquer substrato anatômico que justifique seu alegado desconforto.

Os antigos legistas, diante da alegação da dor sem vestígio de trauma, voltavam-se para a mímica do sofrimento, para os batimentos cardíacos, para o pulso e para a pressão arterial como elementos capazes de sofrerem modificações frente a uma sensação dolorosa. A *Algesimetria* por meios objetivos sempre foi o sonho da legisperícia.

A termografia infravermelha de alta resolução documentada através de imagens em tempo real é um bom método de medir a termogênese nos sistemas biológicos. Para alguns, mesmo que não se possa assegurar com plena certeza que alguém sente dor nem quantificar sua intensidade, pode-se afirmar que existe algo anormal e diferente nas fibras nervosas sensitivas e simpáticas que produzem as sensações dolorosas.

Desta forma a imagem infravermelha pode ser utilizada juntamente com outros exames complementares tendo em conta que ela é o único meio conhecido de registrar objetivamente a fisiologia por imagem da alteração ou lesão de nervos sensitivos e simpáticos e de tecidos moles. Ou seja, torna possível um registro de irritação ou lesão de nervos sensitivos ou simpáticos e que alguma coisa está fora dos padrões de normalidade, contribuindo assim na avaliação de simulação da dor.

Há, nesta imensa área, outros desafios pela frente e nem sei se este é o momento apropriado de falar. Mesmo assim, tomo a liberdade de

dizer que é do conhecimento médico que nem todos os estados dolorosos têm em si, essencialmente, a dor como entidade definida. Assim, surge um novo personagem que se pode chamar de “homem doloroso” (*homines cruciantes*). Não são pessoas anormais ou paranormais, monomaníacas, interessadas apenas em ocupar o espaço de sua atenção com a dor chamada psicogênica. São indivíduos que estão intimamente ligados aos valores humanos e que se colocam em permanente estado de sofrimento. Esta dor não se localiza. Ela envolve toda a personalidade desta pessoa.

A história do homem doloroso é a mesma de todas as histórias humanas, onde não faltam mártires e heróis. O homem doloroso desponta e se alimenta de um meio social de valores desequilibrados, de onde ele atrai todo sofrimento para si próprio. Parece que o peso do mundo está sobre seus ombros. Desse modo, é preciso que se saiba que nem todos que se queixam de um estado doloroso são doentes orgânicos ou mentais e para tanto obrigados aos tratamentos padronizados, de efeitos duvidosos e custo alto, impostos e rotulados pelo Estado Terapêutico.

Com certeza, este texto que agora apresento vai se constituir num marco excepcional na contribuição àqueles que venham se interessar pelo tema, seja na aplicação prática do diagnóstico clínico, seja na adequação contemplativa e crítica dos peritos, hoje tão carentes de uma obra mais específica e aprofundada sobre este assunto. Os tratados de fisiologia e patologia, mesmo abordando os distúrbios térmicos nos mais diversas alterações orgânicas, deixam ao lado as informações que se podem ter quando da interpretação diagnóstica do método aqui explanado.

Fico feliz e engrandecido de ter sido o eleito para descortinar esta obra, que irrompe alicerçada no fulgor e no trabalho de mentes tão privilegiadas.

**Genival Veloso de França**  
*Professor de Medicina Legal da*  
*Universidade Federal da Paraíba*

## FOREWORDS

I congratulate the publications of “Medical Thermography Textbook: Principles and Applications (Based on International Consensus and Guidelines for Medical Thermography)” written by Brazil’s top medical thermologists, Marcos Leal Brioschi, Manoel Jacobsen Teixeira, Fancisco M.R. Moraes Silva and Daniel Colman.

I want to introduce the brief developmental history of thermology, which were mainly referenced the book “Quantitative dynamic telethermometry in medical diagnosis and management” by Michael Anbar.

The history of thermology dates back to the dawn of human civilization. The sensation of heat is a primordial biological sense and one of human basic senses. The sensation of body heat is probably the first conscious sensation a newborn perceives when handled by his mother. These rudimentary ideas were further elaborated by Hipocrates (born about 460 BC). Hipocrates and his followers compared the drying time of wet mud on the skin over different organs and used to observed asymmetries in temperature distribution in the diagnosis and prognosis of disease. About six hundred years later, Galen (about 130 – 200 AD) advanced the notion that body heat is produced by the biocombustion of food. He also discussed the feedback between the sensory and motor nerves which, as we know today, is the primary mechanism of thermoregulation.

Galileo Galilei (1564-1642) is reported to have invented the air thermometer or “thermoscope” in 1592. And after this, many types of thermometers has been invented.

The concept of radiative heat has been well known since antiquity. From the dawn of civilization, people have perceived and recognized the heat from sun as distinct from its light. The association between light and radiative heat remained unknown until the 17<sup>th</sup> century. About 1620 Francis Bacon (1561-1626) reported the existence of radiative heat, that is distinct from visible light and that can be filtered out by glass. This important observation was made 180 years before Frederick William Herschel (1738-1822) dispersed solar radiation by a prism and demonstrated the infrared region of the sunlight spectrum. Radiative heat dissipation has been further studied and quantitatively assessed by Isaac Newton (1642-1727). And Frederick William Herschel is credited with the discovery of infrared radiation in 1800. Herschel's important contribution was the notion of a continuous spectrum of radiation (electromagnetism was yet discovered at that time), only part which is visible.

In the last quarter of the 19<sup>th</sup> century, physicists were intrigued by the continuum observed in all emissive spectra of hot bodies, including the sun, hot furnaces, hot metallic plates, etc. This led to the formulation of the blackbody radiation theory. In 1918 Max Planck was awarded the Nobel Prize for his outstanding contributions. Planck expressed the blackbody power output as a function of temperature and wavelength. From the standpoint of telethermometry, Planck's quantitative treatment has permitted to calculate the blackbody photon fluxes of any energy for any temperature, or to determine temperature by measuring the blackbody spectrum. Moreover, Planck's treatment allows to determine the temperature of an object, if it has blackbody properties, even if only a short segment of its blackbody emission spectrum has been measured.

These evolutions made the accurate digital thermographic devices, and we are using them in the field of medicine.

The temperature of the human skin changes constantly not only according to the environmental changes, but also to the changes in the body. It is extremely difficult to study these changes in order to analyze a normal person's physiology or patient's diagnosis, progno-

sis and results. However, the accuracy of medical thermology can only be gained through the accumulation of knowledge learned in studies of normal skin temperature regulation mechanism and the studies of changes in irregular circumstances and diseases.

If all doctors start measuring and analyzing the temperature of the skin, categorize it by disease and area of measurement, thermology will be used widely as a diagnostic tool and also used to monitor the patient's constantly-changing status.

I hope that this book shall influence not only the Brazilian associations of doctors, but also the whole world and be a guideline to global medical thermology.

Once again I congratulate the publication of such a great book.

**Ho-Yeol Zhang**

M.D., Ph.D.

*Chair of academic committee of The Korean Society of Thermology  
Neurosurgery, National Health Insurance Corporation Ilsan Hospital,  
Clinical Professor, Yonsei University College of Medicine,  
Seoul, Korea*

# PRINCÍPIOS E INDICAÇÕES DA TERMOGRAFIA MÉDICA

**(BASEADO NO INTERNATIONAL CONSENSUS AND  
GUIDELINES FOR MEDICAL THERMOGRAPHY)**



## PREFÁCIO

**“Ensine os outros”**  
*Prof. Edward Francis John Ring*

“Se enxerguei mais longe foi por estar sentado  
aos ombros de gigantes.”  
*Sir Isaac Newton*

Da mesma forma que **Sir Isaac Newton** com esta frase se referiu aos gigantes **Galileu Galilei** e **Kepler**, a sociedade brasileira de termologia médica hoje orgulhosamente reverencia seu ilustre patrono intelectual **Prof. Edward Francis John Ring**. Na primeira vez que estive no Brasil na capital São Paulo, juntamente com o Prof. Kurt Ammer (Áustria), como instrutores do **III Curso Internacional Sobre Termografia e Dor**, em outubro de 1999, recebeu ilustre homenagem de um dos pioneiros da termografia de nosso país, Prof. Dr. Antônio Carlos de Camargo Andrade Filho.

O primeiro laboratório de termografia do Brasil foi batizado com o nome do ilustre professor convidado durante sua inauguração oficial na Divisão de Medicina de Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo (DMR-HCFMUSP).

Logo na abertura do seminário o tema que envolveu e fascinou a todos foi “A Importância da Termografia para o Brasil”, marco funda-

mental para incentivar uma história da termografia em nosso país e culminar nesta coletânea de estudos, dissertações e teses brasileiras juntamente com a contribuição da literatura mundial atual.

A termografia infravermelha da era pós-moderna, de alta resolução e sensibilidade e facilidade de emprego, de que tratamos neste livro é resultado tecnológico da relação que temperatura guarda com as doenças, que vem de tempos remotos, observada desde primórdios da civilização. A história da Medicina mostra que há centenas de anos feiticeiros, mágicos, xamãs, curadores e os primeiros médicos conheciam a febre, mas só há pouco mais de um século que realmente a mensuração da temperatura se tornou obrigatória em hospitais e clínicas, isto graças a um médico militar alemão, **Carl Reinhold August Wunderlich**.

A temperatura humana é um sinal vital que pode ser aferido em um único ponto (oral, axilar, timpânica, retal, esofágica, visceral) ou em diversos pontos cutâneos (termografia) para conhecer e controlar a termorregulação e as doenças a ela relacionadas. Esta última de forma muito mais ampla e complexa resulta no diagnóstico de muito mais doenças devido espectro de informações registradas e analisadas ao longo do tempo. Portanto, mapeando toda uma distribuição térmica e monitorando a atividade vasomotora dos fenômenos biológicos neuroimunovasculares. Os compêndios clássicos de Fisiologia, Imunologia e Patologia Médicas são fartos da descrição destes fenômenos biológicos envolvidos nas mais diversas doenças, entretanto são muitas vezes despercebidos na prática clínica por falta de sua adequada identificação, interpretação diagnóstica e o conhecimento do método.

Este livro é resultado do primeiro **Consenso Internacional e Diretrizes em Termografia Médica (ICGMT2010)**, realizado em outubro de 2010 em Fortaleza, Brasil, com o propósito de recuperar estes conceitos fisiopatológicos relacionados à atividade vasomotora e proporcionar conhecimentos atuais e o valor na prática clínica quanto às indicações da termografia médica nos tempos atuais. Este evento foi organizado pelo **Grupo Internacional para o Desenvolvimento da Termografia Médica (IWGMT)** durante o Congresso Brasileiro de

Dor, encontro anual do Capítulo Brasileiro da Associação Internacional de Estudo da Dor (IASP) 2010.

O IWGMT, que conta como presidente de honra o pioneiro da Termologia Médica Moderna, o notório Dr. Francis Ring, é uma organização não-comercial internacional criada para aperfeiçoar o diagnóstico complementar e aumentar a comunicação e colaboração entre os profissionais médicos envolvidos com termografia médica no mundo com aqueles na posição de defender políticas de saúde e prover fundos para esta área. A IWGMT será uma grande rede global, formada por representantes de vários países e sociedades de estudos de termologia.

Um dos objetivos da IWGMT é desenvolver diretrizes para melhorar a qualidade e custo-benefício da aplicação da termografia médica à saúde humana, baseada em princípios científicos, com argumentos e considerações de profissionais experientes. Os princípios definidos no Consenso serão implementados ao longo dos anos por todo o mundo e será adaptado para utilização local, levando em consideração às diferenças sócio-econômicas e acesso a saúde de cada país e especialmente a produção destes grupos de estudos.

O 1º consenso, e também 1º Simpósio do Grupo Internacional para o Desenvolvimento da Termografia Médica (IWGMT) e 1º Encontro da Pós-Graduação em Termologia Clínica e Termografia do HCFMUSP contou como presidente de honra o professor titular de Neurocirurgia do Departamento de Neurologia do FMUSP, Prof. Manoel Jacobsen Teixeira, e presidente do IWGMT o ilustre presidente do comitê do grupo pioneiro IWGMT e presidente da Academia Brasileira de Medicina Legal, Prof. Dr. Francisco M.R. Moraes Silva e seus ilustres palestrantes convidados: Prof. Dr. Ho-Yeol Zhang (Coréia do Sul), Prof. Dr. Hisashi Usuki (Japão), Dr. Robert Glenn Schwartz (EUA), Dra. Kamayni Agarwal-Kozlowiski (Alemanha), Dr. Gheorghe Ovidiu Serbu (Romênia), Prof. Dr. Antônio Carlos de Camargo Filho, Profª Dra. Lin Tchia Yeng, representando a Sociedade Brasileira para Estudo da Dor e o Prof. Dr. Jorge Eduardo Fouto Matias, Pós-Graduação em Cirurgia da UFPR, além de seus convidados colaboradores Profª. Dra. Railda Nascimento e o Prof. Dr. Severino Alves Junior em

nome da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Este evento representou assim, um marco importante na aplicação do método.

O Consenso Internacional pretende ser revisto anualmente por um grupo de médicos experientes que coletivamente trabalham na área de termografia com publicações específicas e que há anos vêm implementando protocolos termográficos e informação tecnológica segundo os fundamentos da termofisiopatologia, ampliando o seu valor nas aplicações científicas do procedimento, praticando diagnósticos, controles e estabelecendo prognósticos com sucesso nos distúrbios neuro-musculoesqueléticos, anomalias da mama, doenças vasculares e em todas as disciplinas médicas. Ao longo do tempo este consenso irá envolver inevitavelmente uma multiplicidade de especialidades e subespecialidades médicas como: Dor, Neurologia, Ortopedia, Reumatologia, Medicina de Reabilitação, Medicina Esportiva, Oncologia, Endocrinologia, Dermatologia, Angiologia, Mastologia, Medicina da Família, Pediatria, Emergência Médica, Anestesiologia, Neurocirurgia, Acupuntura, Medicina Preventiva, Cirurgia Geral, Cirurgia Cardíaca e Vascular, Cirurgia Plástica, Cirurgia Torácica, Urologia, Radiologia, Medicina Ambiental, Medicina Forense, Medicina Legal e outras.

A Termologia Clínica se constitui num refinamento da investigação médica orientado para um diagnóstico mais preciso e controle do tratamento mais eficiente. Este livro é uma homenagem a todos os profissionais que dedicaram sua vida aos seus pacientes na busca ética e incansável de todos os meios possíveis para o diagnóstico, prognóstico e tratamento das doenças, não olvidando de ter sempre presente os fundamentos semiológicos e sua estreita relação com a Termologia Clínica.

**Prof. Dr. Marcos Leal Brioschi**  
Presidente do IWGMT e ICGMT2010

## FUNDAMENTOS DA TERMOLOGIA MÉDICA

### A Temperatura Central

O corpo humano, mais do que uma máquina térmica, é um sistema vivo que aquece e se resfria continuamente procurando manter um estado de saúde, isto é, equilíbrio eficaz por meio da transferência de calor e radiação. Neste processo de termorregulação, a pele é um órgão vital, pois faz a interface entre o meio interno e o ambiente. Assim como a temperatura central, a temperatura da superfície cutânea também é um parâmetro fisiológico importante que deve ser monitorado.

A termorregulação é o controle da temperatura do corpo. Esta deve ser mantida constante dentro de uma variação térmica muito pequena mesmo em situações de grandes diferenças com o ambiente ou quando em atividade física. Para poder processar centenas de reações enzimáticas o corpo lança mão de um rigoroso controle de sua temperatura.

No hipotálamo, mais precisamente na área pré-óptica, o cérebro recebe informações das vias aferentes da pele e órgãos referentes, tanto da perda quanto do relativo ganho de calor. Quando estas sensações se desviam além do ponto de equilíbrio em relação à temperatura corporal normal, criam-se gradientes. À medida que este gradiente aumenta o hipotálamo envia prontamente sinais para os centros eferentes de controle que inicia uma resposta de aquecimento ou resfriamento para corrigir estes desvios, mantendo assim o calor corporal.

Quando o hipotálamo detecta perda de calor, a primeira resposta neurovegetativa é vasoconstrição. Os vasos sanguíneos cutâneos

se contraem e direcionam o sangue dos leitos capilares, diminuindo a perda de calor pela superfície do corpo. A vasoconstrição tem o benefício em conservar o calor sem gastar energia. Isto também assegura que o fluxo sanguíneo para os órgãos principais, como cérebro, coração e pulmões, aumente.

Se o corpo fica muito aquecido, o mecanismo compensatório é oposto ao que ocorre no frio. Primeiramente os vasos se dilatam, aumentando o fluxo e conseqüentemente a perfusão sanguínea para a pele, promovendo assim uma perda de calor por radiação.

O corpo humano mantém uma temperatura central dentro de uma faixa de variação muito pequena. A temperatura normal nos seres humanos é de 37°C. Esta estabilidade e variações circadianas na temperatura central são respostas homeostáticas que têm sido bem documentadas há décadas. A temperatura central, bem como da cabeça, devem ser mantidas constantes para assegurar o funcionamento normal dos órgãos internos e cérebro. Já os braços e pernas exibem uma grande variação de temperatura. A simetria axial da distribuição da temperatura da superfície cutânea tem uma razão anatômica, enquanto que a diminuição da temperatura radial representa o fluxo de energia, da sua fonte pela superfície corporal, para o ambiente.

Assim como a febre e infecções podem aumentar a produção de calor, ao contrário diversas doenças endócrinas, p.ex., podem diminuir como o hipotireoidismo, hipopituitarismo e o hipoadrenalismo. A desnutrição, a hipoglicemia e cetoacidose diabética também estão associadas com hipotermia. Lesões do sistema nervoso central, principalmente por traumatismo, podem causar disfunção do sistema termorregulatório, também os choques hipovolêmicos, cardiogênico e hipóxico. A anorexia nervosa igualmente pode influenciar na resposta hipotalâmica no controle da temperatura.

### **Temperatura cutânea (Shell)**

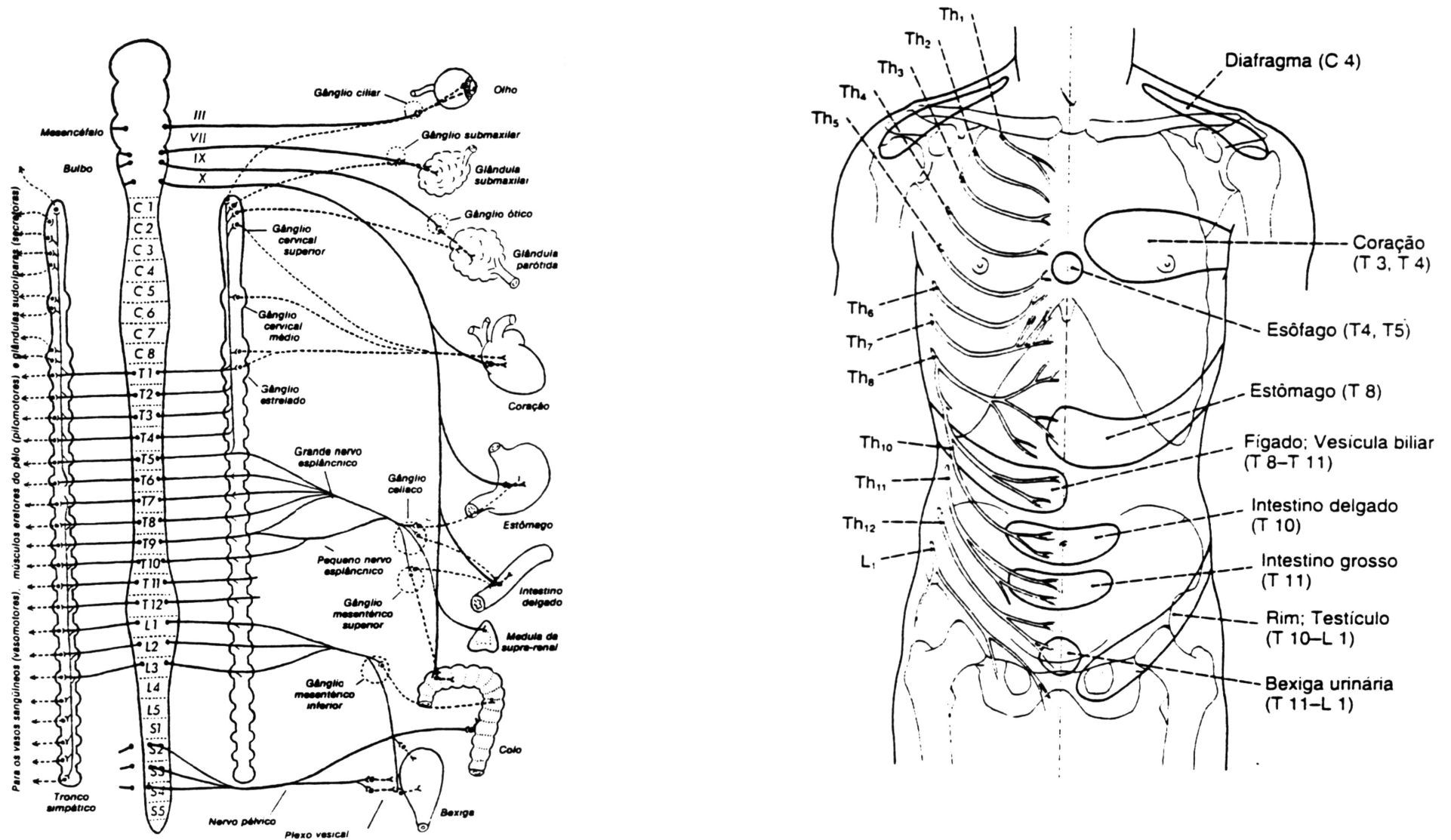
Não somente a temperatura central é importante para o diagnóstico de doenças, mas também a medida da temperatura cutânea e sua distribuição. Como previamente mencionado, a medida da temperatura

regional cutânea resultante da redistribuição circulatória de calor é influenciada pela atividade vasomotora.

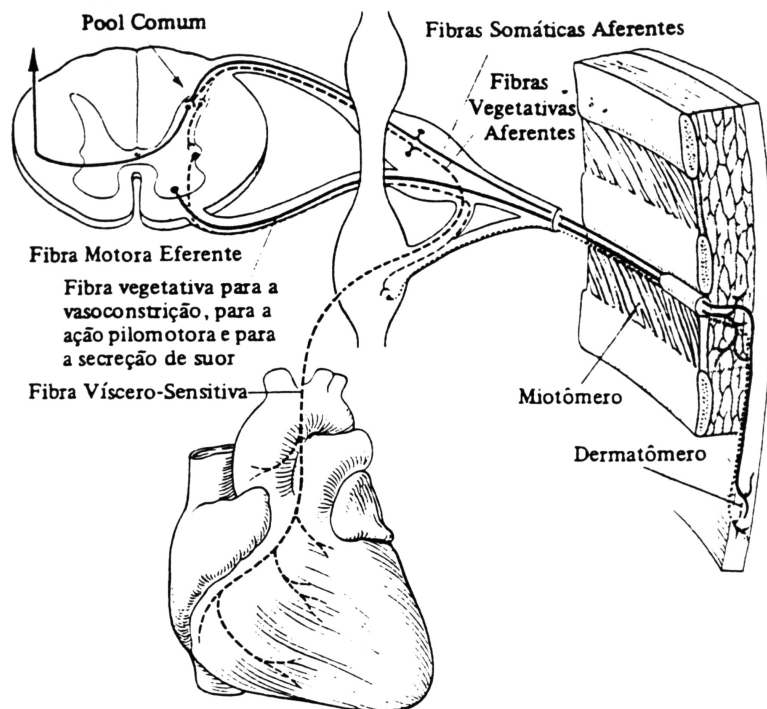
A fisiologia e anatomia do suprimento vascular da pele criam um padrão de distribuição de temperatura típico, que deve apresentar-se dentro de certo limite característico considerado como saudável. Quando o ser humano apresenta desvio deste padrão ideal, tal irregularidade pode ter como substrato uma enfermidade. Por exemplo, a otite média em recém-nascidos geralmente se apresenta como uma queixa unilateral. Enquanto a cabeça e face produzem um padrão aumentado de temperatura local e hiperemia no rosto o outro lado permanece normal.

A termorregulação do corpo humano é controlada pelo sistema nervoso neurovegetativo. Esta rede neural é um circuito que pode simplificadaamente ser descrito da seguinte forma: a informação obtida na pele pelos nervos aferentes (sensitivos) vai à medula espinhal, em seguida aos órgãos e então (dependendo do estado de saúde do órgão) esta informação é retransmitida para a medula e então novamente aos nervos eferentes conectados a pele. Em decorrência da evolução embriológica do ser humano, todos os nervos que saem da medula espinhal entre os discos intervertebrais inervam um segmento específico horizontal do corpo, denominado somito. Embora nas extremidades estes segmentos sejam organizados em uma direção vertical oblíqua. O somito é composto por uma parte que inerva a pele (dermatômos), os músculos (miotômos), as articulações e ossos (esclerotômos) e os vasos sanguíneos (angiôtomos), e vísceras (visceratômos). A principal consequência desta segmentação é que nervos diferentes indo ou vindo de áreas de um e mesmo segmento podem interagir na medula. Isto é, um impulso vindo de um órgão interno pode provocar um estímulo em uma parte específica da pele. Este fenômeno é denominado sistema reflexo ou arco reflexo víscero-cutâneo (Fig. 1 e 2).

**Figura 1. Anatomia do sistema neurovegetativo visceral, cadeia simpática, medula espinal, nervos cutâneos e seus respectivos viscerátomos.**



**Figura 2. Esquema do arco reflexo víscero-cutâneo cardíaco e sua respectiva inervação eferente miotomérica e cutânea dermatomérica (viscerátomo cardíaco).**



Os impulsos gerados por órgãos, glândulas e tecidos (músculos, tendões, articulações, ossos) podem provocar alterações funcionais cutâneas, relacionadas à temperatura, sudorese, tônus e sensibilidade. Conseqüentemente, tanto enfermidades viscerais quanto somáticas podem influenciar o metabolismo, temperatura e outras propriedades da pele por meio deste arco reflexo assim como lesões e disfunções deste circuito nervoso ou na circulação sanguínea. Todos estes fenômenos neurovasculares são a base fisiológica para a interpretação da imagem por termografia infravermelha.

Além disso, em 1994, Anbar descreveu uma importante cascata bioquímica e imunológica, na qual pequenos tumores eram capazes de produzir notáveis alterações de temperatura cutânea. Este fenômeno é parcialmente induzido pelo óxido nítrico (NO) que é um vasodilatador. O NO é sintetizado pela enzima óxido nítrico sintetase (NOS), encontrada principalmente tanto na forma constitutiva em células endoteliais quanto na forma induzida nos macrófagos (Rodenberg, Charet, Bass). A presença de NOS foi demonstrada no carcinoma de mama por técnica de imunohistoquímica e diretamente associada com maior grau de diferenciação tumoral (Thomsen, Miles, Happerfield).

O óxido nítrico é uma molécula com potente propriedade vasodilatadora. É um radical livre altamente reativo que oxida rapidamente para forma de nitrito e nitrato. Ele se difunde facilmente tanto pelo meio hidrofílico quanto hidrofóbico. Uma vez produzido o NO, ele se difunde pelos tecidos vizinhos por dentro e por fora do sistema vascular, e induz uma série de mudanças bioquímicas dependendo dos receptores envolvidos. O NO se liga aos receptores do endotélio arterial, arteriolar e venoso causando inibição simpática e conseqüente vasodilatação local. Esta inibição da vasoconstricção peritumoral produz um padrão termovascular suspeito, assimétrico nas mamas. Tumores de tireóide, cabeça e pescoço, melanomas, coloretais, ginecológicos, próstata, bexiga e glioblastomas, p.ex., também estão relacionados com uma produção anormal de NO extravascular.

Diversas outras substâncias vasodilatadoras implicadas nas mais diferentes reações inflamatórias, como interleucinas, bradicininas, histaminas, peptídeo Y, substância P, p.ex., também produzem padrões térmicos cutâneos detectáveis por imagem infravermelha.

### **A Medicina e a Temperatura**

A associação entre temperatura e doença é tão antiga quanto à própria Medicina. Tanto a febre quanto o calor produzido pelas inflamações e infecções foram observados como fenômenos naturais a mais de 1700 a.C., citações médicas narram como acessar a temperatura pelo toque da pele com a mão. O primeiro relato de diagnóstico

termobiológico foi descoberto nos registros de Hipócrates feitos a 480 a.C. Ele descreveu que ao espalhar lama sobre o paciente era observada qual área secava por primeiro indicando assim uma possível doença orgânica subjacente. Esta frase é considerada ainda hoje modelo para termografia pós-moderna: *Onde houver excesso de calor ou frio a doença estará lá para ser descoberta*. Hipócrates de Cós, 480 a.C.

Mais tarde Galileu (1592) introduziu o termoscópio, a termometria não mudou muito até 1714 com o começo da era moderna da mensuração da temperatura, quanto Daniel Gabriel Fahrenheit inventou um termômetro de precisão de mercúrio com uma escala de referência. A famosa escala Celsius surgiu em 1742, na Suécia. Entretanto, Anders Celsius havia definido 100° para o ponto de fusão e 0° para o ponto de ebulição. Um ano depois, Jean Pierre Cristin inverteu a escala para criar a escala Centígrados, a qual se utiliza atualmente e que teve seu nome modificado para Celsius em 1948, após um acordo internacional.

Somente em 1872 foi instituída como rotina a mensuração da temperatura em hospitais e clínicas, graças aos estudos de mais de 25 mil pacientes registrados pelo Dr. Carl Wunderlich em sua clínica em Leipzig, na Alemanha.

Wunderlich estabeleceu onze regras fundamentais para uso clínico da temperatura corporal, que até hoje são válidas na Medicina pós-moderna, que são os seguintes:

1. O conhecimento da temperatura é indispensável para a prática médica porque todos os fenômenos das doenças devem ser estudados
2. A temperatura pode ser determinada de maneira muito precisa diferente de outros fenômenos médicos-biológicos
3. Esta não pode ser inventada ou adulterada (i.e, é objetiva)
4. Determinado aumento da temperatura indica febre
5. O grau de temperatura define a gravidade da enfermidade
6. A observação termométrica pode auxiliar na descoberta das leis que regulam o curso de certas doenças e nos permitir conhecê-las melhor

7. O comportamento da temperatura durante a evolução da doença mostra sua recaída ou melhora antes de as reconhecermos por outras formas
8. A termometria é capaz de auxiliar no ajuste das medidas terapêuticas
9. Ela indica a transição de um estágio da enfermidade para outro, bem como o começo da convalescência e o restabelecimento da saúde geral
10. Ela indica iminente estado de colapso fatal
11. E finalmente, prova a evolução para óbito, quando esta é incerta

*Nihil novum sub sole* (Não há nada de novo sob o sol)

A temperatura corporal é uma medida importante da integridade fisiológica e patológica e por isso ganhou destaque dentre os cinco sinais vitais (temperatura, pulso, pressão arterial, frequência respiratória e dor). Portanto são imprescindíveis técnica e medida acuradas, fatores críticos para guiar as decisões terapêuticas não só nos casos de pacientes com hipotermia, hipertermia ou febre, mas também quando do aumento de temperatura nas infecções cutâneas ou resfriamento de membro nos casos de isquemia periférica.

O método de medida térmica basal para determinação do período fértil da mulher e planejamento familiar iniciados por Knaus em 1930 demorou décadas para ser estabelecido pela comunidade médica, somente em 1952.

A única técnica semiológica preconizada para acessar a temperatura da superfície corporal é o toque com o dorso da mão, que é uma grosseira avaliação da produção de calor, pois a mão humana é incapaz de perceber diferenças de temperatura menor do que 4°C entre duas regiões distintas. Infelizmente, a mão não mede temperatura, apenas percebe uma sensação de transferência de calor. Quando se toca a madeira da porta e a maçaneta tem-se a sensação que a maçaneta está mais fria que a madeira, apesar de ambos os objetos estarem à mesma temperatura ambiente. Após um tempo com a mão sobre a pele fria de uma área isquêmica, p. ex., se observará que ela ficará menos gelada até

que a sensação de frio passa, não havendo mais troca de calor, ou seja, um equilíbrio térmico. Trata-se, portanto de uma avaliação empírica e que se distancia em muito do que a ciência exige, i.e., aos princípios de Wunderlinch.

O primeiro sensor térmico eletrônico foi desenvolvido na década de 1940. Nos anos 50, a pesquisa militar nos sistemas de monitoração infravermelha de movimento de tropas durante a noite permitiu o início de uma nova era no diagnóstico térmico. As imagens geradas pelas câmeras infravermelhas eram baseadas na quantidade de calor dissipada da superfície na forma de radiação infravermelha. A primeira vez que se utilizou a imagem termográfica infravermelha foi em 1957 quando Dr. Ray Lawson da Universidade McGill, publicou que havia aumento de temperatura cutânea no câncer de mama. Desde então, a imagem térmica foi se desenvolvendo à medida que os sistemas de processamento e qualidade de imagem, bem como softwares e computadores se aperfeiçoaram. A medição da temperatura da superfície do corpo ainda não atingiu o lugar que merece, atendendo os avanços brilhantes que foram feitos na medicina diagnóstica laboratorial e por imagem. Só recentemente a medida da temperatura da superfície corporal ganhou considerável significância diagnóstica, especialmente no campo da medicina da dor, oncologia, reumatologia, angiologia e cirurgia.

Em termografia infravermelha não implica na utilização de radiação ionizante, acesso venoso, contrastes radiológicos ou quaisquer outros procedimentos invasivos. É simples e segura. O procedimento de exame sem contato, não provoca nenhum dano ou desconforto ao paciente.

### **A Termografia Infravermelha**

A termografia (i.e., imagem térmica, imageamento por infravermelho, estudo de gradientes de temperatura) é uma modalidade de imagem, não invasiva, predominantemente fisiológica que mede e mapeia a distribuição de temperatura emitida pela superfície do corpo analisando a função vasomotora relacionada com o controle da temperatura cutânea. Ela não substitui o estudo anatomopatológico.

**Conceitos Físicos.** Todos os objetos com temperatura superior ao zero absoluto (-273 K) emitem radiação infravermelha de sua superfície. A lei de Stefan-Boltzmann define a relação entre a energia irradiada e temperatura, afirmando que a radiação total emitida por um objeto é diretamente proporcional à área do objeto e emissividade e a quarta potência de sua temperatura absoluta. Uma vez que a emissividade da pele humana é extremamente alta (97,8%), a medição da radiação infravermelha emitida pela pele pode ser convertida diretamente em valores de temperatura muito precisos.

### **Termografia Médica**

A termografia médica refere-se ao processo de determinação etiológica de doenças ou distúrbios humanos e respectivo laudo diagnóstico por meio de imageamento infravermelho. A termografia médica é realizada com objetivo diagnóstico e detecção de doenças. O processo diagnóstico deve fluir no sentido que o examinador reúne as imagens infravermelhas juntamente com a história clínica, exame físico e outros exames médicos realizados pelo paciente.

Uma lesão é frequentemente relacionada com variações no fluxo sanguíneo que por sua vez podem alterar a temperatura cutânea. A inflamação provoca hiper-radiação, i.e., aumento da temperatura consequentemente a maior emissão de radiação infravermelha, enquanto que a degeneração, atividade muscular reduzida e a baixa perfusão tecidual acarretam um padrão de hiporradiação de raios infravermelhos.

Devido à complexa natureza e etiologia de inúmeras condições dolorosas e não dolorosas associadas com padrões de assimetria de temperatura cutânea, apenas médicos devidamente treinados e certificados devem utilizá-la como instrumento de diagnóstico médico, i.e., assumir uma responsabilidade legal por um laudo médico.

Outras tecnologias, como o PET scan, a RM, espectroscopia, tomografia, ultrassonografia, eletroneuromiografias, radiografia não fornecem as mesmas informações oferecidas pelo imageamento térmico infravermelho. A aplicação clínica da termografia pode tanto ajudar médicos a entender a fisiopatologia associada com diversas

alterações patológicas como melhorar os resultados clínicos obtidos com seus pacientes.

A termografia esta aprovada pelo FDA desde 1980 e faz parte da Classificação Internacional de Procedimento Médicos publicados pela Organização Mundial de Saúde (Genebra, 1990).

### 3-62 Termografia

Inclui: retrato fotográfico da temperatura corporal

Exclui: representação gráfica da temperatura (1-736)

3-620 Mama

3-621 Veias profundas

3-622 Região hepática

3-623 Outras partes do tronco

3-624 Ossos e articulações

3-625 Tecidos moles em nenhum lugar classificado

Linfonodos

3-628 Outra termografia

3-629 Não especificados

A termografia infravermelha foi reconhecida pela Associação Médica Americana como método diagnóstico em 1987. Desde então diversos grupos e associações médicas tem promovidos a correta aplicação do imageamento térmico na prática clínica. Entre esses grupos estão incluídos a Associação Européia de Termologia, a Associação de Termografia do Reino Unido, o Centro Norte Norueguês de Termografia Médica, a Academia Americana de Termologia, a Academia Japonesa de Termologia, a Sociedade Romena de Termologia, a Sociedade Brasileira de Termologia (Sociedade Panamericana de Termologia) e a Sociedade Alemã de Termografia e Medicina de Regulação (DGTR), uma das mais antigas sociedades médicas em termografia. De um modo geral, o objetivo desses grupos é padronizar e melhorar ainda mais o método, bem como, desenvolver protocolos apropriados para aplicações clínicas.

A termografia infravermelha tanto mensura quanto mapeia o grau e a distribuição das mudanças de temperatura na pele. A temperatura cutânea esta em grande parte sob controle do sistema nervoso neurovegetativo esperando-se assim na presença de um sistema nervoso integro uma similaridade direita/esquerda de todo o corpo. Padrões assimétricos igual ou maior a 0,3°C ocorrem quando existe uma alteração simpática ou na presença de lesão traumática, alteração inflamatória ou vascular local. Entretanto, devem-se levar em conta dois pontos fundamentais:

1. a termografia não é um exame isolado, sempre é necessário correlacionar o padrão de distribuição térmica com a avaliação clínica do paciente
2. a termografia não é um teste anatômico, mas sim funcional e, por tanto, quando na suspeita de lesão estrutural outros métodos de imagem radiográficos devem ser executados

Devida complexa natureza etiológica das condições dolorosas, vasculares e tumorais associadas com padrões térmicos assimétricos, somente médicos devidamente treinados e certificados podem realizar e interpretar estudos termográficos. Quando presente, o padrão de assimetria descoberto na termografia infravermelha deve guiar o médico na determinação da fonte geradora desta anormalidade. Tanto a espera na resposta ao tratamento quanto testes complementares podem ainda ser necessários para um diagnóstico final completo.

Anormalidades como tumores, processos inflamatórios e infecções geram grande emissão infravermelha que aparecerão como áreas quentes irregulares na imagem; enquanto que tecidos de baixa perfusão, músculos hipotróficos e áreas de hiperatividade simpática se apresentarão como zonas frias devido a baixa emissão térmica. Da mesma forma que a ecografia trabalha para recriar uma imagem em tempo real a partir do som, a termografia converte a temperatura emitida dos tecidos em uma imagem térmica da superfície do corpo. A ultrassonografia representa uma imagem bidimensional anatômica baseada na resistência a propagação do pulso, enquanto que a termografia representa uma imagem bidimensional funcional da atividade

vasomotora da superfície da pele ou órgãos (cavidade aberta). A importância diagnóstica desta informação biológica para avaliação da complexa fisiologia neurovascular é inquestionável. Por se tratar de um sinal vital, a medicina nunca poderá negligenciar a mensuração térmica no estudo e diagnóstico das doenças. A termografia infravermelha representa hoje, o meio mais avançado para examinar o comportamento térmico de toda a superfície cutânea humana e sua implicação com o sistema termorregulatório.

Já foi demonstrado que a execução do exame termográfico infravermelho, devido sua alta sensibilidade, pode poupar a necessidade de solicitar outros métodos de diagnóstico. A simetria térmica entre os membros indica ausência de anormalidade funcional e anatômica. Às vezes, alterações podem ser detectadas precocemente, antes mesmo que ocorram mudanças anatômicas propriamente ditas. A imagem infravermelha tem valor diagnóstico complementar muito grande, especialmente quando executada a **avaliação termográfica sistêmica preditiva** (Silva & Brioschi, 2009), que compreende na avaliação de corpo inteiro e triagem multidisciplinar de diversas doenças, em um único procedimento.

Até o presente, as bases físicas e biológicas da termografia não são familiares para a maioria dos médicos. A fisiologia regulatória e os métodos de diagnóstico funcional estão ainda na sua infância em comparação com exames estruturais de imagem (radiografia, RM). A radiografia e a ultra-sonografia, que proporcionam a avaliação anatômica p.ex., são métodos de investigação presentes nos tópicos do ensino médico. A termografia, por outro lado, baseada na termodinâmica e termocinética, apesar de sumo interesse para a física atual, são praticamente desconhecidas para a maioria dos médicos. Em muitas áreas da medicina ainda não se discute física quântica. Esse é um dos motivos pelo qual nos Estados Unidos a termografia por infravermelho como método diagnóstico funcional ainda não é bem compreendida ou ao menos conhecida entre a maioria dos médicos, apesar de aprovada e registrada como método diagnóstico pelo FDA e pela Classificação Internacional de Procedimento Médicos publicados pela Organização Mundial de Saúde (Genebra, 1990).

## NORMATIVAS PARA EXECUÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Apesar de todo o avanço tecnológico hoje e rápido acesso as novas informações, certos princípios permanecem imutáveis, tanto na Medicina como um todo quanto também na área de Termografia Médica.

### Educação Profissional Continuada

A certificação é a primeira etapa para conseguir o padrão ideal na prática da termografia médica infravermelha. Após obter a certificação. Todo Termologista Clínico registrado deve manter-se atualizado com:

- A física do infravermelho
- Com a instrumentação e os avanços desta tecnologia
- Conhecimento de anatomia e fisiologia das doenças que examina na sua prática clínica
- Conhecimento da fisiopatologia térmica da doença que está se propondo a avaliar
- Familiarizado com os avanços no diagnóstico e tratamento das doenças que está propondo avaliar
- Familiarizado com as mudanças nos protocolos de imageamento infravermelho e nos critérios diagnósticos que forem publicados

## Padrão de Aceitação Internacional

Não basta alta tecnologia de equipamento, deve haver qualidade na operação e nos procedimentos. Para obter reprodutibilidade de resultados é importante seguir um protocolo e manter condições de controle padrões, mesmo para as avaliações simples. Isto é essencial para avaliar a resposta fisiológica quando se utiliza métodos de altíssima sensibilidade como a termografia. O mecanismo de termorregulação do corpo humano responde muito rapidamente as variações térmicas do ambiente. Uma terminação nervosa da pele humana envia um estímulo a uma mudança de temperatura tão pequena quanto 0,009°C. Omitir as condições padrões de controle do paciente é tão inaceitável quanto avaliar a pressão sanguínea sem levar em conta o rígido protocolo para sua correta reprodutibilidade. A obtenção de leituras erradas por falha em utilizar uma técnica apropriada leva a um falso diagnóstico, que pode resultar em tratamento desnecessário ou inapropriado.

É essencial reduzir variáveis para melhorar a aprendizagem e a percepção diagnóstica. Permitindo assim, a troca de informações, ajustes de padrões de interpretação quando necessário e melhora na mensuração seriada.

Os benefícios da padronização são:

1. Sua própria técnica melhora
2. Outros colegas poderão seguir seu método
3. Os laudos são mais facilmente compreensíveis
4. Do ponto de vista médico-legal seu laudo tem mais força de evidência
5. Maior consciência do desempenho do seu aparelho de termografia
6. Maior habilidade de interagir com outros centros
7. Possibilidade de dividir casos normais e casos especiais com outros centros (atlas)

Para executar um diagnóstico adequado por imagem infravermelha deve se tomar atenção a 6 pontos fundamentais:

1. Câmera & Sistemas Infravermelhos
2. Sala de exames
3. Preparo do paciente
4. Posicionamento do paciente & captura de imagens
5. Análise de imagens e apresentação
6. Interpretação diagnóstica

## 1. Câmera & Sistemas Infravermelhos

**Câmera Infravermelha.** A recomendação atual é a utilização da termografia de raios infravermelhos e não mais os equipamentos de cristal líquido, denominados termografia de placa ou contato. A termografia infravermelha utiliza um termovisor para captar a distância as emissões de calor de diferentes áreas do corpo e reproduzir em um monitor por meio de uma paleta de cores. Cada cor representa um nível específico de temperatura. Os raios infravermelhos se encontram dentro do espectro eletromagnético entre 0,75 µm a 1 mm. A pele humana emite radiação infravermelha no comprimento de ondas essencialmente entre 2-20 µm, com um pico maior entre 9-10 µm, i.e., na faixa do infravermelho longo (Archer&Gros, 1971). Portanto atualmente os sistemas de detecção infravermelha são compostos por câmeras ultra-sensíveis e computadores sofisticados para detectar, analisar e produzir imagens diagnósticas de alta resolução a partir destas emissões infravermelhas na faixa do infravermelho longo. A termografia de contato não é capaz de discernimento adequado de discretas mudanças vasculares e processamento digital necessário para correlações histológicas (Head e Elliot, 1995). Para a o estudo termográfico médico necessita-se de um sistema confiável que esteja dentro dos padrões técnicos aceitáveis para estes tipos de dispositivos de imagem. Uma câmera infravermelha adequada para avaliação de perfis térmicos cutâneos deve ter as seguintes características:

(1) Operar na faixa do infravermelho longo (7,5 a 13 µm) com a vantagem de que estas são menos afetadas pela luz ambiente quando comparadas com as de ondas curtas. Também devido grande parte da

radiação infravermelha humana estar concentrada entre 2-20  $\mu\text{m}$  com pico entre 9-10  $\mu\text{m}$ . Segundo a lei de Planck aproximadamente 90% da radiação infravermelha emitida pelo ser humano é na faixa do infravermelho longo.

(2) Possuir alta resolução espacial, i.e., elevada capacidade de distinguir detalhes numa imagem. Uma resolução mínima de 320 (horizontal)  $\times$  240 (vertical) pixels é o mínimo necessário. Atenção, a resolução espacial é muito dependente do correto ajuste de foco da imagem também.

(3) Alta resolução geométrica. Recomenda-se a utilização de tecnologia infravermelha com sensibilidade térmica de 0,05°C (50mk) (NETD) e visualização de pontos quentes de pelo menos 1,36 mm a 1 metro de distância, i.e., resolução espacial (IFOV) menor que 1,36 mrad para o tamanho do pixel.

(4) Faixa de temperatura específica e mais estreita permite leituras térmicas mais precisas, porém com uma margem (i.e., -20°C a 100°C) para avaliação comparativa com o meio ambiente (*cold stress test*).

(5) Lentes especiais de germânio de 25°. Dependendo da situação clínica podem-se utilizar lentes grandes angular de 45°, nos casos de pouco espaço entre câmera e paciente, ou telefoto de 15° quando não se pode chegar muito perto da região de estudo, neste caso para avaliações intra-operatórias em que a câmera fica cerca de 3 metros do campo operatório não interferindo no espaço da equipe cirúrgica.

(6) Programas de imagem dedicados para análise dos parâmetros médicos de temperatura, como funções de média, temperatura máxima e mínima, delta T, isotermas, escalas de cores e fusão de imagem.

(7) Capacidade de ajuste da emissividade para 0,98 para obter leituras corretas.

A câmera deve ser calibrada anualmente em laboratórios especializados com fontes de referência seguras, que garantam uniformidades nas imagens com correção dos limites ópticos, alta precisão, escala, estabilidade e evite flutuações de temperatura e efeito de inundação na cena. Antes dos exames a câmera deve ser checada e o sensor estabilizado, aguardando-se 10 minutos para iniciar a captura de imagens.

**Suporte para Câmera.** A fixação em um sistema de coordenadas fixo assegura um posicionamento preciso da câmera. É conveniente ter a câmera montada em uma coluna do tipo X-Y, semelhante às utilizadas em equipamentos de radiografia. Também é possível utilizar-se de um tripé profissional firme ou até mesmo com habilidade câmeras portátil com correia de mão, mas que deve se tomar todo o cuidado para que não haja o risco de mau alinhamento angular maior do 60° em relação ao corpo.

## 2. Sala de Exames

A sala de exames deve ser semelhante a um estúdio fotográfico no entanto, em um ambiente termicamente controlado. A primeira razão disto é devida natureza da fisiologia humana. A avaliação em ambiente externo, ou em sala não climatizada, ou com roupas produzem artefatos.

Há porém, algumas situações especiais como registro térmico na sala de cirurgia ou em ambiente externo na cena do atendimento pré-hospitalar ao trauma/emergência que não é possível ter um ambiente controlado. Nestes casos a interpretação deve ser realizada apenas por um termologista experiente.

**Temperatura da sala.** Para se registrar imagens da perfusão sanguínea normal em repouso, i.e., sem estímulo térmico externo provocativo, o exame deve ser realizado numa zona térmica neutra para o paciente. A temperatura da sala deve estar a 23°C respeitando um estreito limite de variação térmica ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). Este estímulo térmico é geralmente adequado para causar uma vasoconstricção fisiologicamente controlável, de forma que as regiões patologicamente vasodilatadas tornar-se-ão evidentes e as regiões frias podem se contrastar satisfatoriamente com as áreas normotérmicas vizinhas. Salas mais frias a 18-20°C podem provocar tremores além de realçar vasos cutâneos perfurantes, artefato chamado efeito em “pele de leopardo”. Exceto se a intenção é gerar um exame provocativo nenhum estresse térmico inapropriado deve existir. Umidade relativa do ar acima de 60% também deve ser evitado, para não provocar sudorese e artefato frio na

imagem. Portanto, o clima da sala de exame deve ser registrado com um termohigrômetro confiável, visível e de fácil leitura.

**Convecção de ar e fontes de calor.** Qualquer ação unilateral ou não uniforme de calor ou frio sobre um corpo despido provocará artefatos na imagem térmica. Assim sendo, janelas e portas devem manter-se fechadas conservando um ambiente seguramente controlado e livre de correntes de ar (velocidade menor que 0,2m/s), flutuação térmica e excesso de umidade. As paredes devem ter temperatura constante ao longo do dia. O paciente não deve se posicionar perto de janelas ou fontes de calor (aquecedores, lâmpadas, monitores etc.) nem estar expostos a luz solar.

**Espaço físico e mobiliário.** A sala de termografia deve ter um bom acesso e uma área grande de trabalho (mais de 4m de comprimento), bem como portas largas para cadeirantes e passagem de macas. Soluções práticas como separação da sala com cortinas plásticas ou divisão com luzes asseguram melhor conforto e adaptação do paciente. A melhor posição é captar as imagens térmicas com o paciente em pé mas, dependendo do problema pode ser necessário deitar ou sentar. Nas avaliações de períneo p.ex., é obrigatório o exame em maca com o paciente em posição ginecológica ou de litotomia. A sala deve ter espaço satisfatório para permitir boa qualidade de imagem, i.e, distância suficiente entre a câmera e o paciente, além de permitir que seja realizado o exame na mesma distância em cada reavaliação. Piso térmico é preferível, p.ex., emborrachado. É recomendável a exposição despida de corpo inteiro do paciente e descalço durante o tempo de equilíbrio térmico, mesmo nos exames de extremidades superiores. É recomendável também a padronização de luzes fluorescentes no ambiente.

**Instalações.** As instalações elétricas devem seguir os padrões de segurança recomendados para salas de exame médico. Deve haver um ponto d água dentro da sala para realização de testes de estímulo ao frio, bem como balde para imergir pés ou mãos. É importante ter um

local para armazenagem de relatórios e livros de consulta de anatomia, fisiologia e relacionados a terminologia clínica.

**Monitor.** É imprescindível a presença de um grande monitor de tela plana posicionada de forma que tanto o médico quanto o paciente possam acompanhar o exame em tempo real. Além disso, o monitor serve como um espelho, auxiliando o posicionamento e adequando o próprio paciente durante os comandos do examinador. Também reduz o estresse de estar despido pois, desvia toda atenção para as áreas assimétricas relacionadas às suas queixas que devem ser reconhecidas pelo mesmo após orientação do médico examinador quando apropriado.

**Outros.** Uma instrumentação de imagem infravermelha apropriada inclui computador e impressora adequados respectivamente para armazenagem e impressão de laudos.

### 3. Preparo do paciente

**Marcação de exames.** A fim de evitar a interferência de artefatos de outros exames, a termografia deve ser o primeiro procedimento do dia. Deve-se evitar manipulação física, acupuntura, fisioterapia, aplicação de TENS ou outros testes eletrodiagnósticos por pelo menos 12 horas antes da termografia. Qualquer exceção a isto deve ser registrada na ficha de pré-avaliação do paciente.

Nos casos de avaliação de mamas, a melhor escolha é a realização do exame entre o 5º e 11º dia após menstruação. Em algumas mulheres o padrão termovascular se torna muito mais pronunciado no meio do ciclo. Os termogramas normais realizados na segunda metade do ciclo não precisam ser repetidos, mas se houver suspeita de achados indeterminados recomenda-se uma reavaliação de controle na primeira metade provando se realmente é normal. Anticoncepcionais e terapias hormonais aumentam simetricamente a perfusão mamária (congestão), além de cuidadosamente registrados, devem ser interpretados com atenção.

No caso do registro do curso e tratamento de doenças inflamatórias reumáticas, deve-se realizar o exame entre 9 e 12h am. No período da manhã as variações térmicas articulares são mínimas.

**Comunicação e preparo do paciente.** O paciente deve ser cuidadosamente preparado para o exame termográfico para se obter resultados reproduzíveis e imagens úteis para diagnóstico:

- Deve ser evitada qualquer atividade física que possa afetar a temperatura corporal e o fluxo de sangue do local examinado por pelo menos uma hora antes do exame. Isto se aplica especialmente para esforço físico e fisioterapia.
- Quando possível deve ser evitados por pelo menos 24h antes do exame (8-16h no mínimo) esteróides, beta-bloqueadores, medicações vasoativas, opióides e adesivos transdérmicos. As exceções devem ser registradas na ficha de pré-avaliação.
- Também influenciam a temperatura da superfície cutânea uso de cigarro, café, chá ou álcool previamente ao exame. Se estas influências não puderem ser totalmente eliminadas, devem obrigatoriamente ser registradas na ficha de pré-avaliação e serem levadas em conta na interpretação dos resultados. Embora estas representem um efeito generalizado que diminui muito pouco a precisão do exame.
- Nos testes de estímulo ao estresse frio, se devem evitar medicações que possam alterar a função simpática 24h antes do exame.
- Na ausência de circunstâncias que justifiquem, para um estudo diagnóstico fidedigno neurovegetativo, deve-se evitar bloqueio simpático ou neurolítico 3 dias antes da termografia.
- Tratamentos locais com óleos ou aplicação de cosméticos podem tornar ininterpretáveis os termogramas. Para assegurar uma pele a mais limpa possível deve-se tomar banho na manhã que precede o exame pelo menos 2h antes, evitando-se expor-se a água muito quente.
- Evitar colocar qualquer material na pele, como loções, desodo-

rantes, talcos, analgésicos tópicos etc. Evitar maquiar-se se a face for examinada.

- Deve-se tomar cuidado para que a circulação sanguínea não fique restrita por roupas apertadas (sutiãs, cintos, calças, suspensórios etc) evitando-se áreas de compressão. Orientar o uso de roupas mais soltas, evitando-se qualquer aperto contra a pele. Não utilizar anéis, correntes e pulseiras durante o exame.

Antes do exame o paciente recomenda-se que o paciente esteja relaxado, podendo ficar sentado ou deitado por cerca de meia hora se necessário. Também neste período deve-se evitar a manipulação da região a ser examinada ou a compressão exercida por roupa, cadeiras ou partes do corpo (cruzar as pernas, debruçar-se sobre os cotovelos etc).

**15-minutos de aclimatização.** Para libera todo o calor retido pelas roupas, o paciente deve permanecer na sala climatizada de exames por 15 minutos com o corpo inteiro exposto ou eventualmente parte superior ou parte inferior. As áreas da mama e genitais do paciente devem estar cobertas com tecido leve de algodão ou similar quando ele não estiver em exame.

O paciente deve ser instruído a não palpar, pressionar, esfregar ou coçar a pele em nenhum momento até que seja completado todo o exame termográfico. Os braços não podem ficar cruzados ou em contato com a lateral do corpo. O resfriamento do corpo é facilitado com as mãos apoiadas sobre a cabeça. Os pacientes devem ser rotineiramente aclimatizados por 15 minutos sempre antes de começar de capturar as imagens. Termogramas imediatamente tomados quando o paciente chega de exercícios físicos e terapias, exposição solar excessiva, remoção de talas e órteses, retirada de curativos e enfaixamentos não são adequados para diagnóstico. Nestas situações deve-se recomendar uma espera de 30 minutos ou mais na sala de espera.

**Pré-avaliação do paciente.** Antes do exame termográfico deve ser realizada uma explicação do procedimento e abordagem clínica. O médico deve:

- Explicar porque o exame infravermelho está sendo realizado no paciente, tomando-se cuidado para assegurar que o paciente está entendendo a necessidade do mesmo.
- Responder a perguntas e preocupações a cerca de qualquer aspecto do exame
- Levantar os dados pré-diagnósticos, de tratamento ou prognóstico relatados pelo médico do paciente
- Verificar a capacidade do paciente em tolerar o exame e avaliar qualquer contra-indicação do procedimento como:
- Presença de órteses, talas, enfaixamentos ou outros fatores técnicos que impeçam a exposição da pele ao equilíbrio térmico da sala.
- Paciente não colaborador
- Obter um completa história do paciente por meio de anamnese e verificar os registros clínicos do médico do paciente

Uma história relevante ao exame deve incluir:

- a. Estado atual de saúde, especialmente relacionada à dor e instabilidade vasomotora
- b. Presença de sinais ou sintomas como alodínia ou hiperalgesia associado com disfunção neurovegetativa sudomotora ou vasomotora
- c. Fatores de risco relevantes para instabilidade vasomotora: história prévia de SDRC, trauma, fratura, lesão por esforço repetitivo, síndrome de vibração, neuropatia periférica, doença medular, radiculopatia, cefaléia vasomotora, doença reumática, doença cardiovascular, hipertensão, diabetes, doença vascular periférica, coagulopatia, contraceptivo hormonal, hipotireoidismo ou infecção
- d. Resultados de exames laboratoriais e de imagem, incluindo termografias anteriores e exames vasculares

- e. Tratamentos e medicações em uso
- f. Resultados de procedimentos cirúrgicos, especialmente relacionados ao sistema neurovegetativo, bloqueios simpáticos ou cirurgias vasculares

Um preparo cuidadoso do paciente e uma inspeção meticulosa da pele a ser examinada excluirão inúmeras causas de erros de interpretação. Também deve ser levada em conta na interpretação do termograma a presença de dobras cutâneas, elevações, depressões, vasos superficiais (varizes), regiões de pressão, feridas, inflamações locais, picadas de inseto e lesões cutâneas (espinhas, úlceras, crostas etc). Hematomas e veias visíveis sob a pele devem ser anotados em ficha.

O paciente não deve se encostar em nenhum objeto durante o exame, especialmente se esta for a parte a ser examinada. Qualquer forma de palpação altera o fluxo de sangue, aumentando no caso de pressão ou resfriando se os dedos estiverem mais frios que a área tocada. Entretanto, estes artefatos são termograficamente fáceis de serem detectados e interpretados como tais, além de durarem por um curto período de tempo, mas que devem ser totalmente evitados. Orientar o paciente a apenas apontar para o problema e nunca tocar, esta é a técnica do “no-touch”.

#### 4. Posicionamento do paciente & captura de imagens

**Registro nas posições padronizadas.** Deve ser utilizado um protocolo de exame padrão para cada segmento analisado. Isto necessitará frequentemente da captura de múltiplas imagens térmicas com diferentes áreas de interesse (braços, antebraços, punhos, mãos, coxas, pernas, pés, coluna cervical, torácica e lombossacral, quadril, crânio e mamas). Cada região deve incluir visadas anteriores, posteriores, medial, laterais e oblíquas. As tomadas contralaterais e anteroposteriores devem ser equidistantes e com mesma janela térmica, preenchendo toda a imagem. A câmera deve ser verticalmente ajustada paralela ao corpo tomando-se o cuidado com a angulação.

O exame deve ser feito com toda a tranquilidade possível, evitando-se uma vasoconstrição periférica acentuada induzida pelo estresse. Tanto o estado físico quanto mental deve ser avaliado e registrado durante o exame. Os dados obtidos são analisados ao curso do exame para assegurar o máximo de informações e já um pré-diagnóstico durante o momento em que o paciente ainda está na sala de exames. Desta forma, procedendo ou não com mudanças na avaliação e testes mais específicos de acordo com os achados de imagem e correlação clínica.

Quando presente, o padrão assimétrico na avaliação infravermelha deve guiar o médico na identificação da fonte geradora de anormalidade. Nos casos de suspeita de doenças como SDRC ou fenômeno de Raynaud, p.ex., deve-se completar o procedimento com teste de estresse autônomo funcional ao estímulo frio. Tanto uma resposta ao tratamento como exames adicionais podem ser ainda necessários para um diagnóstico final.

Após o exame, deve ser realizado um exame físico dirigido baseado nas anormalidades térmicas encontradas. Este exame pode ser limitado, dirigido ou extenso incluindo a avaliação de todas as estruturas em estudo. As mudanças tróficas, vasomotoras ou sudomotoras e possíveis causas geradoras de dor devem ser registradas para posterior confecção do laudo diagnóstico. O exame de palpação deve ser realizado somente após capturar todos os termogramas.

Os dados e todas as imagens obtidas durante o exame infravermelho devem ser revisadas para assegurar de que foi realizado uma avaliação completa e compreensiva do paciente. Qualquer exceção a rotina do protocolo de exame apresentado (i.e. omissão de estudo ou revisão) deve ser anotado e justificado.

Registre no laudo a fonte que está sendo utilizada para a interpretação final completa de forma que as imagens térmicas possam ser classificadas de acordo com um critério diagnóstico (este critério deve ser baseado em informações publicadas, i.e., validadas).

Avise o médico solicitante no caso de atenção imediata do paciente baseado no resultado do exame termográfico efetuado.

Reavalie o estado físico e mental do paciente antes de liberá-lo.

**Intra-operatório.** Na termografia intra-operatória p.ex. durante revascularização miocárdica ou de extremidades, transplante renal ou hepático, é necessário:

- Ajustar a câmera corretamente sobre o campo operatório conforme a região de interesse (o uso de lente telefoto pode auxiliar deixando o equipamento em posição longe e segura da equipe cirúrgica)
- Projetar a termografia em tempo real em grande monitor para que toda a equipe cirúrgica possa ver as imagens e analisar em conjunto
- Documentar e gravar em vídeo digitalizado

Para este tipo de avaliação operatória a câmera deve ser de rápida velocidade de registro para acompanhar os eventos dinâmicos de fluxo sanguíneo e reperfusão de órgãos. E software dedicado para disponibilizar os resultados quantitativos obtidos em tempo real.

O objetivo da termografia intra-operatória é documentar:

- O tempo de resfriamento da víscera com a infusão da solução de preservação
- As regiões com perfusão inadequada ou lenta
- As regiões com perfusão inadequada devida doença isquêmica
- A perfusão pelo bypass após completar a anastomose distal
- A presença de estenose no bypass após completar as anastomoses
- Mais um teste adicional da função do bypass perfundindo novamente a solução de preservação e comparar o resultado com as imagens do estado inicial

## 5. Análise de imagens e apresentação

**Termogramas.** O termograma permite o mapeamento quantitativo e qualitativo da temperatura da superfície que pode estar relacionado com diferentes condições patológicas e fluxos sanguíneos. É possível exibir as imagens em tons de cinza ou em escalas coloridas

disponíveis no software. A imagem deve ser obrigatoriamente apresentada no mínimo com uma paleta de 85-100 cores e 0,15°C de janela térmica cada cor. Uma vez capturada a imagem térmica qualitativa, o termologista define a área de interesse (ROI) segundo referências anatômicas utilizando a ferramenta de desenho de polígonos que é disponível no programa e mensura objetivamente às informações térmicas conforme o caso.

### **Arquivamento de imagens e documentação**

É necessário salvar cada termograma numa pasta específica do paciente para facilitar a realização do laudo diagnóstico posteriormente. Se pertinente, forneça os resultados preliminares ao médico solicitante baseados nos achados de exame infravermelho. Alerta o médico solicitante quando indicado atenção médica imediata.

## **6. Interpretação diagnóstica**

A avaliação quantitativa dos dados térmicos da região de interesse (ROI) ou ao longo de uma linha (perfil térmico) é interessante. Evite utilizar pontos para mensurar temperaturas mesmo quando representam 8 bits por pixel. A questão não é a precisão desta mensuração, mas sim é que geralmente ela não vai ser suficientemente representativa da região para ser considerada digna de nota para análise de resultados. Diversos parâmetros quantitativos podem ser determinados por um retângulo delimitando a ROI, como a mensuração:

- Temperatura máxima, média e mínima
- Média de distribuição da temperatura (índice termográfico - TI)
- Mediana da temperatura do ROI
- Densidade média (histograma) da distribuição de temperatura no ROI

Estes parâmetros podem ser normalizados em relação à temperatura central do corpo (oral ou timpânica, p.ex.) ou à uma temperatura de referência fidedigna e reproduzível, que não seja afetada pela

doença em questão (p.ex. região medial cantal, frente) (Brioschi & Vargas, 2009).

Mas o parâmetro mais clássico utilizado é a diferença de temperatura ( $\Delta T$  ou parâmetro de assimetria) em relação ao lado contralateral. A quantidade de diferença térmica esquerda/direita pode definir uma disfunção quando está é maior do que 0,3°C. Quando a diferença já é superior a 1°C, isto representa um problema significativo (Ring, Uematsu, Chang) (Mehta e Lindenfeld, 2003). Há algumas variações deste parâmetro que pode ser utilizadas, como a diferença térmica ipsilateral em relação a um ponto fora da ROI (p.ex. avaliação de câncer de mama) ou a diferença térmica entre um ponto proximal e outro distal a ROI (p.ex. avaliação de isquemia de membros inferiores).

Para avaliação dinâmica pode ser utilizado diferenças térmica temporal para cada ponto medido, i.e., a diferença entre a imagem produzida com a anterior (imagem controle) e as demais produzidas a cada 5 min. durante o teste de estresse autonômico funcional ao estímulo frio, p.ex., resultando no recurso conhecido como subtração de imagens térmicas.

Depois destes o mais importante passo na avaliação da imagem térmica é a observação e análise qualitativa com a descrição da distribuição de temperatura, levando-se em conta o máximo da imagem térmica obtida.

Tanto na avaliação qualitativa quanto na quantitativa, a qualidade da imagem é imprescindível para um diagnóstico preciso.

A descrição do padrão de distribuição de temperatura relacionado com disfunção vasomotora da pele pode fornecer evidência diagnóstica preliminar. Sua precisão diagnóstica é proporcional quanto maior a resolução do equipamento que pode variar de 1,4 megapixels (1200x1200) até o mínimo recomendado de 0,75 megapixels (320x240).

## INDICAÇÕES DA TERMOGRAFIA NA MEDICINA

Inúmeros estudos e observações clínicas já provaram que certas temperaturas relacionadas ao corpo humano podem ser indicativas de processos fisiológicos anormais. Os exemplos mais conhecidos são em relação à temperatura central na febre, hiperpirexia e na hipotermia, e em relação à temperatura cutânea os gradientes térmicos na artrite, sítios de infecção, abscessos, inflamações e tecidos isquêmicos.

Sabe-se que inúmeras doenças afetam o comportamento e os padrões de temperatura cutânea devido à formação de coeficientes de degradação térmica, melhor conceituado como gradientes que pode p.ex., ser claramente identificado e dividido em padrões:

- dermatomérico simpático-sensitivo (termátomo)
- térmico neurogênico/radicular
- térmico vascular
- térmico venoso
- miofascial
- térmico inflamatório
- térmico articular

A disfunção neurológica do controle da perfusão cutânea pode refletir doenças relacionadas ao sistema neurovegetativo. A interpretação dos padrões coloridos e distribuição dos coeficientes de degradação

térmica de acordo com as áreas de projeção anatômica e fenômenos fisiológicos específicos pode auxiliar na avaliação e diagnóstico de inúmeras condições clínicas, como p.ex. câncer de mama, síndrome complexa de dor regional (SCDR), lombalgia, neuropatias, doença de Raynaud, disfunções temporomandibulares, varicocele e outras.

Como explicado anteriormente, do ponto de vista fisiológico vasomotor da pele qualquer doença pode apresentar um padrão térmico peculiar ou uma resposta vasomotora simpática alterada. Desta forma, muitas doenças têm o potencial de serem estudadas e bem reconhecidas pela termografia infravermelha baseado na sua resposta térmica, seja pelo padrão estático ou pelo comportamento funcional ao estímulo, se seguido os princípios básicos expostos neste livro.

Consequentemente todas as doenças reunidas na **Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde** (10a Revisão, Versão 2007, CID-10) homologadas pela **Organização Mundial de Saúde (OMS)**, reúnem potencialmente condições de serem documentadas por termografia infravermelha baseado nos princípios fundamentais da fisiopatologia e termorregulação humana. O potencial diagnóstico da termografia é diretamente proporcional ao conhecimento termofisiológico da doença que se esta avaliando, e mais acurado à medida que estes estudos científicos esclarecerem as questões vasomotoras relacionadas a ela. Isto não somente abre oportunidade para novos estudos mas, reafirma a importância da Termologia Clínica tanto na pesquisa científica quanto na prática médica.

| Capítulo | Códigos | Título  |
|----------|---------|---|
| I        | A00-B99 | Algumas doenças infecciosas e parasitárias                                      |
| II       | C00-D48 | Neoplasmas (tumores)  |
| III      | D50-D89 | Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários |
| IV       | E00-E90 | Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas                                  |
| V        | F00-F99 | Transtornos mentais e comportamentais   |
| VI       | G00-G99 | Doenças do sistema nervoso  |

|       |         |   |
|-------|---------|---|
| VII   | H00-H59 | Doenças do olho e anexos  |
| VIII  | H60-H95 | Doenças do ouvido e da apófise mastóide   |
| IX    | I00-I99 | Doenças do aparelho circulatório  |
| X     | J00-J99 | Doenças do aparelho respiratório  |
| XI    | K00-K93 | Doenças do aparelho digestivo   |
| XII   | L00-L99 | Doenças da pele e do tecido subcutâneo  |
| XIII  | M00-M99 | Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo   |
| XIV   | N00-N99 | Doenças do aparelho geniturinário   |
| XV    | O00-O99 | Gravidez, parto e puerpério   |
| XVI   | P00-P96 | Algumas afecções originadas no período perinatal  |
| XVII  | Q00-Q99 | Malformações congênicas, deformidades e anomalias cromossômicas   |
| XVIII | R00-R99 | Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte |
| XIX   | S00-T98 | Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas                                  |
| XX    | V01-Y98 | Causas externas de morbidade e de mortalidade   |
| XXI   | Z00-Z99 | Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde                            |
| XXII  | U00-U99 | Códigos para propósitos especiais   |

A termografia por infravermelha é um exame complementar a saúde humana totalmente inócuo, não invasivo, que deve ser aplicado para demonstração objetiva dos coeficientes de degradação térmica (gradientes térmicos) relacionado as inúmeras doenças que interferem com os órgãos e sistemas. Portanto, é possível utilizar da termografia, baseado nos princípios fisiopatológicos dos padrões térmicos para formular, confirmar, mensurar, diagnosticar, registrar, determinar a gravidade e o prognóstico, bem como a evolução das doenças reunidas no CID-10.

E estas aplicações vão além, ultrapassa os limites das aplicações em pessoas vivas, podendo também ser empregado na estimativa do tempo decorrido desde a morte, desde que haja o conhecimento dos padrões termográficos de toda superfície cutânea. A cabeça seria o melhor local para estas mensurações (Brioschi, Moraes Silva, 2009).

## CONTRIBUIÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA INTERNACIONAL

### **Indicações Preconizadas Internacionalmente**

Especialmente no campo das síndromes dolorosas podem-se resumir as indicações da termografia médica como exame complementar da seguinte forma:

1. Para formular e confirmar diagnósticos
2. Registrar a eficácia do tratamento e a condução do caso
3. Auxiliar na determinação do tipo, frequência e término do tratamento
4. Auxiliar na determinação da incapacidade
5. Determinar prognóstico
6. Identificar melhora no seguimento, progressão ou dispersão da doença, podendo refletir assim na mudança no tratamento
7. Avaliação do paciente com dor crônica não-responsiva
8. Avaliação ou seguimento de pacientes com instabilidade vasomotora conhecida ou suspeita
9. Auxiliar na avaliação do traumatismo, invalidez, síndrome ombro-mão ou outras doenças associadas com disfunção neurovegetativa
10. Confirmação para inclusão de critérios diagnósticos com propósito clínico diagnóstico
11. Avaliar a possibilidade de síndrome de dor regional complexa

- (SDRC) ou outras distrofias neurovegetativas bem como seguimento de seu tratamento
12. Avaliar SDRC tipo I (distrofia simpático-reflexa) e tipo II (causalgia), síndrome do desfiladeiro torácico, cefaléias vasomotoras, síndrome de Barré-Leiou
  13. Avaliação de cefaléia grave ou crônica
  14. Mapeamento da localização da instabilidade vasomotora para índices de incapacidade
  15. Mapeamento da extensão da instabilidade vasomotora para guiar na identificação da fonte da resposta simpática
  16. Identificar condições ocultas em tecidos moles ou catastrofização de sintomas
  17. Avaliar pontos gatilho miofasciais
  18. Avaliar e registrar lesões de tecidos moles, p.ex., tendinopatias, pontos gatilhos, síndrome compressivas
  19. Diagnóstico preçoso de possíveis fraturas de estresse
  20. Avaliar lesão sensitiva e neurovegetativa do nervo periférico
  21. Diagnóstico de lesão vascular
  22. Avaliar distúrbios vasculares e vasoespásticos, inflamação reumatóide e dor pós-fratura ou pós-operatória inesperada
  23. Avaliar lesões do esporte
  24. Diferenciar entre causas de dor persistente neurológica e miofascial
  25. Diferenciar entre envolvimento neurológico e vascular
  26. Diferenciar entre compressão radicular e neuropatia periférica
  27. Diferenciar entre disfunção articular primária (capsulite, artrite) e distúrbios neurológicos ou miofasciais
  28. Diferenciar entre cefaléia vascular, cefaléia pós-traumática e disfunção temporomandibular
  29. Avaliar dor facial quando outros testes não conseguem revelar a etiologia
  30. Seguimento para determinar técnica cirúrgica adequada, p.ex., bloqueio simpático, simpatectomia e/ou implante de estimulador medular

31. Avaliar a importância de sinais positivos quando o exame físico ou história não condiz, i.e., a lesão pode estar presente anatomicamente mas não ter significância fisiológica
32. Dor crônica de origem indeterminada particularmente quando o quadro clínico tem pouco ou nenhum sinal positivo ortopédico ou neurológico
33. Diferenciar, documentar e registrar qualquer lesão que não responda clinicamente ao tratamento
34. Avaliar a importância fisiológica de pequenas lesões anatómicas identificadas na tomografia e ressonância magnética
35. Avaliar nos casos de radiculopatia clinicamente suspeitas quando a tomografia ou ressonância é negativa
36. Auxiliar na procura de lesões despercebidas ou escondidas. Por exemplo:
  - a) A tomografia pode ser anormal em um nível, mas o termograma pode mostrar anormalidades neste e em nível adjacente, levando o médico a realizar outro teste, como mielograma ou RM, que podem estar encobrendo uma segunda lesão
  - b) O paciente pode apresentar uma disfunção de raiz nervosa e síndrome complexa de dor regional, com somente características de uma destas doenças
  - c) O paciente pode ter tanto problema nervoso (discal) e pontos gatilho miofasciais ou problemas facetários que sobrepõe ou mascara os sintomas. Sob estas circunstâncias a história e/ou sintomas podem ser mascarados pela lesão predominante
  - d) Na avaliação da importância de hérnias discais
  - e) Avaliar a significância clínica de protrusões ou herniações moderadas registradas em mielogramas, TC ou RM se clinicamente indicado (casos de dúvida quanto a importância do achado anatômico)
  - f) Avaliar a possibilidade de distrofia simpático reflexa e registrar o tratamento quando clinicamente indicado
  - g) Diferenciar, documentar e registrar qualquer lesão que não tenha resposta clínica ao tratamento

### **Síndrome Complexa de Dor Regional (SCDR)**

A SCDR, distrofia simpático reflexa (DSR) ou causalgia é uma síndrome neurológica crônica que geralmente é associada com atividade simpática nervosa anormal que inclui a tríade característica de distúrbio neurovegetativo (p.ex. mudanças sudomotoras ou vasomotoras, edema, distrofia, atrofia, assimetria da temperatura cutânea, alteração de cor da pele), sensitivo (p.ex. dor em queimação, hiperalgesia e alodínia) e às vezes distúrbios motores (p.ex. parestesia, tremor, distonia). É uma condição neuropática potencialmente debilitante caracterizada por dor regional que geralmente é desproporcional ou ocorre na ausência de um evento inicial definido. Em alguns casos, a SCDR ocorre espontaneamente, e a etiologia não é identificável. Em outros casos, os sintomas podem ocorrer após lesão ou trauma (p.ex. queda de nível, torção, fratura, trauma visceral, injúria ao sistema nervoso central ou procedimento cirúrgico). Há dois tipos de SCDR: tipo I (i.e. DSR) na qual não há identificação de lesão nervosa e do tipo II (causalgia) em que se identifica uma lesão nervosa (Niehoff, et al., 2006; Stanton-Hicks, 2006). O diagnóstico SCDR é um diagnóstico clínico feito pela história e exame físico e observação de sinais e sintomas. Mas algumas vezes isto é difícil de se identificar e definir numa fase inicial, principalmente quando associada a outras comorbidades como síndrome de dor miofascial, síndrome fibromiálgica, depressão, litígio ou idades avançadas ou na infância. Não há nenhum sinal específico ou teste diagnóstico clínico qualitativo que seja conclusivo para esta condição, entretanto a termografia pode mensurar precisamente esta assimetria térmica presente nos pacientes com SCDR, considerada uma indicação da presença da doença. Por esta razão, a termografia tem sido proposta como método diagnóstico complementar na SCDR. Devido as síndromes semelhantes de SCDR é mandatório confirmar a presença da resposta de vasodilatação paradoxal de extremidades devido instabilidade vasomotora da doença durante testes de estresse ao estímulo frio (Conwell, 2010). O diagnóstico e tratamento precoce são recomendados para a adequada recuperação.

**Revisão de Literatura:** Em um estudo com 120 pacientes, Niehof et al. (2008) utilizaram o registro da temperatura da superfície cutânea para diagnosticar SCDR1 em pacientes pós-fraturas. As leituras termográficas das extremidades foram feitas em 24 pacientes com SCDR1, 84 controles fratura com diferentes queixas e 12 pacientes com fratura randomizadamente selecionados sem queixas ou sinais visíveis de SCDR1. Foi observado que a média de temperatura na ponta dos dedos e a diferença total na temperatura entre os dedos das mãos e hálux tinham forte valor diagnóstico nos pacientes com SCDR1 do que a diferença absoluta na média da temperatura entre mãos e pés. A maior sensibilidade foi de 71% e a maior especificidade de 64%. O maior valor preditivo positivo (VPP) alcançou 35% e o maior valor preditivo negativo (VPN) 84%. Na opinião destes pesquisadores “a termografia deveria ser considerada com um método diagnóstico complementar” (Niehof et al., 2008). Entretanto para um registro termográfico mais preciso para diferenciar pacientes com SCDR pós-fratura e controles com queixas precoces de SCDR1 é fundamental aplicar o teste funcional provocativo de estímulo ao frio (Brioschi, 2010; Conwell, 2010). Isto foi demonstrado por Niehof et al. (2006) quando os autores “compararam os métodos de cálculo da sensibilidade e especificidade para avaliar as imagens termográficas durante a provocação térmica” em 12 pacientes com SCDR1 e oito controles. O estudo atingiu uma sensibilidade de 100% e especificidade de 75%. Durante o teste térmico provocativo, obteve sensibilidade de 100% e especificidade de 83% com um aumento na área baixo da curva ROC. Os resultados deste estudo indicam que a medida isolada da temperatura para a ponta dos dedos não é suficiente para propósitos diagnósticos (Niehof, et al., 2006).

Um estudo Wasner et al. (2002) mensuraram a temperatura cutânea em pacientes com SCDR1 (n=25). O estudo incluiu dois grupos controles, um consistindo de 15 pacientes não-SCDR com dor crônica em um membro e outro controle com 20 sujeitos saudáveis. Os resultados do estudo indicaram que as diferenças de temperatura entre o lado afetado e não afetado foram, em média, significativamente maior na SCDR1 do que nos dois grupos controles. Os autores observaram

mudanças dinâmicas das diferenças de temperatura que ocorriam às vezes em questão de minuto, dependendo do estado termorregulatório do paciente. Fenômeno este característico da instabilidade vasomotora das síndromes de dor mantidas pelo simpático. Os resultados mostraram uma sensibilidade de 32% e uma especificidade de 100%. Os autores concluíram que as assimetrias de temperatura cutânea sozinha não podiam ser utilizadas no diagnóstico da SCDR, mas que poderia ser empregado como elemento complementar aos outros sinais clínicos. A falha mais comum da imagem infravermelha quando da avaliação do paciente com suspeita de SCDR é a consideração da assinatura infravermelha hiporradiante assimétrica como patognômica a doença e caindo numa “falsa marca” diagnóstica frequente em muitas outras síndromes clinicamente confusas. Além disso, inúmeras condições neuropáticas e somáticas apresentam sinais e sintomas que mimetizam a SCDR (trauma agudo, lesão pós-traumática, poli e mononeuropatia de fibra C, hipotermia por desuso, síndrome do desfiladeiro torácico neurogênico, doença de Raynaud). Estas doenças mimetizantes geralmente revelam assinaturas térmicas assimétricas que leva a uma interpretação errônea. As interpretações imprecisas dos dados termográficos podem condenar o paciente a receber repetitivos bloqueios simpáticos e medidas terapêuticas desnecessárias que eventualmente levam a falha terapêutica.

A recomendação mais atual para aumentar os resultados de sensibilidade e especificidade é proceder com o imageamento infravermelho funcional (fIR) quando na presença de qualquer membro assimétrico doloroso suspeito (SCDR presuntiva). O fIR avalia a integridade (função) do sistema nervoso neurovegetativo (SNA) utilizando-se de três índices infravermelho (IR):

- (1) delta T quantitativo do membro distal sintomático envolvido com a extremidade assintomática
- (2) obtenção de uma assinatura térmica pelo gradiente térmico distal (ausente no paciente com síndrome de dor neuropática de origem sensitiva ou neurovegetativa) e
- (3) realização do teste funcional de estresse a imersão em água

fria para avaliar a extremidade sintomática (tomando-se o cuidado em diferenciar entre disfunção neurovegetativa e sensitiva).

Num sistema neurovegetativo intacto e funcionante, na presença de um estímulo de imersão à água fria do membro assintomático contralateral, haverá evidente resfriamento regulatório térmico da extremidade sintomática distal para manter um reflexo de vasoconstrição (dor independente do simpático – DIS). O aquecimento paradoxal da extremidade(s) sintomática(s) confirma a instabilidade vasomotora presente no distúrbio da dor mantida pelo simpático (DMS).

A incorporação destes três (3) distintos índices objetivos (i.e. procedimento teste de imageamento infravermelho funcional) na avaliação de pacientes com SCDR presuntiva (n=205) alcançou 93% de sensibilidade, 89% de especificidade, 90% de valor positivo preditivo e 94% de valor negativo preditivo (Gulevich, Conwell et al., 1997). Os autores investigaram o diagnóstico termográfico da SCDR em 205 pacientes consecutivos com dor crônica em membro e um grupo controle de voluntários assintomáticos. O teste funcional de estresse ao estímulo de imersão em água fria atingiu 72% de sensibilidade e 94% de especificidade com um índice kappa de concordância de 0,69 quando comparou pacientes com os critérios modificados de SCDR da IASP (Conwell et al., 2010). O teste funcional de estresse ao estímulo de imersão em água fria é por si só um teste de rastreamento valioso para estudo da função do sistema neurovegetativo. Brioschi et al (2010) utilizaram o fIR para diferenciarem DIS da DMS, e obtiveram 95% de resposta ao bloqueio simpático nos casos termodiagnosticados de DMS, excluindo-se os pacientes que não responderam ao bloqueio.

**Registro do bloqueio simpático.** Para avaliar objetivamente o efeito das medidas intervencionistas para o controle da dor há necessidade de testes específicos para registrar a função simpática. As técnicas mais comuns incluem o teste de suor, análise do oxigênio tecidual e a fluxometria Doppler. Com a ajuda da termometria infravermelha é possível demonstrar o aumento da temperatura resultante da vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo do membro após inje-

ção de anestésico local no gânglio simpático. Quando estes bloqueios são realizados utilizando-se referências anatômicas apenas com apoio radiográfico os pacientes podem apresentar alívio insuficiente da dor devido à incorreta localização da estrutura e bloqueio funcional. A termografia pode auxiliar nos bloqueios das estruturas sem expor o paciente aos raios-X. Pode se observar dramática mudança na temperatura da pele nos casos de dor mantida pelo simpático quando o cateter se situa na posição correta, independente do paciente relatar ou não alívio da dor. Verificando-se assim se determinado regime terapêutico foi corretamente escolhido. No caso de deslocamento do cateter, este pode ser facilmente recolocado sem expor o paciente a radiação ou outro procedimento invasivo (Agarwal, 2010).

### Neuropatia

A neuropatia é uma disfunção ou doença do sistema nervoso em que há interrupção dos sinais que passam pelo cérebro e medula. As neuropatias podem ser hereditárias (p.ex. Charcot-Marie-Tooth) ou adquiridas (p.ex. síndrome de Guillain-Barré, síndrome do túnel do carpo, neuropatia diabética). Elas podem ocorrer resultantes de traumatismos, tumores, infecções, deficiências nutricionais, abuso de álcool, doenças sistêmicas ou distúrbios auto-imunes. O diagnóstico pode ser difícil devido à variedade e variação nos sintomas. Ele é feito baseado na história e exame físico do paciente em conjunto com testes laboratoriais e diagnósticos apropriados de acordo com a sintomatologia. Devido ao fato das neuropatias periféricas serem acompanhadas de mudanças térmicas cutânea, a termografia tem sido proposta como método diagnóstico para esta condição pelo Instituto Nacional de Distúrbios Neurológicos e Acidente Vascular Cerebral dos EUA (NINDS, 2008b) que faz parte do Instituto Nacional de Saúde (NIH).

Os nervos espinhais, plexos braquiais e o nervo mediano no túnel do carpo são os mais afetados pela neuropatia compressiva.

Uematsu (1985) mostrou que em pessoas normais, a diferença de temperatura cutânea entre os lados opostos simétricos do corpo era de somente  $0,24 \pm 0,073^\circ\text{C}$ . Em contraste com os pacientes com lesão

de nervo periférico em que a temperatura da pele inervada pelo nervo danificado tinha um temperatura média de  $1,55^\circ\text{C}$  ( $p < 0,001$ ). Uematsu também demonstrou em pacientes com lesão parcial e completa de nervos periféricos que ambas as condições pode ser diferenciadas por suas reações térmicas a lesão. A área inervada pelo nervo parcialmente lesionado aparece hiporradiante devido a ativação de fibras nervosas simpáticas. Já nos casos de secção total há perda do controle vascular simpático e conseqüente hiperradiação cutânea do dermátomo acometido.

Se implementado no curso agudo das lesões nervosas, a termografia pode aumentar a capacidade de avaliação clínica e reduzir o número de explorações cirúrgicas negativas. Ya'ish et al (2006) estudou 36 pacientes com lesão parcial de nervo. A análise da curva ROC mostrou que diferenças de temperatura absoluta maior ou igual a  $1,0^\circ\text{C}$  são diagnóstica de lesão nervosa (área abaixo da curva = 0,985, sensibilidade = 100%, especificidade = 93,8%).

Lee et al. (2007) avaliaram com termografia a lesão e recuperação do nervo alveolar inferior em 20 pacientes com deformidade dento-facial classe III após procedimento cirúrgico de osteotomia do ramo sagital bilateral. A recuperação precoce da temperatura cutânea em bebês com paresia de plexo precedeu a recuperação da função motora como demonstrado em um estudo japonês (Ikegawa, 1997).

**Síndrome do Desfiladeiro Torácico (SDT):** A termografia auxilia diferenciar a SDT neurogênica, vascular arterial e venosa, ou miofascial. Também pode auxiliar localizar os sítios de compressão (Sucher, 1990). O registro por imagem térmica durante as manobras semiológicas de compressão, como teste de posicionamento de Adson, podem provocar de forma reprodutível assimetrias de temperatura típicas nas mãos de pacientes com suspeita de SDT (Schartelmuller, 1995, 1996). A imagem térmica pode ser considerada como a única técnica que objetivamente pode confirmar os sintomas subjetivos da SDT leve. Schartelmuller (1999) utilizou com sucesso a termografia para avaliar e mensurar a recuperação ao tratamento desta síndrome.

me dolorosa. No caso de compressão venosa, é possível documentar a circulação colateral venosa que envolve o ombro do lado acometido. Ellis e Cheng (2003) demonstraram a aplicabilidade cirúrgica da termografia durante 123 casos de descompressões de plexo com SDT. A visualização termográfica da extremidade operada permitiu o autor mapear e correlacionar as mudanças térmicas com manipulações cirúrgicas específicas, bem como analisar o tecido ressecado para responder melhor estas questões. As anormalidades térmicas iniciais indicando, geralmente, compressão ou irritação ulnar, normalizaram posteriormente quando discretas áreas compressivas eram ressecadas. O registro termográfico é um meio importante de fornecer informações intra-operatórias muito úteis que podem mudar a conduta e o resultado cirúrgico.

**Síndrome do túnel do carpo:** Hobbins (1995) relacionou o padrão térmico com o tempo de curso da lesão. Ele concluiu que nos casos de compressão inicial ocorria um dermatomo hiporradiante e nos casos de lesão tardia um dermatomo hiper-radiante. Ammer et al. (1999) investigaram quantos pacientes apresentavam hiper-radiação associado com latência distal do nervo mediano maior do que 6mseg. Eles encontraram certo aumento na frequência de padrões hiper-radiantes nos pacientes com STC grave indicando que a compressão do nervo mediano é seguida por uma perda da função neurovegetativa nestes pacientes. Tchou (1991) encontrou uma alta sensibilidade e especificidade da termografia infravermelha para a STC. Ele definiu termograficamente várias regiões de interesse que representavam principalmente a área de inervação do mediano. A anormalidade foi definida quando mais do que 25% da área mensurada mostrava um aumento de temperatura pelo menos maior do que 1°C em relação à mão assintomática oposta. Mais recentemente Jesensek Papez (2009) classificou corretamente 72,2% de todas as mãos (saúdável e patológicas) baseadas em imagens do dorso e mais de 80% das mãos quando somente casos mais graves eram comparados com as mãos saudáveis (132 mãos controle e 119 com STC).

**Neuropatia Diabética:** Dois estudos investigaram o uso da termografia como meio de rastreamento de complicações em pés diabéticos. Sun et al. (2005) conduziram um estudo para definir um método padronizado para quantificar a temperatura dos pés utilizando um sistema de imagem térmica médico. Primeiro, o estudo conduziu um estudo para mapear as sub-regiões anatômicas de 16 voluntários saudáveis e obter os valores médios de temperatura. Então, dois grupos de pacientes diabéticos foram divididos naqueles com resposta simpática cutânea (RSC) (n=33) e aqueles sem RSC (n=29). Somente a temperatura em relação à frente foi estudada (temperatura adimensional). Este estudo concluiu que a normalização da temperatura absoluta plantar com a temperatura da frente podem dar informações úteis na identificação subclínica de problemas nos pés de pacientes diabéticos. Brioschi & Vargas (2009) demonstraram que o grau de normalização absoluta é a melhor maneira de ter um valor absoluto que caracterize uma doença independentemente do índice metabólico ou discrepâncias na temperatura ambiente. Armstrong et al. (2003) conduziram um estudo prospectivo e longitudinal (n=1588) com pacientes diabéticos para determinar a temperatura média cutânea determinante de complicações relacionadas aos pés. A mensuração basal da temperatura cutânea da planta dos pés bilateralmente pode ser útil em prever as complicações relacionadas aos diabetes. A medida bilateral cutânea dos pés foi obtida em seis locais da região plantar. Os pacientes que desenvolveram artropatia de Charcot em dois anos de seguimento tiveram uma média de temperatura maior do que aqueles que não apresentaram a doença.

**Bloqueios no Controle da Dor.** Em 2006 um estudo envolvendo 25 pacientes, Galvin et al. concluíram que a termografia fornece informações imediatas e objetivas quanto ao sucesso ou não de bloqueios axilares. Os bloqueios de gânglio estrelado podem produzir um alívio dramático da dor em pacientes sofrendo dor neuropática na cabeça e face, membros superiores e/ou tronco. Este procedimento pode ser realizado somente utilizando-se referências anatômicas. Se o paciente

não relatar alívio da dor o médico nunca saberá se a técnica foi conduzida corretamente ou não, se foi atingido ou não as estruturas certas para o bloqueio ou se o paciente está tentando simular para o médico. Várias técnicas para registrar a difusão do anestésico local têm sido propostas – muitas delas necessitam de radiografia. A termografia infravermelha oferece uma alternativa inócua e permite a infusão anestésica mais precisa e mínima necessária, por meio da observação dos efeitos vasomotores cutâneos (Argawal, 2010).

### **Dor lombar**

A dor lombar (DL) pode ser aguda (i.e., curto período, crise) ou crônica (i.e., persistente por mais de três meses), e pode ser causada por torção, estiramento, espasmo muscular, obesidade, má postura, estresse, perda de massa óssea e elasticidade muscular devido ao processo de envelhecimento, e condições como ciática, degeneração medular, osteoporose e fibromialgia. A dor lombar pode ser progressiva e afetar seriamente se não tratada. A avaliação da dor lombar inclui a história clínica, exame físico e estudos diagnósticos quando indicado (p.ex., radiografia, RM, TC, discografia, eletroneuromiografia). A termografia tem sido proposta como estudo diagnóstico para DL como meio de detectar a compressão de raízes nervosas também pelo Instituto Nacional de Distúrbios Neurológicos e Acidente Vascular Cerebral dos EUA (NINDS, 2008c) que faz parte do Instituto Nacional de Saúde (NIH). A termografia avalia o fenômeno funcional regulado pelo sistema neurovegetativo e fornece informação para avaliar a atividade vasomotora das fibras nervosas simpáticas e detectar a disfunção simpática (Zaproudina et al., 2006). A utilidade clínica da termografia no diagnóstico da dor lombar é suportada pela literatura médica e em compêndios de neurofisiologia e neurologia médica.

**Revisão da Literatura:** Uematsu et al (1988) utilizando a termografia comparou o grau de assimetria térmica em 144 pacientes com DL. Estes pacientes apresentaram significativo grau de assimetria térmica, em que se constatou resfriamento do membro acometido ( $p < 0,001$ ). Quando as assimetrias excediam 1 desvio padrão da média

de temperatura da região homóloga mensurada em 90 controles normais, o valor preditivo positivo da termometria em detectar compressão radicular foi de 94,7% e especificidade de 87,5%. Estes valores indicam que a medida da assimetria térmica é efetiva na avaliação da dor em populações psicossocialmente afetadas em que as chances de uma mielografia ou RM positiva ou dano da raiz nervosa são baixos. Neste grupo de pacientes, o estudo termométrico forneceu aos médicos importantes informações para decisão clínica.

Thomas et al (1990) estudou 65 DL e encontrou 92% de anormalidade na termografia infravermelha (TI), 89% na RM, 87% na TC e 80% na mielografia. A TI correlacionou com a RM em 94% dos casos e com a TC em 87% dos casos. Das 22 RM positivas para casos de discopatia ou radiculopatia, 21 (95%) tinham anormalidade significativas na TI. Todos os 19 casos com envolvimento radicular na TC e todos os 18 na mielografia demonstraram mudanças significativas nos membros inferiores ao exame de TI.

Um estudo cego prospectivo ( $n=30$ ) de Pappalardo et al. (1992) avaliou se havia diferenças no índice térmico entre o membro inferior doloroso e o assintomático pelos padrões termográficos de irritação e déficit radicular. Trinta indivíduos com lombociatalgia crônica foram avaliados, registrou-se o mapa térmico das regiões lombossacral, glútea e de membros inferiores. Entre os 25 pacientes com lombociatalgia irritativa ou estágio inicial, 16 mostraram hiporradiação no lado afetado, em três dos cinco pacientes em estágio deficitário, houve hiper-radiação no membro afetado enquanto que dois não apresentaram mudanças de gradiente térmico detectáveis. Os autores salientaram a importância da termografia e sugeriram o método, por não ser caro, não invasivo e de fácil reprodutibilidade poderia ser utilizado no completo diagnóstico e registro das síndromes de lombociatalgia.

Kim e Cho (1993) e Zhang et al. (1999) descreveram que a termografia é de alto valor diagnóstico tanto para radiculopatias lombossacrais quanto para as cervicais. Zhang et al. (1999) mapearam os padrões térmicos de 115 herniações discais cervicais (HDC) e

compararam com 50 controles. As áreas com mudanças térmicas de cada nível de HDC incluíram um padrão de dermatomo sensitivo e simpático (térmico) específico. Os autores concluíram que as áreas de mudanças térmicas nas herniações discais podem ser cuidadosamente diagnosticadas quanto ao nível de protrusão do disco e permite detectar o nível sintomático nos pacientes com hérnias discais múltiplas.

As imagens térmicas da região plantar devem ser realizadas em todos os pacientes com DL. Mais recentemente, Zaproudina et al. (2006) compararam as alterações de temperatura cutânea nos pacientes com DL unilateral com (n=41) ou sem (n=24) dor não radicular de membros, referida acima do joelho, com pessoas sem DL. Eles avaliaram a relação entre intensidade da dor e outros sinais clínicos com os resultados da termografia. O estudo incluiu 65 pacientes, com idade entre 30-51 anos, com DL crônica. Além da termografia, utilizaram-se questionários para registrar a incapacidade funcional, os índices de comportamento e testes de mobilidade de coluna espinal. Os resultados da termografia demonstraram que os indivíduos com DL experimentaram uma mudança na temperatura da superfície plantar. Em 50,8% dos indivíduos, a superfície da temperatura plantar no lado afetado foi mais fria e em 49,2% o lado sintomático era mais quente do que a perna normal. Comparado com o grupo controle, o grupo com lado afetado era mais frio nos pacientes com dor intensa. As mudanças de temperatura da superfície plantar correlacionaram com a intensidade da DL.

Embora as diretrizes do Colégio Americano de Radiologia (ACR, 2005) para o diagnóstico da DL aguda, com ou sem radiculopatia, determine que a termografia assim como a radiografia, TC e a RM são considerados muito inespecíficos no diagnóstico desta condição, a termografia é o único exame de imagem que pode demonstrar as consequências fisiológicas desta enfermidade. A termografia determina a quantifica o efeito das condições de compressão radicular, espasmo muscular, síndrome facetária, osteoartrite degenerativa e artrite facetária, associação com insuficiência arterial periférica e venosa no mesmo exame (Brioschi, 2010).

## Síndrome de Dor Miofascial – SDM

Do extremo da simulação ao frustrante dilema da dor crônica miofascial intratável, a documentação desta alteração na sua maioria das vezes é subjetiva. Uma das indicações básicas da termografia infravermelha é sua aplicação no estudo dos tecidos moles, particularmente nos casos em que não é possível demonstrar nenhuma alteração pelos meios tradicionais de diagnóstico. A dor crônica é um problema crítico de saúde pública (Gerwin, 2001). Inúmeros pacientes circulam nos centros de controle da dor e cerca destes 95% com dor crônica devido SDM (Fishbain et al, 1986). A SDM é um desordem musculoesquelética comum, não articular, caracterizada por pontos gatilho miofasciais (PGM) – que é nódulos duros, palpáveis, discretos, localizados entre fibras tensas da musculatura esquelética dolorosos a compressão. Os PGM podem ser ativos ou latentes (Simons et al, 1999). Um ponto gatilho miofascial ativo (PGM-A) é associado com dor espontânea na qual a dor está presente sem palpação. Esta dor espontânea pode ser no local do PGM ou distante dele. Não obstante, uma firme palpação do PGM-A aumenta a dor local e geralmente reproduz uma dor distante (Fernandez-de-Las-Penas, 2007). O ponto gatilho miofascial latente (PGM-L) não é associado com dor espontânea, embora a dor possa ser obtida em sujeitos assintomáticos por estímulo mecânico, como pressão digital sobre o PGM-L (Lucas, 2008). Naqueles com queixa de dor espontânea, é necessário uma palpação completa do tecido miofascial para identificar e diferenciar PGM-A de PGM-L. A dor obtida pela palpação de um PGM-L em um indivíduo sintomático é qualitativamente diferente da sua queixa de dor.

Apesar da alta prevalência de SDM (Gerwin, 2001; Fishbain et al, 1986; Fernandez-de-Las-Penas, 2007; Rosomoff et al, 1989; Calandre et al, 2006; Skootsky et al, 1989) sua fisiopatologia é incerta. Descobrem-se se estes nódulos são decorrentes de anormalidades anatômicas e fisiológicas, ou se eles ocorrem independentemente de outras anormalidades ao redor do tecido. Atualmente o padrão diagnóstico da dor miofascial é baseado na palpação da presença destes pontos gatilho em bandas tensas da musculatura esquelética e a associação de

um conjunto de sintomas que incluem padrões de dor referida (Simons et al, 1999). Infelizmente, ainda poucos médicos recebem treinamento para o diagnóstico clínico da dor miofascial.

Além disso, o exame físico nestes casos tem sido relatado como muito variável (Hsieh et al, 2000). E até recentemente, ainda não ficou claramente demonstrado a doença subjacente associada com a presença destes pontos gatilhos e bandas tensas (Shah et al, 2005; 2008; Chen et al, 2007; Simons, 2008; Sikdar et al, 2008).

A abordagem atual para o alívio da dor inclui o agulhamento (com ou sem injeção) e massagem terapêutica. A falta de medidas clínicas objetivas tem sido uma barreira para avaliar a eficácia destes métodos terapêuticos. Todos estes fatores têm levado a uma falta de consenso em relação a dor miofascial como uma entidade clínica e tem contribuído para uma incerteza acerca da patogênese e fisiopatologia dos pontos gatilhos (Wheeler, 2004).

Portanto, há a necessidade de desenvolver métodos objetivos, reprodutíveis e fidedignos para diagnóstico e quantificação de PGM e medidas de avaliação a resposta ao tratamento. Tais medidas podem ser utilizadas para um diagnóstico apropriado e entendimento da história natural da doença dos PGM e determinar os mecanismos subjacentes relevando o desenvolvimento, amplificação e resolução da dor miofascial. A literatura demonstra que técnicas de imageamento infravermelho têm sido utilizadas para distinguir tecidos miofasciais que contêm PGM daqueles normais. A termografia por infravermelho permite a visualização e a caracterização de PGM e tecido mole adjacente.

Muitos destes estudos foram conduzidos pelo Prof. Andrew A Fischer (1984) utilizando a termografia para diagnóstico e acompanhamento do tratamento dos PGM. A primeira definição objetiva para documentação dos PGM por termografia foi descrita por ele. Ele também correlacionou o exame com a algometria de pressão e encontrou alta correlação entre os dois com significativa diferença estatística. Em seguida, os estudos de Weinstein (1986) da New Jersey Medical School avaliaram a região cervical de 250 pacientes. Eles definiram os

seguintes critérios diagnósticos do PGM por meio da termografia infravermelha:

- temperatura elevada em uma área bem localizada
- Hot spot com 5-10 mm de diâmetro
- Em forma de disco
- Pelo menos 1,0°C mais elevado do que o lado oposto ou áreas vizinhas
- A área deve se correlacionar com o diagrama da dor do paciente
- Não é extingüível com spray de álcool na superfície envolvida

Segundo Dr. Fischer a imagem termográfica dos hot spots sobre os PGM não é provocada por condução térmica mas sim por uma resposta reflexa somatocutânea vasodilatadora em resposta a impulsos nociceptivos. A zona de dor referida dos PGM geralmente mostra um padrão térmico de hiper-radiação ou hiporradiação na área referida neurovegetativa. O PGM do músculo piriforme ou glúteo mínimo é erroneamente diagnosticado como radiculopatia ciática. A termografia infravermelha será extremamente útil nos casos em que o paciente reclama de dor crônica referida na extremidade e é incorretamente diagnosticado como radiculopatia. A imagem térmica irá mostrar um padrão miofascial oposto ao típico padrão neurogênico/radicular encontrado nos casos de radiculopatia. Os PGM podem estar relacionados a diversas doenças como lesões de chicote cervical, discopatias, DATM e lesão por repetição. A termografia infravermelha é útil nas DATM uma vez que os músculos masseter, temporal e pterigóideos geralmente provocam bandas de tensão hiper-irritáveis e PGM. A termografia infravermelha pode ser utilizada não somente no diagnóstico mas muito bem no acompanhamento do tratamento. Ocorre uma alteração no perfil térmico cutâneo após agulhamento seco ou com anestésico local do PGM demonstrando uma resposta simpática neurovegetativa imediato (Brioschi et al, 2007).

**Revisão da Literatura:** Diakow (1992) conduziu estudo cego, em pacientes com SDM cervical e lombar, para verificar a possibilidade de distinguir PGM-A de PGM-L pela presença de hiperradiação se esten-

dendo ao longo da área de dor referida quando estimulada. Além disso, ele analisou um subgrupo de 25 pacientes com disfunção articular que poderia ser causa da hiperradiação na mesma área de dor referida dos PGM-A. Abolindo este subgrupo, a distinção de PGM-A de PGM-L aumentou. Dos 104 pacientes remanescentes, houve um aumento da especificidade de 70% para 82%, a sensibilidade permaneceu constante em 74% e houve aumento do coeficiente de correlação de Cohen-Kappa de 0,44 para 0,54.

Fischer e Chang (1986) procuraram examinar os pontos hiperradiantes da região glútea de 14 pacientes com lombalgia. Os pontos hiperradiantes se correlacionaram com os pontos dolorosos em 13 músculos e 1 ligamento. Os pontos de menor pressão na algometria se correlacionaram significativamente com os pontos hiperradiantes quando comparado com o lado oposto contralateral ( $p < 0,01$ ). Os pontos hiperradiantes corresponderam com os pontos dolorosos, porém não foi descrito, neste estudo, se estes pontos dolorosos eram devido aos PG miofasciais, pontos dolorosos fibromiálgicos ou outra causa.

Brioschi et al (2004) avaliaram 304 pacientes com termografia pacientes com dor crônica devida SDM antes e após infiltração anestésica ou agulhamento seco. Os hot spots tiveram correspondência com as áreas dolorosas, identificados como PGM-A ao exame clínico. Os PGM puderam ser correlacionados com sensibilidade local confirmada pela queixa dos pacientes. As áreas de dor referida apareceram termicamente assimétricas em relação ao lado contralateral correspondente. Também foram evidenciados ao exame de infravermelho os PGM-L que não eram a queixa objetiva dos pacientes. A presença deste PGM-L foi confirmada com algometria de pressão. Após infiltração/agulhamento houve alteração do perfil térmico devido resposta neurovegetativa simpática imediata.

Fischer e Chang (1986) procuraram examinar os pontos hiperradiantes da região glútea de 14 pacientes com lombalgia. Os pontos hiperradiantes se correlacionaram com os pontos dolorosos em 13 músculos e 1 ligamento. Os pontos de menor pressão na algometria se correlacionaram significativamente com os pontos hiperradiantes quando comparado com o lado oposto contralateral ( $p < 0,01$ ). Os pontos

hiperradiantes corresponderam com os pontos dolorosos, porém não foi descrito, neste estudo, se estes pontos dolorosos eram devido aos PG miofasciais, pontos dolorosos fibromiálgicos ou outra causa.

Brioschi et al. (2004) avaliaram 304 pacientes com SDM crônica com exame de imagem IR, antes e após infiltração anestésica ou agulhamento seco. Os *hot spots* corresponderam a áreas dolorosas que representavam PG ativos ao exame clínico. Estes puderam ser corroborados pela sensibilidade local e confirmação da queixa dos pacientes. As áreas de dor referidas apresentaram-se termicamente assimétricas com o lado correspondente. Os PG latentes, não objetivamente queixados pelos pacientes durante o exame IR, também foram detectados na forma de *hot spots*. A presença destes PG latentes pode ser confirmada pela algometria de pressão nestas áreas. Após infiltração ou agulhamento houve alteração do perfil térmico demonstrando resposta neurovegetativa simpática imediata.

Menachem, Kaplan e Dekel (1993) encontraram em 60% dos pacientes com dores em cintura escapular, devido à síndrome do elevador da escápula, como único sinal positivo uma imagem hiperradiante correspondente ao PG e crepitação local. Setenta e cinco por cento deles, tiveram alívio dos sintomas após tratamento com injeção local de esteróides dirigido pela imagem IR.

Sucher (1990) descreveu quatro casos de síndrome do desfiladeiro torácico de etiologia primariamente miofascial, envolvendo músculos escalenos e peitoral menor, em que além da clínica, os *hot spots* foram a única alteração encontrada, os outros exames complementares foram todos normais.

Wang, Long e Zhu (1998) descreveram o uso da termografia infravermelha na identificação dos pontos "Ah Shi" (PGM) na região temporomandibular, bem como no seguimento ao tratamento por acupuntura.

As alterações de imagem IR se constituem, assim, em importante recurso objetivo na demonstração de PG miofasciais, correlatos com as queixas objetivas do paciente. A documentação dos PG por imagem IR é útil no direcionamento para causa da dor, orientação do tratamento adequado, assim como avaliação de sua resposta.

**Síndrome Fibromiálgica (SFM).** O diagnóstico da SFM é caracterizado por dor crônica musculoesquelética difusa, distúrbio do sono, fadiga, estado depressivo, ansiedade, sendo eminentemente clínico e dependente de uma avaliação cautelosa. Segundo Gerwin (1995), metade dos pacientes com SFM podem apresentar PGM associados. Os termos pontos dolorosos (importante para o diagnóstico da SFM), e PGM (principal característica da SDM) não pode ser confundido. Diferente dos hot spots dos PGM, os pontos dolorosos aparecem mais dispersos e exibem um padrão de temperatura mais baixo e homogêneo no termograma. Scudds et al (1995), examinaram com imagem infravermelha o dorso de 49 pacientes com SFM e 19 com SDM, em repouso, em conjunto com estudo de algometria de pressão para avaliar a presença ou não de dor referida. Eles encontraram uma temperatura média cutânea nos pacientes com SDM 0,65°C mais aquecida do que nos pacientes com SFM. Este estudo sugere que pacientes selecionados primariamente por PGM são mais propensos a exibir áreas mais hiperaquecidas do que os pacientes com SFM. Biasi et al (1994) avaliaram 156 pacientes com SFM e encontraram um padrão hiperradiante inespecífico sobre as áreas musculares dolorosas, semelhante ao encontrado em pacientes com osteoartrite de coluna, indicando o método IR tanto como auxiliar na comprovação diagnóstica quanto no acompanhamento destes pacientes. Ammer et al (1995) encontrou uma precisão diagnóstica de 60% na termografia infravermelha dos pacientes com SFM. As áreas hiper-radiantes foram maiores nos pacientes com SFM e menores no grupo controle saudável. Mais do que 7 áreas hiper-radiantes pareceram ser preditivas para pontos dolorosos de mais de 11 das 18 áreas específicas (Ammer, 1999). Baseando-se na contagem de áreas hiper-radiantes homogêneas, 74,2% dos 252 indivíduos (161 SFM, 71 com dor difusa mas menos do que 11 pontos dolorosos dos 18, e 20 controles) foram corretamente diagnosticados (Ammer et al, 2001). Brioschi et al (2008) encontrou em todos os 226 pacientes com SFM um padrão térmico difuso de todo o tronco superior, denominado “sinal do manto” quando comparado com 34 indivíduos normais. Isto também foi facilmente diferenciado dos hot spots presente na SDM. O

autor encontrou também extremidades frias (vasoespasma) e hiper-radiação peripalpebral relacionado a distúrbio do sono (“olhos de coruja”) associado mas não identificou nenhuma imagem específica ou hot spots para pontos dolorosos nas clássicas regiões descritas pelos critérios do American College of Rheumatology (ACR). O hiper-radiante “sinal do manto”, extremidades frias e também os “olhos de coruja” resultaram em uma impressão termográfica típica para o paciente com SFM. Houve significativa diferença de padrão de distribuição térmica entre pacientes com SFM e os controles normais. Sendo assim, possível identificar esta síndrome por meio de critérios termográficos qualitativos mas também estabelecer critérios quantitativos quanto à presença ou não da SFM por meio de um índice termográfico para fibromialgia. Utilizando-se dos critérios clínicos da ACR para selecionar os pacientes SFM observou-se neste estudo uma correlação clínica-radiológica entre SFM e a termografia infravermelha, demonstrando um padrão diagnóstico. Os autores recomendaram a inspeção termográfica nos casos de dor crônica difusa não somente por motivos médico-legais relacionados a simulação mas também para verificar a associação de outras doenças ocultas por meio da termografia como artrites soronegativas, neuropatias periféricas, SDM, depressão, hipotireoidismo e outras (Teixeira, Yeng, Kaziyama, 2007). A grande imagem hiper-radiante simétrica sobre o tronco confirma o envolvimento do sistema nervoso central, mais propriamente o hipotálamo na fisiopatologia da SFM (Brioschi et al., 2010).

### **Disfunção Temporomandibular (DTM)**

A DTM ou distúrbios da articulação temporomandibular e músculos (ATM) são distúrbios da articulação da mandíbula e os músculos contíguos. As três categorias de DTM são: dor miofascial, desarranjo interno da articulação e artrite. A DTM pode acompanhar outros transtornos como a síndrome de fadiga crônica, fibromialgia e artrite reumatóide, ou pode ocorrer em resposta ao trauma. Os sintomas incluem: dor, rigidez, movimento limitado, desalinhamento dos dentes e/ou estalido ao fechamento da boca (Instituto Nacional de Pesquisa Dentária e Craniofacial [NIDCR], 2006).

As DTM são difíceis de diagnosticar porque a etiologia exata e os sintomas não são evidentes. Não existem testes padrão amplamente aceitos para este diagnóstico. Na maioria dos casos, os sintomas do paciente, combinado com um exame físico da face e da mandíbula é que fornecem informações para se diagnosticar esta doença. A rotina radiográfica pode ser utilizada para identificar osteoartrites subjacentes ou outras anomalias ósseas da ATM. A artrografia por ressonância magnética (RM) e tomografia computadorizada (TC) geralmente não são indicadas, embora certos estudos selecionados possam ser adequados para DTM persistente quando o exame clínico indica a presença de desarranjo interno e uma cirurgia está sendo considerada. A termografia foi considerada um instrumento eficaz no diagnóstico porque registra as variações de temperatura na superfície da pele facial observadas nas áreas atingidas pela DTM (McBeth et al., 1996). Tem sido demonstrado que indivíduos normais têm um padrão de simetria térmica sobre as regiões da ATM de seu rosto. Indivíduos normais apresentam valores de delta T de  $0,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$  (Gratt, 1995). Pacientes com artralgia por desarranjos internos da ATM têm áreas quentes sobre a articulação, e aqueles com sintomas de dor mio gênica facial têm áreas de temperatura variável sobre o músculo masseter p.ex.. Os pacientes com DTM dolorosa devido a desarranjos internos na ATM e osteoartrose dolorosa apresentam assimetria térmica e aumento da temperatura ao longo da ATM afetada, com área média de ATM  $0,4 \pm 0,2^\circ\text{C}$  (Gratt, 1994). Após o tratamento não cirúrgico bem sucedido destas condições, os termogramas voltam ao normal.

**Revisão da Literatura:** McBeth et al. (1996) conduziram um estudo cego prospectivo (n=39) realizando termografia em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico, pacientes com DTM e um grupo controle. Os resultados indicaram que a imagem termográfica pode separar os pacientes normais de pacientes com dor assim como correlacionar-se bem com as queixas clínicas. A termografia identificou clique doloroso com uma sensibilidade de 87% e nos sem clique doloroso uma especificidade de 86%. Os resultados também demonstraram uma forte correlação com a dor à palpação muscular.

## Câncer de Mama

Os tipos de câncer de mama incluem: ductal, lobular, ductal invasivo, tumor filóides, carcinoma tubular, carcinoma mucinoso e o carcinoma medular. O câncer de mama pode ser localizado, ou pode disseminar por metástase para outras partes do corpo. Entre os métodos mais tradicionais para rastreamento do câncer da mama estão: o auto-exame, exame clínico das mamas e mamografia.

Apesar de a mamografia ser considerada hoje o padrão-ouro para o rastreamento do câncer da mama, não é perfeita, pois ainda é um recurso complementar diagnóstico de sensibilidade e especificidade limitada. O diagnóstico de câncer de mama é sempre de natureza anatomopatológica.

Mesmo a mamografia sendo uma modalidade diagnóstica de linha de frente, não é possível firmar diagnóstico de câncer de mama, mas apenas demonstrar a anormalidade de natureza radiológica, que pode levar o médico a intervir, em vez de observar. Esta decisão de conduta médica é crucial, pois é nesse primeiro momento em que a sensibilidade e a especificidade são mais vulneráveis. Acredita-se que a sensibilidade da mamografia na população em geral reside entre 75% a 90%, com um valor preditivo positivo de apenas 25% (Harris et al, 1992; Donegan et al, 1992; Elmore et al, 1998; Salhab, 2005).

Durante as manobras de compressão do parênquima mamário por ocasião da mamografia existe um risco de ruptura do encapsulamento de um tumor cancerígeno e potencialmente liberação de células malignas no sangue. Cerca de  $0,01 \text{ kgf/cm}^2$  de pressão são suficientes para romper o encapsulamento em torno de um tumor canceroso (Hoekstra, 2001).

Nas mulheres mais jovens o tecido da mama é mais suscetível aos efeitos da exposição à radiação em relação às mais idosas, porque as células indiferenciadas são mais vulneráveis aos efeitos das radiações ionizantes (Hoekstra, 2001). Exames com aplicação de raio-x, como no caso da própria mamografia, podem ser potencialmente mais perigosos para as mulheres com histórico familiar de câncer de mama e/ou mutações genéticas no gene BRCA1/2 (Friedenson, 2000). Um artigo

de Law et al (2007) sugere ainda que a triagem por meio de exame mamográfico antes dos 35 anos apresenta maior risco do que benefício em relação às mulheres com mais de 40 anos.

Estudos de rastreamento mamográfico determinaram pouca eficácia diagnóstica quando aplicada antes dos 50 anos (Berrington et al, 2005). Isto está relacionado com uma tendência das mulheres mais jovens terem relativamente maior densidade do tecido mamário, prejudicando o exame radiológico. As limitações da mamografia para mulheres com tecido mamário denso foram destacadas por um estudo de Oestricher et al (2005) em que mulheres com mamas densas têm o dobro de probabilidade de serem diagnosticadas erroneamente como câncer utilizando o exame físico sozinho.

Embora a mamografia seja o padrão ouro aceito atualmente no rastreamento do câncer da mama, há, claramente, limitações deste recurso técnico complementar (Sobti et al, 2005). A maioria das lesões radiograficamente demonstradas como câncer foram depois constatadas histologicamente como benignos após biópsia. Mais de 1 milhão de biópsias de mama são realizadas anualmente nos Estados Unidos e cerca de 80% são de natureza benigna do ponto de vista histológico (Orel et al, 1999; Liberman et al, 1988, 2000). Os custos da biópsia da mama variam consideravelmente, com despesas que variam de menos de mil dólares para vários milhares de dólares (Brenner e Sickles, 1997; Burkhardt e Sunshine, 1999; al Bodai al, 2001). O exame inflige dor quando uma agulha é usada, e pode haver um risco de propagação das células tumorais através da inserção da agulha (Yahara, et al, 2003). Portanto, é imperativo científico pesquisas de métodos não-invasivos para ajudar os clínicos a distinguir tecido mamário benigno do maligno e diminuir a ansiedade de mulheres que são submetidas à biópsia desnecessária.

Existem controvérsias tanto em relação à confiabilidade quanto a segurança das mamografias. Dr. Esserman (2009), um cirurgião torácico publicou no JAMA o seguinte: "... A triagem diagnóstica pode aumentar a taxa de encontro de cânceres de baixo risco, sem reduzir significativamente a taxa de cânceres de forma mais agressiva de

crescimento e, portanto, não resultar na esperada redução na mortalidade por câncer. Para reduzir a morbidade e mortalidade do câncer de mama, novas abordagens para rastreamento, detecção precoce e prevenção de ambas as doenças deve se considerado". Otis Brawley, médico-chefe da American Cancer Society (ACS) também revelou no NY Times que "... com a mamografia houve um aumento de 40 por cento dos diagnósticos de câncer de mama e quase o dobro considerando somente os casos em fase inicial, mas apenas uma diminuição de 10% dos cânceres que se disseminam para os gânglios linfáticos além da mama ou outras partes do corpo" [Kolata, 2009]. Tudo isso revelou que, enquanto a mamografia identificou muitos tumores pequenos de natureza indolentes pode deixar passar despercebidos os mais ativos e, portanto, mais perigosos.

Além disso, quando uma mulher já foi submetida a cinco ou mais mamografias, os riscos de desenvolver câncer aumenta significativamente (aumento de 1,5-2,5 vezes) pelos efeitos da radiação acumulativa (Jansen-van der Weide, 2009).

Com esta recente enxurrada de relatórios negativos nos principais periódicos médico resultou com que a ACS, presumivelmente consciente de possíveis litígios, mudasse às pressas as suas recomendações de mamografia. A diretriz pregressa do exame anual a partir dos 40 anos mudou para uma recomendação para iniciar 10 anos depois, i.e., aos 50 anos, e só fazer uma mamografia ao ano.

A ultra-sonografia e o exame físico são abordagens diagnósticas utilizadas no processo de rastreamento da doença mamária, especialmente para mulheres com mamas radiologicamente densas. Entretanto, a sensibilidade do ultra-som na detecção de tumores não palpáveis, com microcalcificações, ainda é baixa (Osako et al, 2007). A precisão do ultra-som depende de três fatores: qualidade do equipamento, a experiência do médico na condução do procedimento e da interpretação da imagem, bem como, na utilização de uma abordagem multidisciplinar para a detecção de câncer de mama (Khalkhali et al, 2005).

Atualmente existe uma nova ênfase no desenvolvimento de métodos de imagem funcionais que podem explorar alterações vasculares,

imunológicas e metabólicas precocemente, i.e., associadas com o início do desenvolvimento tumoral que frequentemente precedem as alterações morfológicas que a maioria dos atuais métodos de imagem ainda depende, justificando assim, o entusiasmo no desenvolvimento da cintilomamografia p.ex. (Khalkhali et al, 1995), ultrassonografia Doppler (Kedar et al, 1994) e da ressonância magnética de mamas (Weinreb et al, 1995). Embora estas técnicas estão associadas a uma série de desvantagens que incluem: tempo de exame, acessibilidade limitada, necessidade de acesso venoso, desconforto do paciente, restrições técnicas quanto ao tamanho da área analisada, difícil interpretação e disponibilidade limitada da tecnologia de informática. Por todos estes motivos, a ultrassonografia é utilizada como uma modalidade na segunda linha de investigação depois de uma avaliação clínica ou mamográfica anormal. Apesar de prática, esta abordagem atual passo a passo resulta ainda no não reconhecimento de muitos cânceres de mama, e um atraso no uso desta tecnologia de 2ª linha de investigação em 10% destes casos (Moskowitz, 1995). Isto é consistente com estudos publicados por Keyserlingk et al (1998).

A termografia foi utilizada pela primeira na avaliação do câncer de mama em 1956. Foi aprovada para uso pelo FDA desde 1982 e inicialmente bem aceita (Moore, 2001). Em função da evolução da tecnologia informática e amadurecimento do conhecimento termográfico, mais pesquisas estão confirmando o potencial desta tecnologia como recurso técnico complementar diagnóstico eficaz, não-invasivo, adjunto para detecção precoce do câncer de mama. Destaca-se desde já que o uso isolado de qualquer recurso técnico complementar diagnóstico de triagem não proporciona total previsibilidade. Portanto deve-se sempre primar por uma combinação de recursos técnicos complementares diagnósticos que incorporem também a termografia para aumentar a sensibilidade e especificidade.

A termografia tem sido proposta como um recurso técnico complementar diagnóstico de triagem para a detecção do câncer de mama que demonstra objetivamente um reflexo funcional da angiogênese induzida pelo tumor e sua atividade metabólica, em vez de parâmetros

puramente estruturais (ou seja, o tamanho do tumor, distorção arquitetural e microcalcificações). Os recentes avanços na pesquisa do câncer determinaram que a atividade biológica de uma neoplasia é muito mais importante indicador da agressividade do que o tamanho do tumor. Por demonstrar objetivamente atividade metabólica das mamas, a imagem infravermelha foi considerada um marcador biológico de risco significativo para o câncer. Isard et al. declararam em 1972 que a termografia infravermelha não diagnostica o câncer da mama, mas demonstra a presença de anormalidade térmica.

Em um estudo com 10.000 mulheres examinadas, Gautherie (1982) constatou que, quando aplicada a mulheres assintomáticas, a termografia foi muito útil na avaliação do risco de câncer, dividindo os pacientes em categorias de baixo e alto risco. Isto foi baseado em uma avaliação objetiva dos termogramas de cada paciente, usando um protocolo de leitura aprimorado que incorporou 20 fatores termológicos.

Spitalier et al (1982) avaliou e acompanhou 61.000 mulheres com termografia por um período de 10 anos. A sensibilidade e especificidade alcançada com o método foram de 89%. Os autores concluíram que “em pacientes sem suspeita clínica ou radiológica de malignidade, uma mama persistentemente anormal na termografia é o maior fator de risco conhecido para o futuro desenvolvimento do câncer de mama”.

A partir de uma base de 58.000 mulheres rastreadas por termografia, Gros e colaboradores (1980) seguiram 1.527 pacientes com mamas inicialmente saudáveis, mas que evoluíram com termogramas anormais num período de 12 anos. Deste grupo, 44% desenvolveram tumores malignos no prazo de 5 anos. O estudo concluiu que “um termograma anormal é o marcador mais importante de risco para o desenvolvimento futuro de um câncer da mama, com um valor preditivo de 94%”.

Spitalier et al. (1983) seguiram 1.416 pacientes que tinham apenas um termograma de mama anormal durante 8 anos e descobriram que um termograma persistentemente anormal estava associado com um risco de 26% de desenvolver tumor em 5 anos. Dentre estes pacientes, 165 eram câncer não-palpável. A termografia foi o único teste positivo quando comparado com mamografia e ultrassonografia

m 53% desses pacientes no momento da avaliação inicial. Os autores concluíram que:

1. Um termograma persistentemente anormal, mesmo na ausência de outros sinais de malignidade, é associado com um risco elevado de desenvolver câncer.
2. Esta anomalia isolada também traz consigo um risco elevado de desenvolver câncer de intervalo, e, como tal, o paciente deve ser examinado com mais frequência do que os habituais 12 meses.
3. A maioria dos pacientes diagnosticados com câncer de mama tem no mínimo termogramas anormais como o primeiro sinal de alarme (Amalric et al, 1984; al Spitalier al, 1983).

Gautherie e colaboradores (1983), realizaram um estudo para avaliar a eficácia da termografia em reduzir a sobrevivência nos tumores de mama. Os autores analisaram as taxas de sobrevivência de 106 pacientes nos quais o diagnóstico de câncer de mama foi criada como resultado do acompanhamento das alterações termográficas encontradas no exame inicial, quando as mamas eram aparentemente saudáveis (achados físicos e mamográficos negativos). O grupo controle consistiu de 372 pacientes com câncer de mama. As pacientes em ambos os grupos foram submetidas a tratamento idêntico e seguidas por 5 anos. Um aumento de 61% na sobrevivência dos tumores de mama foi observado nas pacientes que foram seguidas já na fase inicial com um termograma anormal. Os autores do estudo resumiram, afirmando que “os resultados estabelecem claramente que a identificação precoce de mulheres com alto risco de câncer de mama com base na avaliação térmica objetiva das mamas se constitui num significativo benefício quanto à maior sobrevivência” (Gautherie et al, 1983; Jay e Karpman, 1983).

A literatura científica tem demonstrado que a atividade microcirculatória nos tecidos mamários cancerosos e pré-cancerosos está mais elevada do que o normal devido à necessidade de um abundante suprimento de nutrientes para manter o crescimento das células anormais

e desenvolvimento da neovascularização. Anbar (1994) sugeriu que o tumor induz a uma vasodilatação por óxido nítrico (NO) e que esta é a razão para a rápida e precoce aparição do câncer na imagem termográfica. O aumento na produção de NO pelas células cancerosas é revelado pela fraca modulação da regulação de temperatura local e por conseguinte cutânea. Esta necessidade nutricional gera um aumento da circulação na área doente e emite maior calor para superfície, mais do que o normal, que é identificado pela termografia como uma ligação direta entre a produção e agressividade do carcinoma. Os vasos sanguíneos dilatados permitem um melhor fornecimento de oxigênio aos tecidos carcinomatosos, e por outro lado, permitem uma invasão mais fácil das células tumorais na corrente sanguínea (Anbar et al., 2000). Viacava et al (2004) encontraram um aumento significativo na densidade de microvasos, diretamente relacionado a gravidade da lesão de mama.

A termografia é capaz de quantificar as variações de temperatura e qualificar os padrões anormais vasculares associados com a angiogênese regional, neovascularização e indução regional de vasodilatação mediada pelo óxido nítrico (Anbar, 1994), frequentemente associado com a iniciação e a progressão do tumor. E, potencialmente, um indicador precoce da taxa de crescimento tumoral (Head e Elliot, 1995; Guidi e Schnitt, 1996).

De acordo com Notter e Melander (1968), dentro do tecido relativamente homogêneo da mama feminina, a uma temperatura ambiente de 23°C com uma indução de resfriamento externa do tecido é possível mensurar até uma profundidade de 4 cm. No intervalo de gradiente desta temperatura, mesmo pequenas fontes, com poucos milímetros de diâmetro e 0,5 a 2°C de diferença de temperatura podem levar a aumentos de temperatura detectáveis na pele (Engel, 1983). O resfriamento externo intensifica o aumento desta diferença entre os tecidos vizinhos e o tumor de mama (Lloyd-Williams e Handley, 1961). Além disso o resfriamento com ventilação ou água fria aumentou a sensibilidade para 96,5% (Sciarrà, 1983; Gautherie, 1983; Louis et al, 1982).

A termografia foi incluída no Programa Nacional Multicêntrico para Detecção do Câncer de Mama dos EUA de 1973 a 1982, conduzido pelo Grupo do Projeto de Demonstração para o Desenvolvimento da Detecção

do Câncer de Mama (BCDDP). Três métodos de detecção de câncer de mama foram estudados: o exame físico, mamografia e a imagem térmica infravermelha (termografia mamária). Devido a problemas metodológicos a taxa de detecção com a termografia foi de 42% em comparação com 92% para a mamografia.

**Problemas Metodológicos do Programa Nacional Multicêntrico dos Estados Unidos** – enquanto o relatório destacava em detalhes a importância do controle de qualidade na mamografia, todo o protocolo de imageamento infravermelho foi resumido em um parágrafo e simplesmente indicava que o imageamento infravermelho foi realizado por um técnico treinado pelo BCDDP. Na época dos fatos, o BCDDP não foi capaz de concluir, com sua limitada experiência, se os resultados foram relacionados à tecnologia dos equipamentos de termografia da época, até então ainda rudimentares se comparado com a tecnologia de informação que há hoje, ou quanto a sua aplicação propriamente dita. Foi considerado então que a decisão de descartar a termografia infravermelha naquele momento para o rastreamento do câncer de mama, não deveria ser tomada na determinação quanto ao futuro desta técnica e que a continuidade do procedimento era interessante porque não expunha o paciente ao risco de radiação.

Na última recomendação do grupo de trabalho do BCDDP, foi relatado que “não parece ser apropriada substituição da mamografia pela termografia infravermelha para a triagem de rotina”, e que também não poderia comentar sobre o seu papel como uma modalidade complementar. O relatório admite que vários programas isolados do BCDDP tiveram resultados que foram mais favoráveis do que para o BCDDP como um todo. Eles também recomendaram que deveria ser dada prioridade ao desenvolvimento e teste da termografia infravermelha em condições de estudo cuidadosamente controladas. Eles notaram que alguns locais mais adequados pareciam estar disponíveis entre os BCDDP e propuseram que os estudos de desenvolvimento deveriam ser realizados nestes locais com experiência suficiente e não como havia sido feito durante todo o projeto em diferentes centros.

As primeiras observações de que o estudo do ponto de vista termográfico estava sendo conduzido inadequadamente do ponto de vista de controle de qualidade foram levantadas por JoAnn Haberman (1986) que participava do projeto. A autora reiterou que a especialização em mamografia foi uma exigência absoluta para a aceitação da participação de um Centro de Triagem. No entanto, a situação era exatamente o oposto em relação à imagem infravermelha - nenhuma experiência foi necessária nestes centros. Como nenhuma experiência foi necessária, quando os 27 projetos de demonstração abriram suas portas, apenas cinco centros tinham experiência com diagnóstico por imagem infravermelha. Dos centros de triagem restantes, nenhum tinha experiência com esta tecnologia. Finalmente, mais de 18 meses após o projeto BCDDP ter começado, o NCI reconheceu o problema, e estabeleceu a formação em termografia infravermelha aos radiologistas e técnicos destes centros.

Infelizmente, apenas 11 dos diretores do projeto de demonstração consideraram esta formação de suficiente importância para enviar seus técnicos. Em alguns centros, foi relatado que não houve esforço algum para estabilizar termicamente o paciente antes do exame. Em outros centros, houve total falta de padronização, e uma atitude despreocupada prevaleceu com referência à interpretação dos resultados. Embora o controle de qualidade desta tecnologia de imagem tenha sido falha, foi, no entanto, sujeita a uma análise rigorosa do ponto de vista estatístico.

Em resumo, em relação à termografia, o BCDDP foi inundado com problemas metodológicos em quatro áreas críticas: (1) foi utilizados técnicos completamente inexperientes para realizar os exames, (2) O estudo usou os radiologistas que não tiveram nenhuma experiência ou conhecimento em leitura de imagens por infravermelho (3) o controle ambiental térmico foi completamente ignorado. Na verdade, muitos dos locais de pesquisa foram realizados em trailers móveis com variações extremas de temperaturas internas, (4) nenhum protocolo padronizado de leitura havia sido estabelecido para imagem infravermelha.

O BCDDP também foi iniciado com uma premissa errada de que a termografia pudesse substituir a mamografia. De um ponto de vista

puramente científico, um exame de imagem anatômico (mamografia) não pode ser substituído por um fisiológico.

Último de tudo, e de grande preocupação, foi a padronização da leitura das imagens, inexistentes na década de 1980. Diante desses fatos, o BCDDP não poderia ter avaliado devidamente a termografia infravermelha do ponto de vista científico. Com o advento de controles ambientais, com o estabelecimento de protocolos de leitura e a evolução do estado-da-arte da tecnologia de infravermelhos, um estudo mal realizado há 20 anos não pode ser considerado do ponto de vista metodológico para fins de avaliar ou condenar a termografia como exame complementar diagnóstico para estudo da mama.

As diretrizes da American Cancer Society for Breast Cancer Screening, uma adaptação de 2001 do Instituto de Medicina avaliou diferentes modalidades de rastreamento de câncer de mama e não recusaram a termografia, mas também não a homologaram como um método de triagem até esse momento assim como diversos outros métodos (RA Smith et al., 2003). Esta posição deve ser revista com as recentes publicações desaprovando expressamente a atual estratégia de modalidades de linha de frente da detecção do câncer de mama.

A atual estratégia de primeira linha para detecção do câncer de mama ainda depende, essencialmente, do exame clínico e da mamografia. As limitações da consagrada semiologia clínica, com sua taxa de sensibilidade relatada muitas vezes abaixo de 65% é bem reconhecida (Sickles, 1984), e até mesmo o valor da proposta de auto-exame da mama hoje contestado (Thomas et al, 1997).

Embora a mamografia seja aceita como modalidade de imagem mais confiável e de baixo custo, a sua contribuição continua a ser contestada com fundamentos na persistente taxa de falso-negativos que variam em torno de 30% (Moskowitz, 1983; Elmore et al, 1994) e devido sua menor sensibilidade em pacientes em terapia de reposição hormonal (Laya, 1996). Além disso, não há dados recentes que sugere que imagens de mamografia mais densas e menos informativas são precisamente aquelas associadas com um risco maior de câncer (Boyd et al, 1995).

Aproveitando o embalo destes acontecimentos infortúnios as Companhias de Seguro e Medicare não quiseram suportar os custos da termografia para nenhuma aplicação incitando por meio de lobby sua remoção da cobertura obrigatória (Hayes, 2006). Felizmente essa mentalidade está mudando e para algumas doenças como no caso da SCDR, hoje é coberto pelo Estado do Colorado segundo as Diretrizes Médicas da Divisão de Compensação Trabalhista desde 2006. Agora que o tempo ensinou-nos muito mais, o valor da termografia tem sido re-estabelecido. Segundo diversos estudos, estima-se que a termografia é preditiva em 8-10 anos em relação à mamografia na detecção do câncer de mama, devido as alterações térmicas relacionadas aos estágios iniciais da doença mamária.

**Revisão da Literatura:** Em 1980, Gautherie e Gros relataram na revista *Cancer* sua experiência com um grupo de 1.245 mulheres que tinham uma imagem infravermelha levemente alterada mas com todas as outras informações diagnósticas normais ou relacionadas à doença benigna, como exame físico, mamografia, ultra-sonografia, punção aspirativa por agulha fina ou biópsia. Eles observaram que no prazo de cinco anos, mais de um terço deste grupo tinha confirmado histologicamente a presença de câncer. Eles concluíram que a imagem infravermelha é útil não só como um método preditivo de risco de câncer de mama, mas também para identificar as neoplasias com potencial de rápido crescimento. Gros e Gautherie (1980) chegaram durante a triagem de 85.000 pacientes a uma sensibilidade de 90% e especificidade de 88%.

No ano seguinte, Amalric et al. (1981) confirmaram e expandiram esse conceito, relatando que 10% a 15% dos pacientes submetidos à imagem infravermelha terão sinais térmicos discretamente alterados enquanto o restante do exame é essencialmente normal. Entretanto, destes casos de “falsos positivos”, até 38% acabará por desenvolver câncer da mama no acompanhamento de rotina dentro de 5 anos.

Em 1981, Mariel et al realizaram um estudo na França com 655 pacientes e observaram uma sensibilidade de 82%. Dois anos depois, Isard (1984) discutiu as características originais e a importância clí-

nica das imagens infravermelhas e da ultra-sonografia e concluiu que, quando utilizado em conjunto com a mamografia em uma abordagem multidagnóstica, suas vantagens potenciais incluíam maior precisão de diagnóstico, redução de cirurgias desnecessária e melhor prognóstico. O autor enfatizou que nenhuma dessas técnicas deveria ser utilizadas como uma modalidade exclusiva para triagem do câncer de mama em mulheres assintomáticas, mas sim como uma modalidade complementar à mamografia.

Em 1984, Nyirjesy et al relataram no jornal *Obstetrics and Gynecology* uma sensibilidade de 76% para imagem infravermelha em um estudo com 8.767 pacientes. No mesmo ano, Bothmann et al (1984) relataram uma sensibilidade de 68% a partir de um estudo realizado na Alemanha em 2.702 pacientes. Em 1988, Usuki publicou os resultados de um estudo japonês, indicando uma sensibilidade de 88%.

Em 1993 surgiram as primeiras publicações com as câmeras de segunda geração para estudo das mamas, Head e Elliott (1993) relataram que estes sistemas infravermelhos permitiam uma análise visual muito mais objetiva e de qualidade, além de maior precisão do ponto de vista quantitativo até então. Com isso foi possível estudar a taxa de crescimento de tumores por meio da termografia e relacioná-la como indicador fortemente associado ao prognóstico de tumores de mama (Head e Elliott, 1995).

O conceito de angiogênese, defendida por Gamagami, como parte do desenvolvimento inicial do câncer de mama, foi reiterada em 1996 por Guido e Schnitt, cujas observações sugerem que a angiogênese é um evento inicial ao desenvolvimento do câncer de mama. A angiogênese nos tumores surge já quando eles têm ainda apenas 100 células (Li et al., 2000). Os autores observaram que ela pode ocorrer antes de as células tumorais adquirirem a capacidade de invadir o estroma circundante e até mesmo antes que haja evidência morfológica de um carcinoma *in situ*. Em 1996, em seu livro extensivamente revisto intitulado Atlas da Mamografia – Sinalização do Início do Câncer de Mama, Gamagami estudou em 261 casos o fenômeno da angiogênese por imagem infravermelha e relatou que a hipervascularização e a

hiper-radiação poderiam ser demonstrados em 86% dos cânceres de mama não palpáveis. Ele também observou que em 15% destes casos, a imagem infravermelha ajudou a detectar cânceres que não eram visíveis por meio da mamografia. A angiogênese é o primeiro sinal que passa a existir antes do aparecimento da imagem do câncer de mama na mamografia, predizendo em até 91% dos casos que a mama pode desenvolver câncer. Esta é uma descoberta importante na detecção dos estágios iniciais de desenvolvimento da neoplasia mamária. Assim a imagem infravermelha anda de mãos dadas com a mamografia. A termografia infravermelha foi descrita como único método de imagem que documenta a eficiência da quimioterapia no carcinoma inflamatório de mama. A terapia anti-angiogênese é hoje uma das mais promissoras estratégias terapêuticas e tem sido considerado pivô fundamental no novo paradigma para a análise do desenvolvimento do câncer de mama, seu tratamento e possível quimioprevenção (Amor e Barsky, 1996).

O princípio pelo qual a termografia infravermelha detecta tumores pré-cancerosos e tumores cancerosos, envolve o recrutamento da vascularização local existente e da neoangiogênese necessárias para manutenção e aumento do metabolismo do crescimento e multiplicação celular. As evidências científicas da engenharia biomédica a cerca do valor da termografia, tanto em modelos *in vitro* e estudos clínicos *in vivo* com diferentes crescimentos de tecidos, normal e neoplásico, estão bem documentados em literatura (Draper, 1971; Amor, 1980; Chato, 1980; Jain e Gullino, 1980 ; Gautherie, 1980, 1983; Gamigami, 1996).

Anbar (1994), descreveu uma cascata bioquímica e imunológica explicando a capacidade com que pequenos tumores tinham de produzir mudanças térmicas desproporcionais, observadas ao infravermelho, devido o efeito de aumento da perfusão para uma área considerável da superfície da mama por meio da vasodilatação induzida pelo óxido nítrico. O óxido nítrico é uma molécula com potentes propriedades vasodilatadoras. Ela é sintetizada pela enzima óxido nítrico sintase (NOS), encontrada tanto como forma constitutiva da enzima óxido ní-

trico sintase (c-NOS), especialmente nas células endoteliais, como produto da forma induzida do óxido nítrico sintase (i-NOS), especialmente nos macrófagos (Rodenberg et al, 1995). O NOS tem sido evidenciado em carcinomas de mamas (Thomsen et al, 1995) pela metodologia da imunohistoquímica de tecidos, e está associado a um alto grau de agressividade histológica do tumor. Portanto, diversos tratadistas puderam correlacionar os achados das imagens infravermelha e o grau de agressividade tumoral, bem como, a correlação diretamente proporcional entre os níveis de NOS produzido pelo tumor e seu grau histológico de agressividade.

A detecção de uma série de tumores menores de 2 cm pelo método termográfico sugere que os padrões térmicos destes tumores identificados pelo infravermelho são mais dependentes das alterações vasculares e metabólicas iniciais. Essas alterações, possivelmente, são muito mais induzidas pela difusão do óxido nítrico e interação regional com a ferritina, do que estritamente ao tamanho do tumor (Anbar, 1994). Esta hipótese está de acordo com o conceito de que a angiogênese precede qualquer alteração morfológica (Guidi e Schnitt, 1996).

Keyserlingk et al. (2000) relataram uma série de 100 casos de câncer precoce de mama histologicamente confirmados. Quatro estavam em estado não-invasivo, 42 no estadio I e 54 no estadio II. Todos os casos foram examinados clinicamente, por mamografia e termografia. Em 61% dos casos havia sinais clínicos positivos, 66% positivos na mamografia e 83% apresentavam sinais anormais ao infravermelho. Esta última, a mesma percentagem para a combinação de resultados clínicos e mamografia!! Os autores encontraram correlação entre a mamografia positiva e os resultados anormais no infravermelho em 95% dos casos. Quando associados ao exame físico, a termografia e mamografia alcançaram um aumento de 98% no diagnóstico do tumor precoce de mama. O tamanho médio dos tumores não detectados pela mamografia foi de 1,66 cm, em comparação com 1,28 centímetros dos casos positivos na imagem infravermelha. Em uma série comparativa adicional de 100 tumores benignos, apenas 19% apresentaram termografia anormal e 30% apresentaram mamografia positiva.

Mais recentemente, um estudo clínico duplo-cego e prospectivo (n=92), Arora et al. (2008), da Universidade de Cornell, avaliaram a eficácia da imagem térmica infravermelha digital (DITI) em um grupo de pacientes com resultados suspeitos na mamografia ou ultrassonografia. Todos os pacientes foram submetidos a estudo por biópsia. A DITI identificou corretamente 58/60 neoplasias malignas, com sensibilidade de 97% e valor preditivo negativo de 82%, dependendo do modo utilizado. Para avaliar com precisão a especificidade do DITI neste estudo os autores assinalaram para a necessidade de um novo estudo com uma população controle sem doença mamária (Arora et al., 2008). Os autores também concluíram que os pacientes que poderiam se beneficiar desta tecnologia são aqueles cujo diagnóstico de câncer de mama é mais difícil, como as mulheres jovens, homens, pacientes com mamas densas ou pacientes com mamas cirurgicamente alteradas (implantes, redução de mama, desde que os mamilos estejam intactos para orientação e análise de assimetria). Além disso, os aparentes casos de “falsos” positivos na termografia infravermelha, também observados no recente estudo de Parisky et al. (2003), não deve ser julgado como tal, não exigem apenas um acompanhamento rigoroso, mas também intervenções para melhorar potencialmente a saúde da mama.

Um estudo multicêntrico duplo-cego foi realizado por Parisky et al. (2003) com fins de “determinar a eficácia de um sistema de imagem dinâmica computadorizada por raios de infravermelhos para distinguir lesões benignas de malignas em pacientes submetidas à biópsia, com base na mamografia” com 769 pacientes, 875 lesões biopsiadas, sendo 187 malignas e 688 benignas. Durante todo o curso do estudo, mais de 2400 indivíduos foram submetidos à imagem infravermelha. As pacientes foram recrutadas em cinco locais: estão Los Angeles, Baltimore, Washington DC, Boston e Miami. Esses pesquisadores tentaram identificar padrões térmicos característicos nas imagens das mamas, em resposta ao resfriamento externo por uma corrente de ar frio. Neste estudo Parisky utilizou centenas de imagens térmicas sequenciais. Este estudo faz parte de um piloto realizado na Universidade de

Buffalo (SUNY) por um período de 4 anos, e foi baseado na hipótese de Anbar, que a vasculatura circundante às lesões cancerosas são menos propensos a responder a vasoconstrição simpática induzida por estímulo frio (Anbar et al, 2001). Os achados de Parinsky corroboraram com esta hipótese. Seu estudo alcançou sensibilidade de 97,5% na detecção do câncer de mama também em pacientes com tecido mamário extremamente denso e naqueles com carcinoma ductal *in situ*. Além disso, o estudo revelou que em mamas muito densas, que são muito mais difíceis de analisar com mamografia, a termografia obteve 98% de valor preditivo negativo. Eles concluíram que a imagem infravermelha é útil como método adjuvante à mamografia na determinação se a lesão é benigna ou maligna e oferece isto de forma segura e não ionizante.

A imagem infravermelha da mama também pode ter significado prognóstico crítico, pois pode se correlacionar com uma variedade de características patológicas, como tamanho do tumor, grau histológico, estado linfonodal e marcadores de crescimento de tumor (Schmitt et al, 1995). Esta correlação prognóstica é devido ao aumento do fluxo de sangue pela proliferação vascular (avaliada pela quantificação da densidade microvascular (MVD)) como resultado da angiogênese associada a tumores. Apenas um estudo com experiência limitada ao uso de infravermelho, a MVD não se correlacionou com achados anormais da termografia infravermelha (Sterns et al, 1996). No entanto, o método de imagem utilizado neste estudo foi por termometria de contato, i.e com placas de cristal líquido (LCT), método que não se aplica mais. A LCT não possui a discriminação e processamento digital necessário para correlacionar dados histológicos com discretas alterações vasculares (Inaba, 1993). Os resultados com a termografia de contato devem ser cuidadosamente considerados.

Yahara et al. (2003) utilizando termômetros de agulha e termografia infravermelha registrou a temperatura de carcinomas ductais primários em 48 mulheres. O termômetro foi inserido na área central do tumor, na área que circunda o tumor e no tecido normal da mama contralateral. Foi relatado que as anomalias de temperatura foram demonstradas pelo método. A densidade microvascular em torno do

tumor foi diretamente proporcional com a temperatura no centro do mesmo. Quanto maior a temperatura, mais intensa e maior a área hiper-radiante representado como um “hot spot” na superfície da mama. Também se provou que os efeitos vasculares e químicos estavam mais relacionados com os pontos quentes descritos na termografia, de acordo com o índice de tamanho ou metabólico do tumor. Outros fatores fisiológicos também podem contribuir, como distância da pele ao tumor, idade, menopausa, ciclo menstrual e comportamento anormal hemodinâmico vascular periférico devido a outras doenças também estão relacionados com achados de alterações térmicas ao exame de infravermelho. A termografia portanto, indica muito mais as características funcionais do que a avaliação anatômica propriamente dita. O valor clínico e a importância da termografia estão se tornando mais compreensíveis com as melhorias na tecnologia de informática.

As metástases estão diretamente relacionadas com o aumento de temperatura cutânea da mama afetada. Casos de resultado positivo de biópsia em que mais de quatro metástases linfonodais foram localizadas encontraram-se uma significativa elevação da temperatura da pele da mama. Ohsumi et al. (2002) examinaram 340 mulheres e encontraram uma correlação entre a temperatura de carcinomas determinada por imagem infravermelha e o prognóstico do paciente quanto do intervalo livre de doença e tempo de sobrevivência.

Nos últimos 40 anos houve numerosos estudos que demonstraram a capacidade da termografia em detectar anomalias mamárias quando outros métodos resultavam normais. Estudo realizado no Canadá no Ville Marie demonstrou que a termografia alcançou sensibilidade de 83% na detecção do câncer de mama, enquanto que quando combinados a mamografia com a termografia, estas alcançaram sensibilidade de 95% (Keyserlingk et al, 2000). Não há metodologias de rastreamento disponíveis atualmente que forneçam 100% da previsibilidade da presença de um tumor cancerígeno. O critério de diagnóstico definitivo é sempre a biópsia.

É entendimento científico de que quanto maior a diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) e aumento da assimetria vascular pior o prognóstico e

agressividade do tumor. Existe a possibilidade de acompanhamento clínico do tratamento quimioterápico pré-operatório por meio da termografia que demonstrará a eficácia do tratamento pelo seu efeito sobre a neoangiogênese tumoral. Este é um interesse atual importante pertinente as novas estratégias terapêuticas relacionadas a angiogênese. A termografia pode também contribuir para o registro de pacientes no pós-operatório e tem potencial para reconhecer o câncer recorrente.

Integrar a imagem infravermelha, uma modalidade segura e prática, na estratégia de primeira linha, pode aumentar a sensibilidade nesta fase crucial, fornecendo um aviso prévio de uma anomalia térmica que, em alguns casos, não é contemplado por outros métodos diagnósticos. Combinando imagem infravermelha e mamografia em uma estratégia de mamografia assistida por infravermelho é particularmente atraente na era atual em que a maior ênfase está na triagem por imagem e na valorização do efeito angiogênico e não mais no tamanho tumoral.

### Doença de Raynaud

A doença de Raynaud, ou fenômeno de Raynaud (FR), é um distúrbio caracterizado por episódios de vasoespasmos, resultando em diminuição do fluxo sanguíneo para os dedos das mãos e dos pés, e em alguns casos, o nariz, orelhas, mamilos e lábios. A doença de Raynaud é classificada em doença primária quando a etiologia é desconhecida (FRP) e secundária, ou fenômeno de Raynaud, quando ocorre associado a uma condição subjacente (p.ex., artrite reumatóide, aterosclerose, doença de Buerger). Na doença secundária de Raynaud, o tratamento depende da condição subjacente. Raynaud é diagnosticado por história e exame físico e, em alguns casos, por um estudo de estimulação ao frio (National Heart Lung and Blood Institute [NHLBI], 2006). Devido às mudanças de temperatura experimentada por pacientes de Raynaud, a termografia tem sido proposta como um excelente método diagnóstico para esta doença.

**Revisão da Literatura:** Anderson et al. (2007) conduziram uma revisão dos pacientes diagnosticados com o FRP (n = 56), esclerose sistêmica (ES) com Raynaud (n = 45) e doença indiferenciada do tecido conjuntivo (DITC) com Raynaud (n = 21), para determinar se uma

diferença de mais de 1°C era específica para doença vascular subjacente (por exemplo, como pode ser visto na esclerose sistêmica) e para determinar se a termografia poderia diferenciar FRP da doença secundária. Diferença de temperatura (DDD) individuais e parâmetros da curva de reaquecimento foram significativamente diferentes entre os grupos FRP e ES. Houve uma série de variáveis entre os grupos ES e DITC que os diferiram. A termografia pode ser usada para distinguir entre FRP e DITC quando comparado com ES. A DDD > 18°C em qualquer dedo a 30°C ambiente apresentou um valor preditivo positivo de 70% e valor preditivo negativo de 82%, na identificação dos pacientes com FR secundário à ES. A partir dos resultados de regressão logística multinomial, um índice foi obtido incorporando idade, número de dedos com DDD > 18°C a 30°C e gradiente de reaquecimento máximo. Esta pontuação (com um apropriado valor de corte) foi 82% sensível e 82% na identificação específica FR secundário à ES, com um valor preditivo positivo de 73% e um valor preditivo negativo de 89%. Foerster et al. (2007) investigaram se houve ou não resposta ao estímulo frio, usando a termografia como método diagnóstico e como indicador da eficácia terapêutica do tratamento da FR. O estudo incluiu pacientes com ES (n=46), FRP (n = 40) e um grupo controle (n=53) formado por participantes sem doença aguda ou crônica inflamatória sistêmica. Comparados aos controles, o tempo para recuperar 50% e 63% da temperatura de pré-resfriamento foi significativamente elevado no FRP (p<0,001 para ambos) e esclerodermia associado com FR (p<0,001 e p<0,0001 respectivamente). Num estudo retrospectivo (n=139) realizado por Foerster et al. (2006) realizou-se a aferição da temperatura da superfície do dedo em pacientes com FRP. A temperatura da superfície da pele e do fluxo sanguíneo foi aferida após imersão das mãos em água fria. As auto-avaliações também foram obtidas. Os resultados do estudo indicaram que o regresso ao pré-resfriamento da temperatura de superfície foi significativamente maior quando comparados aos controles (ou seja, 10 indivíduos sem Raynaud). Os valores de t (ou seja, a curva inteira gravada para um indivíduo, expresso em minutos), na FRP destes pacientes

foi significativamente aumentada quando comparados aos pacientes do grupo controle ( $8,08 \pm 3,65$  minutos versus  $3,23 \pm 1,65$  minutos). O valor de t rendeu uma especificidade de 94,6% e valor preditivo de 95,3% para a presença de RP.

### **Pé diabético**

Armstrong et al. (2006) utilizaram a termografia para determinar as diferenças de temperatura da pele do pé e estabelecer uma correlação entre gravidade da infecção e os resultados clínicos em pacientes com pé diabético infectado. Os participantes ( $n = 332$ ) foram subdivididos num subgrupo do estudo SideStep que comparou a eficácia de antibióticos para o tratamento de infecções do pé diabético. As medidas foram feitas a partir do pé infectado e comparados com o pé contralateral saudável antes e após a descontinuação da terapia intravenosa (DCIV). Se o paciente era um amputado, as temperaturas de comparação foram tomadas no aspecto distal da mesma perna. Pacientes com um diferencial de temperatura da pele de maior ou igual a  $5,5^{\circ}\text{C}$  na linha de base apresentaram uma resposta significativamente mais baixa quando comparado àqueles cuja clínica diferencial foi inferior a  $5,5^{\circ}\text{C}$  ( $81,4\%$  versus  $94,3\%$ , diferença de  $12,9\%$ ,  $95\%$  CI:  $3,5, 27,3\%$ ,  $P = 0,007$ ).

### **Triagem e Monitoramento da Febre**

A temperatura pode ser registrada de forma a estabelecer uma base para a temperatura normal do indivíduo. A principal razão para a verificação da temperatura corporal é o de estar relacionado a sinais de inflamação ou infecção sistêmica na presença de febre (temperatura central  $>38,5^{\circ}\text{C}$  ou temperatura central contínua  $>38^{\circ}\text{C}$  ou temperatura da frente  $>35,6^{\circ}\text{C}$ ). A diminuição de temperatura (hipotermia) também precisa ser avaliada. Deve-se aferir primariamente a temperatura do paciente, pois febre de  $38^{\circ}\text{C}$  não indica necessariamente um mau sinal se a sua temperatura anterior tenha sido superior. Quando do surto da síndrome respiratória aguda severa (SARS) a termografia infravermelha (TRI) foi defendida como um meio de triagem para a febre nos

viajantes em aeroportos e postos fronteiriços. Durante o período de 13 de abril a 12 maio de 2003, 72.327 pacientes e visitantes que entraram no Taipei Medical University-Wan Fang Hospital, em Taipei, Taiwan. Um total de 305 pacientes febris ( $0,42\%$ ) foi detectado por termografia infravermelha. Entre eles, três pacientes prováveis de SARS foram identificados após estudo mais completo, incluindo história de contato, exames laboratoriais e radiológicos. Os resultados sugerem que a termografia infravermelha foi um instrumento eficaz e confiável para triagem em massa de pacientes com febre na fase inicial da epidemia do SARS (Chiu et al, 2005).

### **Avaliação do risco de AVC**

A termografia infravermelha da face, especialmente da região supra-orbitária medial e o restante ipsilateral da testa, tem se mostrado método eficaz para avaliar a doença oclusiva da carótida (Friedlander, 1994). A lesão aterosclerótica na região da bifurcação da artéria carótida comum e da carótida interna são a causa mais comum de acidente vascular cerebral (AVC). As placas ateromatosas frequentemente formam êmbolos, que viajam dentro dos canais vasculares sanguíneos, alojando-se no cérebro provocando isquemia e suas consequências deletérias. A origem mais comum de embolia é o desprendimento de êmbolos provenientes desta região lateral do pescoço. Estudos demonstram que placas carotídeas intraluminais podem restringir e reduzir o fluxo sanguíneo, resultando em diminuição da temperatura cutânea da face (Wood, 1964, 1965). Gratt (2002) demonstrou que a termografia tem a capacidade de detectar uma redução de até  $30\%$  do fluxo sanguíneo nas artérias carótidas. A termografia é um método diagnóstico eficaz, barato e indolor para prevenir por meio de triagem o AVC em idosos assintomáticos.

### **Termografia Angiocoronariana**

A termografia também pode ser utilizada como método diagnóstico para detecção da presença de placas instáveis ateroscleróticas, que apresentam alto risco de ruptura e conseqüentemente ocasionar angi-

na instável ou infarto agudo do miocárdio. A Agência de Investigação de Saúde e Qualidade (AHRQ) observa que vários métodos diagnósticos têm sido propostos para identificar estas placas vulneráveis, incluindo angiografia, ultrassonografia intravenosa (IVUS), angioscopia, e a angiotermografia guiada por cateteres.

### **Alergias**

Clark et al. utilizou a termografia facial para detectar mudanças de temperatura durante provocação oral para avaliação de reações alérgicas alimentares em crianças (n = 24).

### **Outras indicações**

Outros estudos utilizaram a termografia para avaliação da temperatura da superfície ocular em glaucoma (n=32) (Galassi, et al.), síndrome do impacto subacromial (n=100) (Park et al.,1998). Lamey et al. (2002) investigou o uso da termografia na avaliação da função da glândula salivar labial menor (n=10). A termografia tem sido proposta como instrumento diagnóstico na avaliação da artrite, doença óssea de Paget, lesões de tecidos moles, espasmos e lesões musculares, entorses e distensões, entesopatias, cotovelo de tenista, cotovelo do golfista, artropatias do ombro, do nervo facial, espondilopatias, doenças inflamatórias, trombose venosa profunda e vários outros distúrbios neurológicos e musculoesqueléticos.

Depois de 2000, vários estudos têm utilizado a termografia de alta resolução em diversas condições. Esses estudos têm demonstrado o papel da termografia na avaliação diagnóstica de diferentes condições. Estudos com grandes populações de pacientes e comparações com métodos diagnósticos convencionais tem demonstrado grande utilidade clínica da termografia.

### **Sociedades Profissionais e Organizações**

**American Cancer Society (ACS):** As diretrizes da ACS para o rastreamento do câncer de mama (atualizado em 2003) relatam que

a mamografia é atualmente a modalidade padrão ouro para esta triagem. As normativas registram que outros recursos diagnósticos adjuntos podem ser úteis (p.ex. ultrassonografia ou RM). Em uma das discussões a respeito da mamografia e os outros métodos adjuntos de imagem a ACS relatou que “nenhum exame diagnóstico se mostrou efetivo como instrumento de triagem para detecção precoce do câncer de mama (i.e. ultrassonografia, RM ou termografia) isoladamente. E que não devem ser utilizados em substituição a mamografia” (ACS, 2008). As evidências clínicas têm indicado que a termografia apesar de nova tecnologia não é efetiva isoladamente para o rastreamento de câncer de mama. Somente a biópsia de mama pode confirmar a suspeita de câncer detectada pela mamografia. Até o presente a termografia pode ser utilizada apenas para quantificar o risco de câncer sem firmar diagnóstico oncológico. Isto não significa que não seja útil, pelo contrário, é um recurso diagnóstico de alto valor preventivo utilizado na saúde da mulher, além do que é inócuo, sem contato e com elevada sensibilidade.

**National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS):** Pelo fato de que neuropatias periféricas podem ser acompanhadas por mudanças térmicas cutâneas, a termografia tem sido proposta como instrumento diagnóstico nestas condições clínicas pelo NINDS (2008b) que faz parte da *US National Institutes of Health* (NIH). A termografia também tem sido proposta como estudo diagnóstico da dor lombar para detecção de compressão radicular pelo NINDS (2008c).

**Work Loss Data Institute (WLDI):** Nas suas diretrizes dos distúrbios agudos e crônicos de pescoço e escapular relacionados ao trabalho (2007), o WLDI lista a termografia como instrumento diagnóstico que deve ser considerado nestes casos.

**Division of Workers' Compensation of Colorado State:** Este departamento do trabalho reconhece a avaliação termográfica nas síndromes de dor complexa regional/distrofia simpático reflexa conforme as Diretrizes de Tratamento Médico (2006).

**American Academy of Neurology (AAN):** O comitê da AAN refere a termografia como um exame aplicável em pacientes com SDRC/DSR (AAN, 1996).

**Council on Chiropractic Practice (CCP):** O CCP elaborou normativas para subluxação vertebral na prática de quiropraxia (2003) onde disciplinou a mensuração da temperatura cutânea por meio de termografia para detectar as mudanças térmicas relacionadas ao tecido vertebral e paravertebral nas subluxações vertebrais.

**American Chiropractic Association (ACA):** As normativas dos Procedimentos da ACA em Saúde Pública e Assuntos Relacionados (1999) determinaram que a termografia infravermelha “é pertinente na prática de quiropraxia nos casos onde é necessário exame fisiológico”. As normativas declaram que a termografia é um procedimento útil no diagnóstico de condições neurológicas e musculoesqueléticas selecionadas.

**Associação Médica Brasileira (AMB):** No Brasil a termografia esta colocada no Rol de Procedimentos Médicos da ANS (Agência Nacional de Saúde Suplementar) e da Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos (CBHPM) com denominação mais genérica, i.e., termometria cutânea, desta forma, pode ser realizada pelos planos de saúde. Também consta como comissões junto a Associação Brasileira de Medicina Legal (ABML) e Associação Brasileira para o Estudo da Dor (SBED).

**Pós-Graduação em Termologia Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP):** Atualmente o Departamento de Neurologia dispõe de um curso de dois anos em termologia e termografia médica sob coordenação do Prof. Dr. Manoel Jacobsen Teixeira e Prof. Dr. Marcos Leal Brioschi.

## Resumo

Os livros clássicos de fisiologia, revisões da literatura científica atual e sociedades médicas legitimam a prática diagnóstica da mensuração térmica cutânea. O emprego de aparelhos de imagem infravermelha aumenta a sensibilidade térmica do sentido humano em mais de 20 vezes produzindo um mapeamento térmico em tempo real e de alta resolução. Há inúmeros estudos disponíveis em forma de relato de casos, estudos retrospectivos, prospectivos, multicêntricos, randomizados, duplo-cegos, com grande número de pacientes, grupos controles e com comparações com outros exames diagnósticos. Há muitas provas científicas publicadas na literatura científica que substancia a precisão da termografia no estudo das disfunções vasomotoras nos seres humanos. A importância da termografia no diagnóstico e respectivo registro do tratamento de diversas condições mórbidas é inquestionável.

## CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA TERMOLOGIA MÉDICA BRASILEIRA

### CONTROLE DA DOR

Brioschi, M.L.; Colman, D. et al. **Teletermografia médica: diagnóstico por imagem térmica infravermelha digital.** Arquivos de Medicina v. 1, n. 1, (jan./mar. 2000), p. 33-40.

A imagem térmica infravermelha digital é relativamente uma modalidade de imagem diagnóstica nova baseada em termografia e tem recentemente ganho maior aceitabilidade na comunidade médica. A imagem térmica infravermelha da pele tem sido utilizada para monitorar a distribuição térmica da superfície cutânea humana. Anormalidades como tumores malignos, processos inflamatórios e infecções causam aumentos localizados de temperatura que se mostram como pontos quentes ou padrões assimétricos no termograma infravermelho. A termografia infravermelha é uma poderosa detectora de problemas que afetam a fisiologia normal dos pacientes. Algumas das áreas onde a termografia infravermelha tem sido utilizada com sucesso: a neurologia, as doenças cardiovasculares, as doenças reumáticas, a viabilidade tissular, a oncologia (especialmente o câncer de mama), a ortopedia, as doenças dermatológicas e a cirurgia.

Brioschi, Marcos Leal; Macedo, José Fernando; Macedo, Rodrigo de Almeida Coelho. **Termometria cutânea infravermelha de alta sensibilidade (T.I.A.S.) definição, aplicações e especificações.** Revista Médica do Paraná. Curitiba, PR :Associação Médica do Paraná v.59, n.2, (jul. 2001), p. 56-63.

A termometria cutânea infravermelha de alta sensibilidade (TIAS) é um método de avaliação do funcionamento dos sistemas vascular nervoso, músculo-esquelético, processos inflamatórios, condições dermatológicas, endócrinas e oncológicas. Não exige contato físico com o paciente, é não-invasivo e sem contraste.

Brioschi, Marcos Leal; Saito, Renata Terue; et al. **Termografia infravermelha computadorizada: uma nova ferramenta na quantificação da resposta fisioterapêutica.** Fisioterapia em Movimento, v.14, n.2, p.43-46, (out.2001/mar.2002).

A termografia infravermelha computadorizada é uma técnica recente que capta mínimas alterações da temperatura superficial da pele e processa essas informações em imagens de alta resolução. As doenças músculo-esqueléticas, neurológicas e vasculares estão associadas a alterações térmicas cutâneas, especialmente as patologias relacionadas com processos álgicos. Assim, a termografia infravermelha computadorizada é um exame que diagnostica, estima a magnitude da lesão e da dor e controla a evolução da doença e a resposta aos medicamentos e à fisioterapia. Desse modo, a fisioterapia dispõe de uma nova ferramenta que revela a extensão de lesões e suas respectivas zonas dolorosas, confirmando ou alterando diagnósticos clínicos e assim, consequentemente, aumentam-se as chances de um tratamento mais eficaz pela escolha de procedimentos fisioterapêuticos mais adequados.

De Almeida, D.B.; Cunali, P.A.; Santos, H.L.; Brioschi, M.; Prandini, M. **Hemicrania Paroxística Crônica na Infância: Relato de Caso Cephalalgia** July 2004, 24: 608-609.

Brioschi, M.L.; Abramavicus, S.; Corrêa, C.F. **Valor da imagem infravermelha na avaliação da dor.** REV. DOR. 2005 - Jan/fev/mar - 6 (1): 514-524.

## RESUMO

Os autores revisam o valor da imagem infravermelha (IR), também conhecida por termografia ou termometria cutânea, no diagnóstico de certas condições álgicas neurológicas e musculoesqueléticas. Esta imagem é um procedimento seguro, não-invasivo e não envolve radiação ionizante, pode facilitar a determinação de disfunções da raiz nervosa espinal e nervos periféricos distais, contribui para avaliação de possíveis disfunções do sistema nervoso autônomo e distúrbios medulares, é útil na documentação de lesões de nervos periféricos e tecidos moles, como de estiramentos musculares e de ligamentos, inflamação, espasmos musculares e miosites, é auxiliar no diagnóstico da distrofia simpático-reflexa e pode ser utilizada no seguimento de pacientes após procedimento de cirurgia medular. Nestas aplicações, a IR não está sozinha como uma ferramenta diagnóstica primária. É um teste da função fisiológica que pode auxiliar na interpretação obtida por outros exames. Nos últimos anos, houve um aumento no número de estudos publicados relativos a IR. Muitos destes estudos podem ser caracterizados como bem controlados. A imagem infravermelha é de grande valor para o estudo da dor.

**Unitermos:** Imagem infravermelha, sistema nervoso simpático, dor.

Brioschi, M.L.; Colman, D. **Estudo da dor por imagem infravermelha.** REV. DOR 2005 - Jul/Ago/Set - 6 (3): 589-599.

## RESUMO

O diagnóstico diferencial da dor é um desafio para os neurologistas, neurocirurgiões, neurofisiologistas e clínicas da dor. Os autores revisam os princípios do imageamento infravermelho no estudo da dor. Este é um método moderno de diagnóstico por imagem de altíssima

resolução, sem contato, que demonstra a microcirculação superficial da pele, refletindo assim a relação entre o sistema neurovegetativo simpático (SNNVS) e o fluxo sanguíneo cutâneo. Através da captação térmica, com alta precisão, o infravermelho pode classificar e categorizar os mecanismos envolvidos na atuação do SNNVS e a dor. Diferentes padrões de dores podem ser identificados e documentados pelo infravermelho: dor referida (visceral, somática), dor mantida pelo simpático, dor espinal, dor de origem central. São avaliados diversos fatores de mudança microvascular cutânea que refletem o funcionamento do SNNVS. A resposta neurovegetativa termocutânea na presença de dor pode auxiliar no diagnóstico diferencial quanto a sua origem. A estimulação anormal do SNNVS irá modificar a radiação infravermelha do segmento cutâneo. A imagem infravermelha pode então documentar a dor graficamente, assim como qualquer exacerbação. A imagem infravermelha pode objetivamente documentar a dor nas áreas de dermatômo corporal.

**Unitermos:** Imagem infravermelha, sistema nervoso simpático, dor.

Marcos L Brioschi, Daniel Colman, Gustavo N Uliana, Elizabeth M Tambara. **Dor crônica em membros superiores: avaliação por termografia infra-vermelha.** CET/SBA do Hospital de Clínicas da UFPR, Curitiba, PR. Revista Brasileira de Anestesiologia CBA 047. Vol. 54, Supl. Nº 33, Novembro, 2004.

## RESUMO

**Justificativa e Objetivos** – A dor de origem orgânica conduzida pela inervação sensitiva está intimamente relacionada com o sistema nervoso autônomo. A termografia, por sua vez, tem vantagem de ser um método seguro, não invasivo, que não utiliza radiação e que se baseia na assimetria térmica entre diferentes áreas envolvidas para auxiliar o diagnóstico. O propósito deste estudo é determinar a incidência de alterações vasomotoras correlacionando-as às queixas sensitivas em pacientes com dor crônica em membros superiores por meio de termografia infra-vermelha (TI). **Método** – Foram avaliados 105 pacientes com queixa de dor crônica em membros supe-

riores de difícil tratamento. Os pacientes preencheram, juntamente como avaliador, diagramas de dor indicando a localização de seu desconforto. Foi feito também um levantamento dos exames realizados previamente, anatômicos (RX, US, TC e RM) e fisiológicos (EMGeTI). A atividade simpática vasomotora foi avaliada com uma câmera infravermelha de alta sensibilidade. **Resultados** – Todos apresentaram assimetrias térmicas devido a alterações simpáticas vasomotoras. Entre as alterações encontradas, 66% foram compatíveis com alterações neurológicas e 61% com alterações musculoesqueléticas. Dos exames anatômicos, 52% tiveram correlação com a queixa de dor dos pacientes, enquanto que dos fisiológicos, 72% apresentaram correlação. **Conclusões** – Os exames fisiológicos tiveram uma alta correlação com o local de dor em pacientes com queixas de dor crônica em membros superiores, sendo que distúrbios da atividade simpática vasomotora cutânea estiveram presentes em todos os casos.

## Referências

Gerow, G.; Gaik, R.; Christiansen, J. Thermographic findings in a patient with reflex sympathetic dystrophy. *Thermography*, 1990;1:85-90.

Marcos L Brioschi, Daniel Colman, Gustavo N Uliana, Elizabeth M Tambara. **Avaliação dos sintomas neuromusculares em pacientes com disfunção temporomandibular por meio de termografia infravermelha.** CET/SBA do Hospital de Clínicas da UFPR, Curitiba, PR. Revista Brasileira de Anestesiologia CBA 047. Vol. 54, Supl. Nº 33, Nov., 2004.

## RESUMO

**Justificativa e Objetivos** - Testar a hipótese se os sintomas neuromusculares em região cervical, facial e mastigatória de pacientes com disfunção temporomandibular (DATM) podem ser avaliados pela mensuração do diferencial térmico cutâneo sobre estas estruturas musculares. **Método** - Foi utilizada uma câmera infravermelha de alta resolução para avaliar pacientes com DATM e demonstrar mudanças térmicas nos músculos cervicais, faciais e mastigatórios. O estudo

consistiu de 32 pacientes com DATM e 30 controles assintomáticos. **Resultados** – A temperatura média comparando-se as diferenças térmicas entre os lados direito e esquerdo no grupo controle foi de 0,17°C enquanto que nos pacientes com DATM a diferença média foi de 0,83°C ( $p < 0,001$ ). Dos 32 pacientes com DATM, 31 (95,5%) tinha aumento da temperatura sobre os músculos mastigatórios e cervicais no lado sintomático. **Conclusões** - Estes achados indicam que a termografia pode ser útil no diagnóstico dos sintomas miofasciais associados com disfunções temporomandibulares.

### Referências

Bennett GJ, Ochoa JL. Thermographic observations on rats with experimental neuropathic pain. *Pain*, 1991; 45:61-67.

Gerow G, Gaik R, Christiansen J. Termographic findings in a patient with reflex sympathetic dystrophy. *Thermography*, 1990; 1:85-90.

Brioschi ML, Yeng LT, Colman D, Silva FMRM, Teixeira MJ. **Imaginologia infravermelha no estudo avançado da dor de origem visceral**. REV. DOR 2006 - Out/Nov/Dez - 7 (4): 862-874.

### RESUMO

Os autores revisam os principais aspectos do imageamento infravermelho (IR) abdominal em pacientes com dor de origem visceral e sua dinâmica ao longo do tratamento. Encontrou-se uma termoassimetria anormal, característica e estável, nos casos de gastrite, doença ulcerosa gástrica e duodenal, colecistite, pancreatite, doença hepática, salmoneloses, apendicite aguda, paraproctites, pielonefrites e tumores malignos em repetidos estudos. Isto permitiu fazer diagnóstico diferencial e acompanhamento do tratamento, em que estudos repetidos confirmaram pela atenuação dos sinais IR anormais. A imagem IR tornou possível documentação objetiva da dor, especialmente nas regiões de dor referida na parede abdominal, registrada pelo aumento da radiação IR local. A recuperação clínica em muitos casos foi precedida de normalização da temperatura abdominal superficial. O método de

imageamento IR é recomendado como teste diagnóstico na documentação da dor de origem visceral.

**Unitermos:** Dor abdominal, imagem infravermelha, raios infravermelhos.

Brioschi ML, Yeng LT, Pastor EMH, Colman D, Silva FMRM, Teixeira MJ. **Documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha**. ACTA FISIATR. 2007; 14(1): 41-48.

### RESUMO

Os pontos-gatilho (PG) miofasciais são encontrados em muitas lesões cervicais com hiperextensão/hiperflexão, discopatias e lesões/desordens por esforço repetitivo. Desde o extremo da simulação, ao frustrante dilema na investigação objetiva da dor crônica, uma das indicações básicas e melhores da comprovação por imagem infravermelha (IR) é a de documentar afecções de tecidos moles, particularmente nos casos em que não são demonstradas por exames radiológicos, eletroneuromiográficos ou laboratoriais. Os autores revisaram a literatura sobre imagem IR na documentação da síndrome dolorosa miofascial. O exame por IR é complemento essencial do diagnóstico clínico mostrando objetivamente PG na forma de pontos aquecidos hiperradiantes. Estas áreas hiperradiantes, correspondem a PG dolorosos anotados no exame clínico. Estes são corroborados pela sensibilidade local e confirmação da dor pelos pacientes. As áreas dolorosas referidas se apresentam termicamente assimétricas com o lado oposto. Os PG latentes, não objetivamente queixados pelos pacientes durante o exame IR, também são descritos sob a forma de pontos hiperradiantes. A presença destes PG latentes pode ser confirmada pela algometria de pressão nestas áreas. Após infiltração/agulhamento há alteração do perfil térmico cutâneo demonstrando resposta neurovegetativa simpática imediata. As alterações de imagem IR se constituem, assim, em importante recurso objetivo na demonstração de PG miofasciais, correlatos com as queixas objetivas do paciente. A documentação dos PG por imagem IR é útil no direcionamento para

causa da dor, orientação do tratamento adequado, assim como avaliação de sua resposta.

**Palavras-chave:** síndromes da dor miofascial, termografia, diagnóstico por imagem.

Brioschi ML, Kasiyama HHS, Yeng LT, Oliveira AGN, Barancelli E, Teixeira MJ. **Efeito térmico da eletroestimulação funcional e do tecido de biocerâmica na síndrome complexa de dor regional tipo 1.** REV. DOR 2007 - Out/Nov/Dez - 8 (4): 1139-1149.

## RESUMO

Os autores relatam um estudo de caso de síndrome complexa de dor regional tipo 1 (SCDR 1) em perna direita de mulher adulta, em que foi utilizado tecido de biocerâmica por um mês e procedimento com FES para documentação do efeito microcirculatório cutâneo, com imagem térmica infravermelha (IR) nos dois métodos. Os autores discutem o aumento da perfusão cutânea em razão da elevação da temperatura induzida pelos dois métodos diferentemente, bem como os mecanismos de analgesia.

**Unitermos:** Biomateriais, infravermelho longo, dor mantida pelo simpático, estimulação elétrica funcional (FES).

## REUMATOLOGIA

Brioschi ML, Yeng LT, Pastor EMH, Teixeira MJ. **Utilização da Imagem Infravermelha em Reumatologia.** Rev Bras Reumatol, v. 47, n.1, p. 42-51, jan/fev, 2007.

## RESUMO

A imagem infravermelha (IR) é um método diagnóstico inócuo e sem radiação iônica, capaz de quantificar objetivamente por imagem as reações inflamatórias locais do sistema musculoesquelético. Para o diagnóstico diferencial, a imagem IR deve ser analisada em conjunto com o exame clínico e outros exames complementares. A imagem IR quantita-

tiva e útil particularmente quando aplicada na monitoração do curso da atividade inflamatória e da terapia antiinflamatória local e sistêmica.

**Palavras-chave:** reumatologia, imagem infravermelha, raios infravermelhos.

Brioschi, Marcos Leal; Coelho, Marlos de Souza; Guimarães, Paulo de Souza Fonseca; et al. **Diagnóstico da costochondrite por termografia infravermelha computadorizada (TIC).** Arquivos de Medicina, v.2, n.1, (jan. 2001), p. 35-38.

A termografia infravermelha computadorizada (TIC) é uma modalidade relativamente nova de diagnóstico e tem recentemente ganho uma aceitação cada vez maior na comunidade médica. É uma técnica não invasiva, usada para converter a irradiação infravermelha emitida pela superfície exposta do paciente em impulsos elétricos visualizados em um monitor colorido. Este trabalho oferece uma alternativa moderna e efetiva do diagnóstico por imagem da costochondrite, pois diversos outros exames radiológicos têm sido correlacionados no diagnóstico desta patologia. Os autores relatam um caso de costochondrite correlacionando resultados anátomo-clínicos e termográficos, utilizando-se de um termovisor AGEMA 550 de alta resolução (320x240 pixels) com sensibilidade de até 0,1°C. Os autores observaram uma forma característica e peculiar da TIC no termovisor, correlacionando esta forma de apresentação com o acometimento patológico da costochondrite. Portanto, a termografia pode auxiliar no diagnóstico e no acompanhamento clínico desta patologia.

## MEDICINA LEGAL E FORENSE

Brioschi, Marcos Leal; Saito, Renata Terue. **Avanços no diagnóstico complementar da LER/DORT por termografia infravermelha computadorizada.** Arquivos de Medicina v.2, n.3, (jul. 2001), p. 107-112.

O diagnóstico das doenças por esforço repetitivo (LER/DORT) é muitas vezes. Em alguns casos, é necessário o uso de exames de ima-

gem como o ultrassom e a ressonância magnética. Cada vez mais literaturas científicas têm demonstrado o uso da Termografia Infravermelha Computadorizada (TIC) nas doenças ocupacionais. A TIC é um método não-invasivo que detecta a extensão de alterações funcionais, nervosas e vasculares em imagens térmicas de alta resolução. Os autores demonstram alguns casos de LER/DORT visualizadas com um termovisor AGEMA 550 (FLIR Co.)

Colman, Juliano; Mandalozzo, Silvana S.N.; Oliveira Jr., Constantino R. de. **A caracterização das lesões por esforço repetitivo (LER) e a consequente responsabilidade civil imputada ao empregador.** *Emancipação*, 7(2): 241-256, 2007.

## RESUMO

O presente trabalho aborda questões sobre acidentes de trabalho, especificamente as Lesões por Esforço Repetitivo, suas implicações sociais e a dificuldade da prova quanto à extensão e caracterização de tais lesões pelo perito. Nas Lesões por Esforço Repetitivo pode-se ressaltar a dificuldade de ser comprovada a sua incidência. A responsabilidade decorrente dos acidentes de trabalho produzida pela manifestação das Lesões por Esforço Repetitivo constitui-se em responsabilidade civil. Destaca-se o ônus que a Previdência Social sofre em virtude dos acidentes de trabalho. Analisa-se a possibilidade da simulação do empregado que ingressa no Judiciário pleiteando indenização nos casos em que a perícia constata uma seqüela decorrente da Lesão por Esforço Repetitivo sem a análise de um exame complementar objetivo. O uso da termografia infravermelha torna-se um diagnóstico complementar objetivo para a análise do perito. Desta forma, o magistrado deixaria de julgar baseado na análise subjetiva da dor conforme os laudos do perito e passaria para uma análise objetiva da dor na busca da justiça e pacificação social.

**Palavras chave:** acidente de trabalho, termografia, lesão por esforço repetitivo, responsabilidade civil.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Kaziyama, H.H.S.; Pastor, E.M.H.; Heupa, S.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. **Documentação médico-legal da síndrome fibromiálgica: índice termográfico.** *Revista Dor (São Paulo)*, v. 9, p. 1327-1344, 2008.

## RESUMO

O diagnóstico da síndrome fibromiálgica (SFM), caracterizada por dor crônica musculoesquelética difusa, distúrbio do sono, fadiga, humor depressivo ou ansiedade, é eminentemente clínico, mas exige avaliação cautelosa. Duzentos e vinte e seis pacientes com SFM juntamente com um grupo de 34 voluntários normais provenientes da Clínica de Dor da Divisão de Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) e dos consultórios particulares dos médicos examinadores, foram selecionados segundo os critérios do *American College of Rheumatology* (ACR) e avaliados posteriormente por termografia infravermelha (IR). Foi possível criar uma classificação conforme a distribuição térmica cutânea característica com base na inspeção visual dos termogramas obtidos de 7 diferentes regiões de interesse (ROI): ântero-superior (A), pósterio-superior (C), palmar (M), ântero-inferior (P), pósterio-inferior (G), lombar (L) e facial (F). O teste de regressão linear múltipla demonstrou que todas as ROI se relacionaram na avaliação das alterações térmicas. Cada ROI apresentou de 2 a 4 características típicas, conforme a disposição e extensão das alterações térmicas, que foram estruturadas na forma de um índice de pontuação por meio de regressão múltipla para prever a presença de SFM ( $R^2=0,94$ ). A imagem hiper-radiante “em manto” de forma completa ou não e paravertebral associada à hiporradiação de extremidades resultou na principal impressão termográfica para SFM. Houve diferença significativa do padrão de distribuição térmica cutânea entre pacientes com SFM segundo critérios da ACR e controles normais. Os pacientes foram classificados pela termografia IR de corpo inteiro e todos foram distinguidos dos pacientes normais por meio do índice. Tomando-se por base os critérios clínicos da ACR para síndrome fibromiálgica foi possível a

correlação clínica com imagem infravermelha e demonstração de um índice diagnóstico termográfico.

**Unitermos:** Fibromialgia, imagem infravermelha, raios infravermelhos.

Brioschi ML, Silva FMRM. **Documentação Termográfica em LER/DORT.** Dor é coisa séria, v. 5, p. 15-22, 2009.

## RESUMO

O nexa de causalidade entre as lesões desenvolvidas pelo acidentado no exercício do trabalho a serviço de sua empresa deve sempre levar em conta os critérios médico-legais topográfico, cronológico, quantitativo, de continuidade sintomática e de exclusão, bem como os recomendados pelo CFM. A termografia infravermelha é um método complementar previsto na AMB que pode auxiliar o perito na avaliação do trabalhador com síndrome dolorosa.

Brioschi ML, Cherem AJ, Ruiz RC, Sardá Júnior JJ, Silva FMRM. O uso da termografia infravermelha na avaliação do retorno ao trabalho em programa de reabilitação ampliado (PRA). ACTA FISIATR 2009; 16(2): 87-92.

## RESUMO

Em certas ocasiões, mesmo com tratamento corretamente instituído em pacientes com lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (LER/DORT), depara-se com situações de difícil julgamento quanto ao retorno ao trabalho. Muitas vezes por uma queixa persistente de não melhora dos sintomas ou quando associado a outras comorbidades, como síndrome fibromiálgica. O objetivo deste estudo foi comparar os padrões térmicos encontrados com a avaliação pericial de retorno ao trabalho de pacientes acometidos por LER/DORT, por meio de avaliação clínica e termográfica duplo-cega. Foram avaliados 128 pacientes, acometidos por LER/DORT de uma empresa do setor da agroindústria-frigorífico, onde um

grupo de 62 pacientes foi selecionado para perícia quanto ao retorno ao trabalho. Destes, 3,2% tiveram retorno imediato ao trabalho, 77,4% afastamento por 60 dias, 6,4%, afastamento por 6 meses e 12,9% aposentadoria por invalidez. As alterações térmicas tiveram direta correlação com a classificação de retorno às atividades realizadas pelos peritos, segundo critérios de número de lesões, natureza etiológica, diferencial térmico e índice termográfico para síndrome fibromiálgica. A termometria cutânea por termografia infravermelha demonstrou-se como método complementar útil e objetivo no apoio a avaliação pericial para definição de capacidade ou incapacidade para o trabalho.

**Palavras-Chave:** lesões por esforços repetitivos, distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, reabilitação, termografia

## CLÍNICA MÉDICA

Brioschi, Marcos Leal; Colman, Daniel; Graf, Hans et al. **Benefícios da imagem digital térmica infravermelha no diagnóstico dos nódulos de tireóide.** Separata da Revista Arquivos de Medicina, v. 1, n. 3, p. 161-165, 2000.

## RESUMO

A tireoidectomia constitui um desafio clínico-cirúrgico. A literatura americana tem registrado uma incidência de 0,1% ao ano de casos de nódulos de tireóide. A cintilografia pode ser indeterminada em 10% dos casos. A ultra-sonografia não diferencia confiantemente as lesões benignas das malignas. Na punção aspirativa por agulha fina em cerca de 15% a 27% das vezes aspira-se uma quantidade suficiente de células o que torna o exame não diagnóstico, suspeito ou insatisfatório. Na imagem digital térmica devido ao amplo espectro do infravermelho, ela fornece cinco vezes mais informações que o espectro da luz visível o que torna um exame altamente sensível. A tireóide normal não aparece no termograma. É um órgão simétrico, suficientemente superficial o qual, através da pele, emite calor facilmente detectável quando em hipermetabolismo de nódulos ou toda a glândula. Os autores propõem

a utilização da imagem digital infravermelha como método complementar na avaliação dos nódulos de tireóide.

Brioschi ML, Brioschi EFC. **Diagnóstico dos distúrbios inflamatórios sistêmicos por imagem infravermelha.** Revista de Oxidologia, v. 2, p. 42-45, 2009.

## RESUMO

A termografia infravermelha é uma ferramenta de pesquisa e diagnóstico de síndromes inflamatórias relacionadas ao estresse oxidativo e metabolismo; regulação hormonal e de neurotransmissores; digestão, absorção e integridade da barreira intestinal; suporte imunológico; integridade estrutural do indivíduo; destoxificação e biotransformação hepática; processo inflamatório e equilíbrio psicológico e emocional. Útil na identificação precoce de doenças, documentação diagnóstica e terapêutica, indicação de tratamentos e avaliação prognóstica a termografia infravermelha é imperativa no estudo da saúde e desequilíbrios bioquímicos.

**Palavras-chaves:** Termografia, imagem infravermelha, desequilíbrio bioquímico

## CIRURGIA

Brioschi, Marcos Leal; Colman, Daniel; Mantovani, Mário et al. **Determinação da perda de calor central por exposição da cavidade abdominal em ratos.** Arquivos de Medicina v.1, n.1, (jan. 2000), p. 25-31.

A hipotermia é um fenômeno comum observado em cirurgia, principalmente quando a cavidade corpórea é exposta. Este estudo tem como objetivo avaliar a perda de calor em ratos submetidos a exposição da cavidade abdominal e verificar a relação da perda entre a superfície não peritoneal Snp e a superfície (Sn,i) nestes animais. Foram utilizados 18 ratos, linhagem Wistar, pesando 0,247±0,054 kg, divididos em três grupos: I) sem exposição; II) exposição mínima,

submetidos a laparotomia mediana xifopúbica e III) exposição máxima, submetidos a laparotomia xifopúbica com o máximo de alças intestinais expostas. A perda total de calor foi 0,95 ± 0,34 W, 1,53 ± 0,25 W, 2,73±0,74 W respectivamente para os grupos I, II e III ( $p < 0,001$ , razão=1 : 1,6:2,8). A perda de calor da (Snp) entre os grupos não foi significativamente diferente: 30,19±3,52 W/m<sup>2</sup>; 36,29 ± 1,24 W/m<sup>2</sup> e 31,61±5,14 W/m<sup>2</sup>, respectivamente para os grupos I, II e III. O mesmo ocorreu em relação a perda de calor da Sp,i : 446±189 W/m<sup>2</sup> e 374 ± 109 W/m<sup>2</sup> para os grupos I e III, respectivamente. Concluiu-se que a exposição da cavidade abdominal resulta em hipotermia proporcional à superfície exposta, sendo que a relação da perda entre a superfície não peritoneal (Snp) e a peritoneal (Sp,i) foi 1:13.

Brioschi M L, Colman D, Machuca T N, Loures DRR. **Termo-coronário-angiografia: padronização do método e primeiras aplicações clínicas no Brasil.** Rev Bras Cir Cardiovasc 2002; 17(2): 123-127.

## RESUMO

Os autores descrevem a experiência com a implantação da metodologia da termo-coronário-angiografia (TCA) nos Serviços de Cirurgia Cardiovascular do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná e Hospital Evangélico de Curitiba. Consiste em um método que permite avaliar o fluxo coronariano à distância e de maneira totalmente não-invasiva, durante a operação de revascularização miocárdica. A TCA possibilitou uma avaliação pré e pós-enxerto, com a visualização e documentação da área isquêmica na parede do miocárdio, a verificação e documentação da patência do enxerto e da anastomose, incluindo estenoses e a análise da perfusão miocárdica através dos ramos colaterais estabelecidos. A TCA é de grande auxílio para aumentar a taxa de sucesso cirúrgico e a qualidade de final de atendimento ao paciente coronariopatia. Em virtude de suas inúmeras vantagens, é forte candidata a se tornar ferramenta indispensável para uma revascularização miocárdica segura. Além disso, com um sistema de TCA instalado

(permanentemente) na sala de operação cardíaca, os benefícios deste método podem ser estendidos a outros procedimentos cirúrgicos sobre o coração.

**Descritores:** Revascularização miocárdica, métodos. Procedimentos cirúrgicos cardíacos, métodos.

Brioschi, Marcos Leal ; Nakagawa, Cristiano Roberto; Colman, Daniel et al. **Avaliação intraoperatória da revascularização cardíaca por angiografia térmica coronária: estudo preliminar.** Separata da Revista Arquivos de Medicina, v. 1, n. 2, p. 95-98, 2000.

## RESUMO

O Brasil detém uma das maiores taxas de mortalidade por doenças cardíacas no mundo, alcançando 34% dos óbitos, 1/3 destes por doenças coronariana. Nos casos de oclusão das coronárias, uma das soluções mais utilizadas é a revascularização cirúrgica por ponte de safena ou mamária. As anastomoses inadequadas ou insuficientes, podem resultar em nova cirurgia ou quando não leva o paciente a óbito por infarto. Estudo de MORH (1989) e FALK (1995) usando a Angiografia Térmica Coronariana (ATC) na avaliação dos enxertos determinou duas situações: a necessidade de mudança intraoperatória da conduta em 16% dos casos e detectou a presença de 5% de defeitos na anastomose. O objetivo deste estudo é, verificar a viabilidade da Angiografia Térmica Coronariana (ATC) na avaliação da perfusão coronariana em um estudo preliminar em cão. O método utilizado na ATC, consiste em criar diferenças de temperatura entre o miocárdio e a artéria coronária. Isso foi conseguido injetando-se a solução fisiológica fria e aquecida no ventrículo esquerdo do cão. As diferenças de temperatura resultantes desenharam o percurso do líquido que foi detectado por um Termovisor AGEMA 550. Foi possível obter-se imagens muito adequadas para a avaliação da perfusão cardíaca. Os resultados esperados são o aumento na taxa de sucesso cirúrgico e na qualidade final do atendimento ao paciente, implementando-se as técnicas operatórias e diminuindo significativamente as reintervenções e óbitos.

MALAFAIA O, BRIOSCHI ML, AOKI SMS, DIAS FG, GUGELMIN BS, AOKI MS, AOKI YS. **Contribuição da imagem infravermelha para detecção da isquemia intestinal na cicatrização das feridas.** Acta Cirúrgica Brasileira, v. 23, p. 511-519, 2008.

## RESUMO

**OBJETIVO:** Estudar as variações térmicas obtidas por meio da imagem infravermelha em ratos, e avaliar sua correlação com o tempo de isquemia intestinal e os achados histopatológicos. **MÉTODOS:** Trinta ratos Wistar foram operados após distribuição em cinco grupos com diferentes tempos de isquemia. Os termogramas foram obtidos utilizando-se uma câmera infravermelha. A técnica operatória foi padronizada para todos os grupos, abertura da cavidade abdominal por uma incisão na linha média de 5 cm de comprimento com secção de todos os planos da parede abdominal e exposição da cavidade e as alças intestinais exteriorizadas. No grupo I (controle) foi feito apenas laparotomia sem ligadura da artéria mesentérica superior. Depois de realizado o primeiro termograma, foi fechada a incisão com sutura contínua. Em cada rato dos grupos II, III, IV e V a artéria mesentérica superior foi localizada em sua origem na aorta abdominal, dissecada com e ocluída por um microclampe vascular submetendo o intestino à isquemia em tempos variáveis. **RESULTADOS:** Os ratos submetidos à isquemia de 30 minutos apresentaram hiperemia reativa, diferencial térmico de 1,8°C e exame anatomopatológico normal. A isquemia de 1 hora produziu hiperemia reativa com áreas de isquemia, diferencial térmico de 1,0°C e lesões na ponta das vilosidades. Já a de 90 minutos não demonstrou hiperemia reativa com grandes áreas de isquemia, diferencial térmico de -1,0°C e lesão no terço superior das vilosidades. A isquemia de 2 horas mostrou isquemia grave, diferencial térmico de -2,0°C e lesão em toda a extensão das vilosidades. **CONCLUSÃO:** Foi possível estudar as variações térmicas por meio da imagem infravermelha em ratos, que mostrou haver correlação entre a resposta térmica dos termogramas, o tempo de isquemia e achados histopatológicos.

**Descritores:** Espectrofotometria Infravermelho. Sobrevivência de Tecidos. Isquemia. Cicatrização de Feridas. Ratos.

Ribeiro HDW, Da Silva GAP, Brioschi ML, Nascimento AJ, Biondo-Simoes MLP, Matias JEF. **Termografia infravermelha em tempo real como método de avaliação da viabilidade do baço em modelo de esplenectomia parcial em porcos.** Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias (Impresso), v. 36, p. 438-441, 2009.

**OBJETIVO:** Determinar se a termografia infravermelha é capaz de detectar com precisão a perda de perfusão tecidual em áreas de parênquima esplênico. **MÉTODOS:** Cinco porcos Landrace pesando entre 12 a 15 kg, após medicação pré-anestésica intramuscular e anestesia por infusão endovenosa, foram submetidos a quatro etapas de ligaduras sequenciais, dos vasos arteriais para o pólo inferior do baço: 1-vasos do ligamento esplênico; 2-ramo da artéria esplênica para o pólo inferior; 3-ramo arterial para o pólo inferior na face visceral do órgão; 4-parênquima esplênico dividindo o órgão. As imagens foram captadas por câmera Therma CAM SC500 instalada a 50 centímetros da superfície do órgão. As temperaturas foram medidas na região proximal (vascularizada) e na região distal (isquêmica), em três áreas circulares distintas de cada região através do software SAT Report, antes e após cada etapa de ligaduras, constituindo cinco grupos de medidas: tempo 0 = antes da etapa 1; tempo 1 = após etapa 1; tempo 2 = após etapa 2; tempo 3 = após etapa 3; tempo 4 = após etapa 4. **RESULTADOS:** Houve manutenção da temperatura da região proximal (vascularização preservada) durante todos os tempos de desvascularização. A temperatura da região distal (desvascularizada) iniciou queda a partir da primeira ligadura e tornou-se estatisticamente menor que a da região proximal a partir da ligadura 3 (Etapa 3). Houve diferença estatisticamente significativa entre as temperaturas proximais e distais do órgão na medida em que foram sendo realizadas as ligaduras vasculares. **CONCLUSÃO:** A termografia infravermelha foi capaz de distinguir com precisão áreas de parênquima esplênico com vascularização preservada de áreas isquêmicas e pode contribuir para a avaliação da viabilidade de órgãos sólidos.

Matias, J.E.F.; Morais, F.A.; Kato, D.M.P.; Koziak, V.; Brioschi, M.L.; Tambara, E.M.; Agulham, M.A.; Coelho, J.C.U. **Prevenção de isquemia hepática normotérmica durante perfusão hepática *in situ* com três diferentes soluções de preservação: análise experimental através de termografia por radiação infravermelha em tempo real** Rev. Col. Bras. Cir., Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, jun. 2010.

## RESUMO

**OBJETIVO:** Determinar a aplicabilidade da termografia por radiação infravermelha no monitoramento da perfusão hepática *in situ* com diferentes soluções de preservação. **MÉTODOS:** 24 ratos Wistar machos adultos, foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos de seis animais: grupo EC; grupo CUST; grupo CEL e grupo RL. Todas as soluções estavam resfriadas à exatamente 4°C e posicionadas 20 cm acima do nível do fígado. As imagens infravermelhas, com as respectivas avaliações de temperatura da superfície hepática, foram captadas em tempo real : imediatamente após a laparotomia; após a canulação dos vasos e imediatamente antes da infusão; a cada minuto cronometrado após início da infusão até o quinto minuto de infusão. As médias de temperaturas de cada momento foram comparadas intra e inter-grupos através do teste da Diferença entre médias de distribuição normal, com nível de significância p 0,05. **RESULTADOS:** Houve diferença entre as temperaturas do momento da laparotomia e imediatamente após a canulação; entre este último e após o primeiro minuto de perfusão; e entre as medidas ao final do primeiro e do quinto minutos de perfusão em todos os grupos. O grupo CEL mostrou diferença significativa adicional entre as temperaturas medidas ao final do primeiro e do segundo minutos. **CONCLUSÃO:** Foi possível avaliar o resfriamento hepático durante a perfusão das soluções de preservação utilizando-se a radiação infravermelha. As soluções tiveram comportamento semelhante entre si, com a solução Celsior® mostrando potencial adicional de resfriamento significativo até ao final do segundo minuto.

**Descritores:** Isquemia/reperfusão. Radiação infravermelha. Preservação hepática.

## ANESTESIOLOGIA

Brioschi, Marcos Leal; Colman, Daniel; Vargas, José Viriato Coelho et al. **Determinação da taxa de transferência de calor do compartimento central em ratos submetidos ao aumento da pressão intra-abdominal.** Arquivos de Medicina v.1, n.2, (abr. 2000), p. 71-76.

A perda de calor levando à hipotermia e hipertensão infra-abdominal são eventos comuns na Cirurgia do Trauma. Os efeitos no aumento da pressão intra-abdominal podem estar superpostos com múltiplos eventos em pacientes individuais. O objetivo desta publicação é avaliar as taxas de transferência de calor em ratos submetidos a diferentes graus de hipertensão intra-abdominal. Vinte ratos Wistar machos, pesando (0,272 + ou - 0,064 kg) foram divididos em 4 grupos com diferentes graus de hipertensão intra-abdominal por pneumoperitônio: 1) controle, 2) 15 mmHg, 3) 30 mmHg e 4) 50 mmHg por 57 minutos. Seguiu-se a descompressão imediata e mensuração dos parâmetros termodinâmicos por mais 45 minutos. As temperaturas foram medidas por um termistor de lata precisão, no esôfago. As taxas de transferência de calor perdido foram: 0,57+ou-0,16 W; 0,52+ou-0,21W; 1,24+ou-0,21W e 2,06 +ou-0,44 W, respectivamente entre os grupos I, II, III, IV ( $p \gg 0,001$ ; razão = 1: 2,1: 3,1: 3,6) (ANOVA). A taxa de transferência de calor perdido durante a descompressão não foi diferente: 0,16+ou-0,18W; 0,44+ou-0,20 W; 0,17+ou-0,06 W e 0,33+ou-0,14 W, respectivamente para os grupos I, II, III, IV ( $p \gg 0,05$ ) (ANOVA). Conclui-se que o aumento da pressão intra-abdominal causa hipotermia. Após a descompressão, a temperatura se estabiliza.

Colman D, Melo MCBF, Brioschi ML, Silveira F. **Análise da redistribuição de calor com agentes inalatórios, em ratos submetidos a laparotomia e pneumoperitônio, através da termografia infravermelha.** Rev. Bras. Anesthesiol. 2002; 52:3:307-315.

## RESUMO

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:** A Anestesiologia envolve o manuseio de situações inerentes ao ato anestésico e operatório que cursam com o desequilíbrio da homeostase térmica do paciente, ocasionando efeitos fisiológicos deletérios. O presente estudo objetiva qualificar e quantificar os fenômenos de redistribuição térmica em ratos submetidos à anestesia inalatória, durante a indução, e em situações cirúrgicas de laparotomia e pneumoperitônio. **MÉTODO:** Foram utilizados 90 ratos, que foram submetidos à anestesia inalatória, distribuídos em três grupos, em que foram utilizados: halotano, isoflurano e sevoflurano. Em cada grupo houve divisão em outros três sub-grupos: I - controle, II - laparotomia mediana com exposição de alças intestinais; III - pneumoperitônio de 15 mmHg. A análise termodinâmica realizou-se de duas formas: através da temperatura central esofágica e da imagem digital térmica infravermelha. **RESULTADOS:** Não houve diferença significativa em relação aos anestésicos inalatórios entre os grupos I e II em relação a perda de calor. Em relação ao grupo III, houve diferença entre o isoflurano e o sevoflurano, sendo o isoflurano o anestésico responsável pela maior perda de temperatura no animal. **CONCLUSÕES:** O sevoflurano foi o agente anestésico inalatório que determinou menor perda de calor frente ao pneumoperitônio, em relação ao isoflurano e halotano.

**Unitermos:** ANESTÉSICOS, Volátil: halotano, isoflurano, sevoflurano; ANIMAL: rato; HIPOTERMIA; TÉCNICAS DE MEDIÇÃO: termografia infravermelha

Colman D, Brioschi ML, Tambara EM, Melo MCBF, Blume LP - **Análise macroscópica infra-vermelha da difusão do óxido nitroso via inalatória para a cavidade abdominal, em ratos submetidos a pneumoperitônio.** Rev Bras Anesthesiol 2004; 54: 2: 218-228.

## RESUMO

**Justificativa e Objetivos:** O óxido nitroso ( $N_2O$ ), por ser uma estrutura tri-atômica assimétrica, assume características de alta emissão e absorção de energia no espectro infra-vermelho, com um pico característico de absorção em  $4,5 \mu m$ , o que o torna visível ao infra-vermelho curto, quando contrastado com uma fonte emissora de calor (anteparo quente). Diversos autores têm descrito a difusão do  $N_2O$  para cavidades fechadas por métodos como cromatografia gasosa e analisador de gases, que não permitem um estudo macroscópico detalhado do gás. O presente estudo teve como objetivo a filmagem macroscópica no espectro infra-vermelho da difusão de  $N_2O$ , utilizando em anestesia inalatória, para a cavidade peritoneal de ratos submetidos a pneumoperitônio de 20 mmHg com ar ambiente. **Método:** Dividiram-se os animais em três grupos, de acordo com o anestésico utilizado: I - controle venoso: tiopental intra-peritoneal; II - controle inalatório: isoflurano a 1,2% em  $O_2$  100%; III - óxido nitroso:  $N_2O$  66% em oxigênio e isoflurano a 0,6%. Os termogramas provenientes da descompressão abdominal foram obtidos, por meio de um radiômetro AGEMA 550 filmados a 7 quadros por segundo. **Resultados:** O  $N_2O$  demonstrou-se visível ao infra-vermelho. No momento da descompressão abdominal, não houve nos grupos I e II termogramas com rastros de gases visíveis ao infra-vermelho. Houve, porém, rastros de gases visíveis ao infra-vermelho no grupo III. **Conclusões:** Conclui-se que o óxido nitroso inalatório a 66% difundiu-se para a cavidade peritoneal de ratos submetidos a pneumoperitônio de 20 mmHg com ar ambiente, sem aumento de pressão intra-abdominal.

**Unitermos:** ANESTÉSICOS, Gasoso: óxido nitroso; ANIMAL: rato; TÉCNICAS DE MEDIÇÃO: imagem infra-vermelha

## VASCULAR

Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vasc Br. 2003;2(2):151-60.

## RESUMO

O artigo trata da utilização de um novo método diagnóstico na avaliação objetiva do grau de alterações funcionais dos pacientes com doenças vasculares. Conhecido como termometria cutânea infravermelha de alta sensibilidade, o exame não exige contato físico com o paciente, é não invasivo e não requer contraste. Os autores descrevem o método de exame, o aparato necessário e os parâmetros de avaliação qualitativa e quantitativa. Os resultados do exame possibilitam determinar o funcionamento do sistema vascular e, além disso, do sistema nervoso, do sistema músculo-esquelético, de processos inflamatórios e das condições dermatológicas, endócrinas e oncológicas. O exame permite avaliar o prognóstico clínico e, conseqüentemente, resolver mais objetivamente as questões médicas.

**Palavras-Chaves:** diagnóstico, termografia, doenças vasculares.

Brioschi ML, Mehl A, Oliveira AGN, Freitas MAS, Macedo JF, Matias JEF, Macedo RAC. Exame de termometria cutânea infravermelha na avaliação do pé diabético. Rev. Méd. Paraná. 65(1):33-41, jan.-jun. 2007.

## RESUMO

Nos últimos anos houve grande avanço na fisiopatologia do pé diabético. A melhor compreensão da disfunção da microcirculação cutânea permitiu o emprego da técnica de mensuração térmica por imagem infravermelha de alta resolução. As imagens fornecem avaliação da microcirculação auxiliando no diagnóstico e monitorização terapêutica da neuropatia micro e macroangiopatia diabética. Assim como, na avaliação quanto ao risco de ulceração e nível de amputação. Com o avanço nos exames funcionais a tendência é que cada vez mais o

estudo por imagem térmica possa auxiliar na compreensão e avaliação desta enfermidade. (AU)

**Palavras-chave:** Imagem infravermelha. Pé diabético. Microcirculação.

Brioschi ML, Colman D, Sanches IJ, Adratt E, Carstens AMG, Loureiro EPS. **Implementação de monitoração da resposta fisiológica ao estresse por termografia infravermelha em atividades profissionais de risco de acidentes.** Projeto CNPq 555435/2010-5.

## RESUMO

Tanto prolongados períodos de elevado controle em situações monótonas que diminuem o estado de vigília quanto situações extremamente agitadas, desencadeiam estresse colocando em risco vida de pessoas devida compulsão do controlador em manter serviço seguro sem falhas. Situação comum em motoristas, pilotos, controladores de vôos, operadores de maquinários complexos que exigem demasiada atenção e prudência para tomada de decisões rápidas e corretas. A termografia infravermelha detecta sinais térmicos emitidos de artérias superficiais da face, como supra-orbital e temporal superficial. A temperatura destes vasos é modulada por fluxo sanguíneo pulsante. Esta também registra a temperatura nasal e conseqüentemente quantifica o fluxo de ar, i.e., frequência respiratória. Assim o uso da teletermografia pode ser método adjunto na detecção à distância sem contato da atividade vasomotora, frequência cardíaca e respiratória. Pessoas com diferentes graus de resposta ao estresse apresentam alterações vasomotoras cutânea, frequência cardíaca e respiratória incontroláveis diretamente relacionadas ao rápido aumento de corticosteróides secretados pelas supra-renais em situações ameaçadoras. Portanto a teletermografia pode contribuir na detecção de estados alterados relacionados à resposta ao estresse. Uma vez implantado o sistema no painel de carros, aviões ou centrais de controle de tráfego aéreo é possível tomar medidas que diminuam acidentes de trânsito rodoviário, aéreo ou de maquinários identificando-se fatores estressores e sinalizando

ao controlador situação de risco. A temperatura corporal é resultante de fenômeno biológico complexo. Os seres humanos são homeotérmicos; irradiam calor, que é perdido para o ambiente para controlar sua temperatura interna. A interface entre produção de calor e ambiente é a pele. Este órgão dinâmico esta constantemente ajustando equilíbrio entre demanda fisiológica do corpo e condições ambientais externas. O ambiente no qual o indivíduo está sendo examinado pode afetar a temperatura da pele. Por este motivo, a mensuração simplesmente de valores da temperatura não é medida segura sendo que em diferentes condições ambientais e horários (efeito do ciclo circadiano no metabolismo) este valor assume variação importante na sensibilidade e especificidade. Atualmente os estudos referentes não têm registrado a temperatura ambiente em que foram tomadas estas medidas. O objetivo deste projeto consiste em desenvolver, implementar, operacionalizar sistema para identificação de resposta alterada ao estresse por meio de teletermografia em locais de risco de acidentes, centrais de controle aéreo, automóveis, com rede de tecnologia de informática que permita notificação ao controlador e autoridade específica. Será necessário criar um sistema computacional de avaliação termográfica (produto) que leve em consideração temperatura e umidade local, corrigindo o valor por método de temperatura adimensional. Será utilizado, contrapartida, detector infravermelho FPA microbolômetro resfriado, 320x240 pixels, sensibilidade 0,08°C com precisão de  $\pm 2\%$  que indicará temperatura adimensional corrigida. Espera-se como resultado, um sistema confiável de prevenção com alta sensibilidade e especificidade no rastreamento de casos de estresse em qualquer ambiente. A expectativa é de método rápido, sem contato, sem radiação, confiável de detectar alterações fisiológicas por temperatura corporal em grupos de risco de acidentes, como controladores de vôos, motoristas, pilotos. O impacto deste projeto está em criar produto/processo que ajudará prevenir acidentes inclusive fatais, ocasionados por estresse, com excelente custo-benefício.

**Palavras-chaves:** Imagem térmica, variáveis fisiológicas, medida de estresse, mensuração fisiológica sem contato, pulso cardíaco, frequência respiratória, avaliação remota.



# **MEDICAL THERMOGRAPHY TEXTBOOK: PRINCIPLES AND APPLICATIONS**

**(BASED ON INTERNATIONAL CONSENSUS AND  
GUIDELINES FOR MEDICAL THERMOGRAPHY)**



## PREFACE

**“Teach others”**  
***Prof. Edward Francis John Ring***

*If I have seen further than other men it is because  
I have stood on the shoulders of giants.*

**Sir Isaac Newton**

The same way that **Sir Isaac Newton** referred the giants **Galileu Galilei** and **Kepler**, the Brazilian Thermology Society proud reverence its memorable intellectual tutor **Prof. Edward Francis John Ring**. On the first time that he was in Brazil on October, 1999, at Sao Paulo capital, with Prof Kurt Ammer (Austria), as instructors of **III International Course about Pain and Thermography**, he received illustrious homage of Prof. Dr. Antônio Carlos de Camargo Andrade Filho, one of the pioneers of pain thermography at our country.

The first Brazilian thermography laboratory was baptized with the name of the distinguished **prof Francis Ring** during its official inauguration into the Rehabilitation Medicine Division of São Paulo University Hospital – School of Medicine (DMR-HCFMUSP).

Soon in the opening seminar the subject that involved and fascinated all was: “The importance of thermography for Brazil”. This was the landmark to stimulate the following medical thermology history of our coun-

try that culminates in this textbook with the contribution of national papers, thesis and researches, also the actual international literature.

The modern high resolution and sensitivity infrared thermography that we deal in this book came from the man observation of temperature and diseases association since the beginning of the centuries. The history of Medicine shows that hundred years ago shamans, healers and the first doctors knew the manifestation of fever syndrome, it's not so much time that temperature measurement became obligatory at hospitals and clinics. And all of this thanks to a German military doctor, **Carl Reinhold August Wunderlich**.

The human being temperature is a vital sign that usually is measured at only one site (axillary, tympanic, oral, rectal, esophagic) but it can be done with numerous points, as thermography, to monitor the body thermoregulation and related diseases. The last one, thermography, provides complex and ample results for the diagnosis of diverse diseases due the innumerable data registered and analyzed at real time. Therefore it maps all the superficial thermal distribution and monitor the vasomotor activity of the neuroimmune and vascular biological events. The classics Physiology, Immunology and Medical Pathology's textbooks are copious of descriptions of these biological actions in the most diseases. However, in the clinical practice many times unnoticed does its inadequate detection and diagnostic interpretation.

This textbook is resulted of the **first International Consensus and Guidelines of Medical Thermography (ICGMT2010)**, on October, 2010, at Fortaleza, Brazil. The aim of this meeting textbook was recover the physiopathologic concepts related to human vasomotor activity and also to legitimate the medical thermography indications in the current times. This meeting was organized by **the International Work Group for Medical Thermography (IWGMT)** during the **Brazilian Congress of Pain, 2010, the annual meeting of the Brazilian chapter of International Association for the Study of Pain (IASP)**.

The IWGMT, that count as honor president the respectable Dr Francis Ring, pioneer of Medical Thermography, is an international non-commercial organization formed to the advance of complementary

diagnosis with thermography and also to amplify the communication and contribution between medical professionals involved with thermography with those in the position to defend health politics and to provide funds to this. The IWGMT will be a great global network formed by delegates from different countries and scientific thermology's societies.

One of the aims of IWGMT is to develop guidelines to improve the quality and cost-benefit of medical thermography applications to human health, based on scientific principles and qualified expert's advices and kind proposals. The principles defined during the Consensus will be implemented throughout the years for the whole world and will be adapted by the local regulations, taking in thought the socio-economic diversities and access to the health system of each country.

This **1<sup>st</sup> International Consensus and Guidelines for Medical Thermography (ICGMT2010)**, and also **1<sup>o</sup> Symposium of the International Working Group for Medical Thermography (IWGMT)** and **1<sup>st</sup> Clinic Thermology and Thermography Post-Graduation Meeting of São Paulo University Hospital - School of Medicine (HCFMUSP)** counted as honor president the titular of Neurosurgery of the Sao Paulo University, Prof. Manoel Jacobsen Teixeira, and his illustrious invited speakers: Prof. Ho-Yeol Zhang (Korea), Dr. Robert Glenn Schwartz (USA), Prof. Hisashi Usuki (Japan), Dra. Kamayni Agarwal-Kozlowiski (Germany), Prof. Dr. Francisco M. Roberto Moraes Silva (Brazil) President of Brazilian Academy of Legal Medicine, Prof. Dr. Jorge Eduardo Fouto Matias (Post-Graduation Surgery Department, Parana University, Brazil), Prof. Dr. Antonio Carlos de Camargo Filho, Prof. Dr. Lin Tchia Yeng (Brazilian Society for the Study of Pain) and Prof. Dr. Severino Alves Junior (Brazilian Academy of Sciences) and the Prof. Antonio Carlos de Camargo Filho (Brazil).

The International Consensus (ICGMT) will be annually revisited by a group of experienced doctors who collectively work with thermography and that have published papers on this subject. This council will implement thermography protocols and technological information according to thermophysiology fundamentals, increasing its scien-

tific value, practice diagnosis, monitoring and establish prognosis with success into the field of neuromuscular, breast diseases, vascular impairments and others. Through the time, this Consensus will involve diverse specialties and medical subspecialties inevitably: Pain Management, Neurology, Orthopedic Surgery, Rheumatology, Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Oncology, Endocrinology, Dermatology, Angiology, Mastology, Pediatrics, Medical Emergency, Anesthesiology, Neurosurgery, General Surgery, Cardiac and Vascular Surgery, Plastic Surgery, Thoracic Surgery, Legal and Forensic Medicine, Acupuncture and others.

This textbook homage's all the doctors who dedicate efforts to care their patients using fundamentals of semiology and clinical thermology in the tireless search of diagnostic answers.

**Prof. Dr. Marcos Leal Brioschi**  
President of IWGMT/ICGMT2010

## FUNDAMENTALS OF MEDICAL THERMOLOGY

### Core temperature

The human body is a thermal system, a living heating and cooling systems which is very effective at staying healthy with radiant transfer. As the thermal interface between body core and the ambient air, skin is a vital organ to the thermoregulatory surface. As well core temperature, skin heat is an important physiological parameter that must be monitored.

Thermoregulation is the control of body temperature. Body temperature is kept constant in a very small range despite large differences in temperature of one's environment and level of physical activity. Strict regulation of body temperature is necessary for optimal biochemical process of hundreds of enzymatic reactions.

In the hypothalamus, the preoptic area receives information about the relative loss or gain of heat within the body via the afferent pathways. Gradients are sensed deviations between the set point level and levels of body temperature. When the hypothalamus senses these gradients, it sends signals through efferent control centers to initiate warming or cooling responses to correct the deviations and keep heat.

As the hypothalamus senses heat loss the first autonomic response is vasoconstriction. Constricted blood vessels shunt blood away from superficial capillary beds, decreasing heat loss from the body surface. Vasoconstriction has the benefit of conserving heat without expending

energy. It also ensures that blood flow to the major body organs, including the brain, heart, and lungs, is enhanced.

If the body becomes overly warm, the compensatory mechanisms are opposite those that occur when it's cold. At first, blood vessels dilate, which increases blood flow to the skin surface, promoting heat loss through radiation.

The body maintains a core temperature within a fairly narrow set point range. Normal body temperature in humans is 37°C. Stability and circadian variation in core body temperature are homeostatic responses that have been well documented for many decades. The temperature of the body's core, as well as that of the head, must be kept constant as to ensure the unrestricted functioning of the inner organs and the brain. Arms and legs and legs exhibit a variation of temperature. The axial symmetry of temperature distribution has simple anatomic reasons, while the radial decrease of temperature values represents the flow of energy from their source through the body's surface into the ambient space.

As well fever and infection can lead to increase in heat production opposite several endocrine disorders can lead to a decrease, including hypothyroidism, hypopituitarism, and hypoadrenalism. Malnutrition, hypoglycemia, and diabetic ketoacidosis have also been associated with hypothermia. Injury to the central nervous system, particularly from trauma, can cause a dysfunction of the thermoregulatory system. In addition to trauma, metabolic diseases such as diabetes can impair thermoregulation, and also hypovolemic, cardiogenic and hypoxic shock. Anorexia nervosa has also been shown to influence the ability of the hypothalamus to regulate temperature.

### **Skin temperature (shell)**

Furthermore, circulatory redistribution of heat by vasomotor activity, as previously discussed, also influences regional temperature measurements at skin. Not only central temperature is important for disease diagnosis but also the skin thermal measurement and its distribution.

The physiology and anatomy of the vascular supply to the skin produces a certain temperature pattern that may be within certain limits that are considered normal. Yet humans show strong deviations from this ideal pattern. Such deviations may have underlying chronic illness correlations. For example, middle ear infections in neonates often present as a unilateral complaint. That is one side of the head and face produces a pattern of local area temperature increases such as reddening of that side of the face, whilst the other side remains normal.

The body's thermoregulation ability is also controlled through the autonomic nervous system and its neurological innervations. It is a circuitous pathway and may be simply described as follows: information flows from skin to afferent (sensory) nerves to the spinal cord then becomes organ input and then (depending on the health status of the organ) organ information is relayed back to the spinal cord and then to efferent nerves connecting to the skin. Due to reasons lying in the embryonic evolution of humans, all nerves leaving the spine between two specific intervertebral disks innervate a horizontal slice of the body. Moreover, some innervated areas are arranged in a vertical direction. The main consequence of this segmentation is that different nerves running to or coming from areas in one and the same segment can interact in the spinal cord. An impulse sent by an inner organ can induce an impulse connected to a specific part of the skin. This phenomenon is termed the visceral-cutaneous reflex system or reflex arc.

Impulses coming from organs glands and tissues alter various properties of the skin, like the temperature, perspiration, the mechanical tonus and sensitivity. Consequently, pathological changes of an inner organ can locally influence the metabolism, temperature and other properties of the skin via this reflex arc. This phenomenon forms an important physiological basis of infrared imaging.

In 1994 Anbar described an important biochemical and immunological cascade, in which small tumors were capable of producing notable temperature changes. This phenomenon is partially induced

by nitric oxide (NO) which is responsible for vasodilatation. NO is synthesized by nitric oxide synthase (NOS), found both as a constitutive form of NOS, especially in endothelial cells, and as an inducible form of NOS, especially in macrophages (Rodenberg, D.A., Chaet, M.S., Bass, R.C.). NOS has been demonstrated in breast carcinoma using tissue immunohistochemistry, and is associated with a high tumor grade (Thomsen, L.L., Miles, D.W., Happerfield, L.). Nitric oxide is a molecule with potent vasodilating properties. It is a simple highly reactive free radical that readily oxidizes to form nitrite or nitrate ions. It diffuses easily through both hydrophilic and hydrophobic media. Thus, once produced, NO diffuses throughout the surrounding tissues, inside and outside the vascular system, and induces a variety of biochemical changes depending on the specific receptors involved. NO exerts its influence by binding to receptor sites in the endothelium of arteries or arterioles. This causes inhibition of sympathetic vasoconstriction. The end result is NO induced vasodilatation, which in turn may produce an asymmetrical thermovascular pattern.

### **Medicine and Temperature**

The association between temperature and disease is almost as old as Medicine itself. Fever, infection and inflammation were observed as a natural phenomenon as far as 1700 B.C. in medical references that describe how to assess temperature by hand touching the skin. The first recorded use of thermobiological diagnostics can be found in the writings of Hippocrates around 480 B.C. He described that mud slurry spread over the patient was observed for areas that would dry first and was thought to indicate underlying organ pathology.

After Galileo (1592) introduced the thermoscope, thermometry didn't change much until 1714, the beginning of the era of modern temperature measurement. That's when Fahrenheit invented the constant reference point thermometer using mercury in glass.

Another 150 years passed before the next great stride in temperature measurement became only firmly as a routine procedure in medicine by Wunderlich. Clinical thermology was established only

two centuries ago (1872) by Carl Wunderlich at his Leipzig clinic, who systematically recorded oral temperature with one of the first thermometers capable of reproducible measurement.

Wunderlich established the eleven fundamental rules of the clinical use of body temperature, which still stand in modern Medicine. These are as follows:

1. Knowledge of temperature is indispensable to the medical practitioner because all the phenomena of the sick deserve study
2. Temperature can be determined in a precise manner unlike some other medical phenomena
3. It cannot be feigned or falsified (i.e. is objective)
4. Certain levels of increased temperature indicate fever
5. The height of temperature often decides the degree and danger of the attack
6. Because thermometric observation may serve to aid in the discovery of the laws regulating the course of certain diseases, and may enable us to learn them
7. Because the behavior of temperature during the progress of disease shows relapses and amelioration before we should otherwise recognize them
8. Thermometry is able to assist the regulation of therapeutic effort
9. It indicates the transition from one stage of illness into another, and the commencement of convalescence and establishment of full health phenomena
10. It indicates fatal ruminant being imminent
11. Finally, furnishes proof of the reality of death, when this is otherwise uncertain

Body temperature is an important measure of physiologic integrity and has rightly earned its place as one of the five vital signs (pulse, blood pressure, respiration and pain are the others). Accurate technique is essential for accurate readings – which are critical for guiding treatment decisions for patients with hypothermia, hyperthermia, or pyrexia.

The method of basal-temperature measurement inaugurated by Knaus in 1930's took decades to become established, achieving full medical acceptance in 1952. Although the semiology's policy uses the back of the hand to assess surface temperature, the human hand is not able to perceive a temperature change of less than 4°C. The hand cannot measure the temperature just the heat transfer sensation. The measurement of body-surface temperature has not yet attained the place in medical diagnosis it deserves in view of the brilliant advances that have been made in both laboratory medicine and image-generating radiological examination procedures.

The first electronic thermal sensors were developed in the 1940's. In the 50's, military research into infrared monitoring systems for night time troop movements ushered in a new era in thermal diagnostics. Infrared cameras generate images based on the amount of heat dissipated at the surface by infrared radiation. The first use of diagnostic imaging thermography came in 1957 when Dr Ray Lawson, from McGill University, discovered that the skin temperature over a cancer in the breast was higher than that of normal tissue.

Thermal imaging is highly developed with contemporary infrared imaging systems having thermal and spatial resolution far in excess of the earlier systems of the 1960s. Real time imaging, together with efficient on-line processing, has greatly improved the ease of use and quality of information.

The measurement of the body surface has gained considerably in diagnostic significance in recent years, especially in pain medicine, gynecology, oncology, rheumatology, angiology and dermatology.

Infrared thermography does not entail the use of ionizing radiation, venous access, radioactive dyes, or any other invasive procedures. It is safe and simple. The examination process of non-touching, poses no harm or discomfort to the patient.

### **Infrared Thermography**

Thermography (i.e., thermal imaging, infrared imaging, temperature gradient studies) is a noninvasive predominant physiological imag-

ing modality that measures and maps temperature distribution emitted from body surfaces analyzing vasomotor functions related to the control of skin-temperature. It doesn't substitute anatomopathological study.

**Physics.** All objects with a temperature above absolute zero (-273 K) emit infrared radiation from their surface. The Stefan-Boltzmann Law defines the relation between radiated energy and temperature by stating that the total radiation emitted by an object is directly proportional to the object's area and emissivity and the fourth power of its absolute temperature. Since the emissivity of human skin is extremely high (within 1% of that of a black body), measurements of infrared radiation emitted by the skin can be converted directly into accurate temperature values.

### **Medical Thermography**

Medical thermography refers both to the process of attempting to determine the identity of a possible human disease or disorder and to the opinion reached by this process by means of infrared imaging. Medical thermography is performed to aid in the diagnosis or detection of disease. The diagnostic process must be fluid in which the provider gathers the infrared images together with information from the patient and others, from a physical examination of the patient, and from other medical tests performed or not upon the patient.

An injury is often related with variations in blood flow and these in turn can affect the skin temperature. Inflammation leads to infrared hyper-radiation, whereas degeneration reduced muscular activity and poor perfusion may cause an infrared hyporadiation pattern.

Due to the complex nature and etiology of numerous painful and not painful conditions associated with skin temperature asymmetry patterns, only those doctors trained in the proper techniques required to perform and interpret infrared imaging should do so as a medical diagnostic tool.

Other technologies like PET scan, MRI, Spectroscopy, Electrodiagnostics or EEG do not provide the same information offered by Medical

Thermal imaging. The clinical application of Thermography can help physicians both understand the patho-physiology associated with these changes and improve patient outcomes.

Thermography was approved by FDA since 1980 and is part of the International Classification of Procedures in Medicine published by World Health Organization (Geneva, 1990).

|   |                          |
|---|--------------------------|
| 3-62 Thermography                                       | Thermography 3-629       |
| Includes: photographic portrayal of body temperature    | - abdomen NEC 3-623      |
| Excludes: graphic representation of temperature (1-736) | - bone 3-624             |
| 3-620 Breast  | - breast 3-620           |
| 3-621 Deep veins  | - deep vein 3-62 1       |
| 3-622 Hepatic region                                    | - hepatic region 3-622   |
| 3-623 Other part of trunk                               | - joint 3-624            |
| 3-624 Bones and joints                                  | - lymph gland 3-625      |
| 3-625 Soft tissues not elsewhere classified             | - soft tissues NEC 3-625 |
| Lymph nodes   | - specified NEC 3-628    |
| 3-628 Other thermography                                | - thorax 3-623           |
| 3-629 Not otherwise specified                           |                          |

Infrared thermography has been recognized by the American Medical Association council as a feasible diagnostic tool since 1987. Various groups and associations promote the proper application of thermal imaging in the clinic practice. These groups include the European Association of Thermology, the United Kingdom Thermography Association, and the Northern Norwegian Centre for Medical Thermography, the American Academy of Thermology, Japanese Academy of Thermology, Romanian Society of Thermology, Brazilian Thermology Society (Pan American Thermology Society) and the German Society of Thermography and Regulation Medicine (DGTR) as one of the oldest medical thermography society. The overall aim of these groups is

to further improve reliable standardized methods and to develop appropriate protocols for clinical application.

Infrared thermography both measures and maps the degree and distribution of skin temperature changes. Skin temperature is largely under the control of the autonomic nervous system and bilateral symmetry is expected throughout the body. Asymmetric patterns 0.6°C degree centigrade or greater occur when sympathetic pathology exists or due to local traumatic, inflammatory or vascular disease. But it required to be correlated in addition to thermal pattern distribution and the clinic evaluation.

Thermography is not a test of structure, but rather physiology and therefore when structural injury is suspected other radiographic imaging or diagnostic studies should be performed. This is important as treating other previously undiagnosed conditions can often result in resolution of symptoms.

Due to the complex nature and etiology of painful conditions and other vascular or tumor illness associated with skin temperature asymmetry patterns, only those doctors trained in the proper techniques required to perform and interpret thermographic studies should do so. When present, the pattern of asymmetry discovered by infrared thermographic examination should guide the treating physician in determining the source or generator of the abnormality. Both response to treatment and additional testing may still be required to complete this task.

Abnormalities such as malignancies, inflammation and infection emit increased heat that will appear as hot spots on imaging while low perfusion tissues, hypotrophic muscles and sympathetic hyperactivity decrease heat emission represented as cold areas. By the same as an echography recreate a real time picture based on reflection of ultrasound pulses, thermography convert temperature differences into a surface thermal body image. The ultrasonography represents a 2D anatomical image based on resistance to the propagation of the pulse while thermography represents a 2D physiological vasomotor image based on surface skin/organs (open cavity) thermal mapping. The diagnostic significance of this complex information is undoubted.

Due its high sensitivity it has been proven that performing thermography can obviate the need for other diagnostic studies, because sometimes this findings can appear much early than anatomical changes or sometimes the body surface opposite sides has highly thermal similarity. It has been demonstrated that much additional diagnostic value is provided by thermography, especially when performed full body images including a multisystemic approach, called systemic predictive thermography.

Until the present the physical and biological bases of thermography are not familiar to most physicians. Regulation physiology and functional diagnostics is still in its infancy in comparison to structural diagnostic measurements and imaging (x-ray, MRI). Other methods of investigations refer directly to topics of medical teaching. For instance, radiography and ultrasonography refer to anatomy. Thermography, however, is based on thermodynamics and thermokinetics, which is of central interest to the world of physics but unfamiliar to most physicians. In many areas conventional medicine has not caught up with quantum physics. Hence, in the United States infrared imaging as a functional diagnostic method is still not generally well known or understood among clinicians, even though it is an FDA registered diagnostic tool and part of the International Classification of Procedures in Medicine published by World Health Organization (Geneva, 1990).

## BASIC GUIDELINES TO PERFORM INFRARED IMAGING

There are some general medical thermography immutable principles that never will change. The only consideration nowadays is that they are assisted by the modern technical and informatics resources.

### Continuing Professional Education

Certification is the first step to achieve the standard of practice for medical infrared imaging. It indicates an individual's competence to perform medical technology at the entry level. After achieving certification, all Registered Infrared Imaging Thermologists are expected to keep current with:

- Infrared physics
- Familiarity with the instrumentation and the advances in its technology
- Knowledge of the anatomy and physiology of the area being examined
- Knowledge of the thermal patho-physiology of the illness that is being proposed to be evaluated
- Advances in diagnosis and treatment of the illness that is being proposed to be evaluated
- Changes in infrared imaging examination protocols or published laboratory diagnostic criteria

## The Internationally Accepted Standards

High technology needs quality of operation and procedures. To obtain reproducible results it is important to maintain standard conditions even for ordinary examinations. This is essential for testing physiological function with methods such high sensitivity thermography. The human body's thermoregulatory mechanisms respond very quickly to changes in the ambient temperature. Nerve endings in human skin respond to temperature changes as small as 0.009°C (0.0162°F). To omit the standard conditioning of the patient is unacceptable as to evaluate blood-pressure readings without taking account strict technique protocol for its right reproducibility. Inaccurate readings obtained through failure to use the proper technique lead to the wrong diagnosis, which may result in unnecessary or inappropriate treatment and follow up.

It is essential to reduce variables to improve learning and discrimination. It enables exchange of data, set standards for interpretation as necessary and improves continuity of serial measurement.

The benefits of standardization are:

1. Your own technique improves
2. Other operators can follow your method
3. Reports are more readily understood
4. Stronger evidence if medico-legal issues
5. Greater awareness of performance of camera
6. Ability to interact with other centers
7. Share normal data and special cases with others

To perform an adequate diagnostic infrared imaging it must pay attention to 6 points:

1. Camera System
2. Environment for examination
3. Patient to be imaged
4. Patient Positions (Image Capture)
5. Image Analysis and Presentation
6. Diagnostic Interpretation

## 1. Camera System

**Infrared camera.** The most commonly used type of thermography is infrared thermography although there are less expensive devices with cholesteric liquid technology called plate thermography. Infrared thermography utilizes an infrared camera or computer to sense and demonstrate areas of differing heat emissions by producing brightly colored patterns. Each color represents a specific temperature level. Infrared rays are found in the electromagnetic spectrum within the wavelengths of 0.75 micron – 1mm. Human skin emits infrared radiation mainly in the 2-20 micron wavelength range, with an average peak at 9-10 microns [Archer&Gros, 1971]. State-of-the-art infrared radiation detection systems utilize ultra-sensitive infrared cameras and sophisticated computers to detect, analyze, and produce high-resolution diagnostic images of these infrared emissions. The problems encountered with first generation infrared camera systems, such as improper detector sensitivity (low-band), thermal drift, calibration, analog interface, etc. have been solved for almost two decades. Liquid crystal thermography uses cold sheets impregnated with cholesteric liquid crystals that change color in response to variations in surface body temperature during some pressure skin contact. Actual recommendation is the use of infrared thermography. Contact plate technology (Liquid Crystal Thermography – LCT) is not capable of modern computerized infrared analysis. Consequently, LCT does not possess the discrimination and digital processing necessary to begin to correlate histological and discrete vascular changes [Head&Elliott, 1995]. For thermography a reliable camera system is required which is of acceptable standards for thermal-image devices. An infrared camera suitable for evaluating human skin profiles should have the following:

(1) Must operate in the long wave infrared region (8–15  $\mu\text{m}$ ) with the advantage that they are less affected by sunlight compared to the shorter waves. Also because human skin emits infrared radiation mainly in the wavelength range of 2–20  $\mu\text{m}$  with an average peak of

9–10  $\mu\text{m}$ . Based on Plank's Law roughly 90% of the emitted infrared radiation in humans is of longer wavelength (8–15  $\mu\text{m}$ ).

(2) High Spatial resolution which reflects the separation between two nearby spots. A resolution of 320 (horizontal)  $\times$  240 (vertical) pixels is the minimum requirement. The spatial resolution is very dependent on image focusing.

(3) High Thermal resolution as an expression of sensitivity, defined as the minimum temperature difference that can be measured at two distinct spots. All studies should utilize infrared technology with sensitivity of at least 0.1°C (100 units nominal expansion thermal drift; NETD) and a minimum of 100 micro-radians spatial resolution.

(4) Medical CE certification is recommended: As soon as a temperature value in degree Celsius is stated, the device is classified as a medical modality with a measuring function and should be signed by a specific CE approval.

(5) Narrow Calibration range accustomed to the human temperature range (*i.e.*, 20–40 °C) assures more detailed temperature readings.

(6) Medical examination software including an export function, for medical analysis report and well-designed software tools for data analysis and image fusion.

(7) Should have selected the value of 0.98 as emissivity factor for accurate temperature readings.

The camera should be calibrated with reference sources, guarantee uniformity of the images correcting optical limits, high precision, range, stability and avoid temperature fluctuations and flooding effect at scene. The camera must be checked and stable before the exam.

**Camera support.** It is convenient to have the camera itself mounted on an X-Y stand of the kind customarily used for X-ray equipment. Mounting in a fixed coordinate system ensures accurate positioning of the camera. It is possible to use a professional tripod or also a handle camera, but it must be more careful for the risk of accidental angular misalignment more than 60°.

## 2. Environment for examination

The examination room should be like a photo studio but the diagnostic procedure must be performed in a controlled environment. The primary reason for this is the nature of human physiology. Changes from a different external (non-clinical controlled room) environment, clothing, etc produce thermal artifacts. There are some special situations as surgery monitoring at operating room or outside emergency screening for trauma that it not possible to control the ambient. So the interpretation must be done by an experienced thermologist.

**Room temperature.** During the examination it should be maintained at 23°C, thermal neutral zone, and kept to within narrow limits  $\pm$  0.5°C of change to produce a normal resting perfusion of the skin. This temperature stimulus is usually adequate to cause constriction of the physiologically controlled vessels, so that pathologically dilated vascular regions become noticeable and cold regions can contrast satisfactorily with warm neighbor's area. Cold room at 18-20°C not only produce shivering as vascular artifacts highlighting normal perforator cutaneous vessels (leopard skin pattern). Unless a stress exam is intentionally being done no extraneous thermal stresses should exist. Relative humidity exceeding 60% must be avoided to prevent sweating. The room heater must be monitored with a reliable, visible, easily readable thermohygrometer.

**Slight air convection and heat source.** Any one-sided or no uniform action of cold or heat on the unclothed body will cause an asymmetric artifact in the thermogram. Therefore windows and doors must be kept closed keeping a tightly controlled environment free from draft (less than 0.2 m/s), temperature fluctuation, and humidity. The walls should be at constant temperature. The patient must not be near windows or heat sources (room heaters, lamps, computer monitors) neither sun exposure.

**Furnishings.** Good access and a large working area (more than 4 m length) as important for thermography room as wide doors, espe-

cially with handicapped patients must be examined in wheelchairs or on trolleys. Practical solution as separate part of the examination room by curtains or light partitions can be done to ensure undisturbed adaptation. The better position is to perform thermography with patient standing, but depending on the problem being investigated, it may be done lying down or seated. The arrangement of the room must provide sufficient free space to allow the patient's position and the distance between camera and patient to be the same on each occasion. Carpeted flooring is preferred. Exposing the patient's feet may assist with equilibration, even with upper extremity examinations. Standard fluorescent lights are more suitable.

**Installations.** Electrical installations should meet the safety requirements for medical examination rooms. A water supply must be present. It is important to have a place for the storage of the reports and anatomy, physiology, and related clinical thermology books for consult.

**Monitor.** A large-screen monitor for real time display in the examination room is necessary to conduct the procedure. As a mirror it can help the patient showing the right positioning during the examiner commands. It also reduces the patient stress because straight his attention to the asymmetric complaint area most of the times recognized by himself by examiner orientation.

**Others.** Appropriate infrared imaging instrumentation can includes electronic static image capture, storage, post capture annotation and hard copy documentation capabilities.

### 3. Patient to be imaged

**Scheduling the examination.** In order to not have artifact interferences from other exams, thermography must be the first examination of the day. Avoid skeletal manipulation, acupuncture, physical

therapy, the use of TNS units, or electrodiagnostic testing for at least 12 hours prior to the test. Exceptions should be noted in the record.

For breast examination, it is best to choose the 5<sup>th</sup> to 11<sup>th</sup> day after onset of the menses. In some women the vascular pattern becomes much more pronounced in the middle of the cycle. Normal thermograms in the second half of the cycle need not be repeated, but if there is a suspicious undetermined finding a control thermogram should be made in the first half, and may well prove to be normal. Contraceptive pills or hormone therapy increase symmetrically the breast perfusion and must carefully recorded and taken into account in interpreting the results.

For monitoring the course of an inflammatory rheumatic disorder, it should be performed between 9 and 12 a.m. Variations in joint temperature during the day are smallest in the morning hours.

**Patient Communication and Preparation.** The patient should be carefully prepared for thermographic examination to achieve reproducible and useful results:

- It should be avoided any physical activity that could affect body temperature and local blood flow for at least an hour prior to the examination. This applies especially to physical work or physical therapy.
- Whenever possible steroids, sympathetic blockers, vasoactive medications, opiates and transdermal patches should be avoided for 24 hours prior to testing (8-16 hours minimum). Exceptions should always be recorded in the record.
- Smoking and the consumption of vasoactive medications, coffee, tea or alcohol also influence peripheral surface temperature. Since these influences cannot be entirely eliminated, they must at least be carefully recorded and taken into account in interpreting the results. Although this represents a systemic effect decreasing slight the accuracy of the exam.
- When Stress examinations are being performed, medications that are not medically necessary and that alter sympathetic function should be avoided for at least 24 hours prior to testing.

- In the absence of extenuating circumstances, for original diagnostic studies sympathetic and neurolytic blocks should be avoided for 3 days prior to testing
- Local therapy with ointments or the application of cosmetics can make thermograms uninterpretable. Shower or bathe the morning of the test to ensure that the skin is as clean as possible; however, avoid hot water exposure to the skin for at least two hours prior to the test.
- Avoid placing any material of any kind on the skin, such as any skin lotions, deodorants, preparations, moisturizers, liniments, topical analgesics, etc. Avoid make-up if the face is to be examined.
- Care should be taken that the blood circulation is not restricted by tight clothing (brassiere, belt, pants etc) avoiding pressure areas. Wear loose clothing to the test; avoid anything binding against the skin; avoid support undergarments or pantyhose. Do not wear jewelry, including rings if the hands are to be examined.

Before the examination the patient should relax, sitting or lying down, for about half an hour. Manipulation in the region to be examined should be avoided, as should local pressures exerted by clothing, the chair or other parts of the body (e.g. crossed legs, leaning on elbows).

**15-minute acclimatization.** To release all the heat trapped beneath clothes, the patient must remain in the room for 15 minutes with upper body, lower body or full body exposed. Cotton garments may be worn to cover breast or genital areas when they are not under study.

It must instruct the patient not to palpate, press, rub or scratch the skin until the thermographic examination is completed. The arms must not be crossed or held close to the sides. The body cooling is facilitated by handles folded on or behind the head. Patients must be routinely acclimatized for 15 minutes before the exam. Thermograms immediately take after patient arrives from physical exercises and therapies, prominent sun light exposure, removing splints, casts, bandages or

orthosis is not likely to give useful information. It is recommended to wait 30-minutes or more at the waiting room.

**Patient Assessment.** Patient assessment should be performed before infrared imaging. The examining physician must:

- explains why the infrared examination is being performed to the patient, taking care to ensure that the patient understands the necessity for each aspect of the evaluation.
- responds to questions and concerns about any aspect of the examination.
- refers specific diagnostic, treatment or prognosis questions to the patient's physician.
- assess the patient's ability to tolerate the procedure and an evaluation of any contra-indications to the procedure:
  - Presence of casts, bandages or other technical factors that preclude the ability to expose skin to a temperature equilibration environment.
  - An uncooperative patient.
- Obtain a complete, pertinent history by interview and/or review of the patient's medical record.

A pertinent history includes:

- a. Current medical status, especially regarding pain and vasomotor instability.
- b. Presence of any signs or symptoms of allodynia or hyperalgesia in association with sudomotor, vasomotor or other autonomic dysfunction.
- c. Relevant risk factors for vasomotor instability: prior history of RSD or CRPS, trauma, fracture, repetitive use, vibration syndrome, peripheral neuropathy, spinal pathology, radiculopathy, vasomotor headache, rheumatic illness, cardiovascular disease, hypertension, diabetes, peripheral vascular disease, coagulopathy, birth control pill use, hypothyroidism or infection.
- d. Pathology/Laboratory investigation values.
- e. Current medication or therapies

- f. Results of other thermographic or vascular studies
- g. Results of prior autonomic, sympathetic or vascular interventions

Careful preparation of the patient and meticulous inspection of the skin body to be examined will exclude a number of major sources misinterpretations. The skin folds, elevations, depressions, superficial vessels (varices), pressure sites, wounds, local inflammation pimples, insect stings and scratches should also be taken into account in interpreting a thermogram. Hematomas and veins visible under the skin should also be mentioned in this connection.

Patient should not have contact with any object if that body part is being imaged. Any form of palpation changes the blood flow hence the thermographically detectable temperature distribution over the skin. But it is an easy detectable artifact that least for a short term but must be avoided. So it must be explained the patient the “not-touch” rule, consenting only to point the painful or abnormal skin area during the exam.

#### 4. Patient Positions (Image Capture)

**Recording with standard positions.** A standard exam protocol for each segment evaluated should be used. This will frequently require multiple infrared imaging windows with different points of focus (arm, forearm, wrist, hand, thigh, leg, foot, cervical, thoracic and lumbosacral spine, hip, cranium, breast). Each point of focus should include anterior, posterior, medial, lateral or oblique views. Contralateral and AP views should be equidistant and fill the image screen also analyzed following within the same thermogram scale limits. The camera must be vertically adjusted to be careful with angle adjust.

The examination itself should be done with as little haste and stress as possible to avoid an emotion-induced accentuated peripheral vasoconstriction. The patient’s physical and mental status is assessed and monitored during the examination, with modifications made to

the procedure plan according to changes in the patient’s clinical status during the procedure. Also, findings are analyzed throughout the course of the examination to assure that sufficient data is provided to the physician to direct patient management and render a final diagnosis.

When present, the pattern of asymmetry discovered by infrared examination should guide the treating physician in determining the source or generator of the abnormality. The complete procedure must be carried out, including dynamic examination, e.g. the functional cold water autonomic stress testing for CRPS or Raynaud phenomenon evaluation. Both response to treatment and additional testing may still be required to complete this task.

After the exam, it must be done an orientated physical examination based on the abnormal infrared findings. Complete a limited, focused, detailed or extensive physical examination, which includes assessment of all structures under study. Trophic changes, vasomotor or sudomotor changes and possible pain generators should be documented. The palpation examination must be done only after take all the thermograms.

The data acquired during the infrared imaging examination should be reviewed to ensure that a complete and comprehensive evaluation has been performed and documented. Any exceptions to the routine examination protocol (i.e., study omissions or revisions) should be noted and reasons given.

Record all technical findings required to complete the final interpretation so that the measurements can be classified according to the laboratory diagnostic criteria (these criteria may be based on either published or internally generated data, but must be internally validated regardless of the source).

Complete required laboratory documentation of the study.

Alert medical director or other responsible physician when immediate medical attention is indicated, based on the infrared imaging examination findings.

Evaluate the patient’s physical and mental status prior to discharge.

**Intraoperative.** For intraoperative thermography e.g. during myocardial or limb revascularization, renal or liver transplant, it is necessary:

- to adjust the camera over the surgical field (sometimes special lens can help with near distance)
- to project the thermography in real time onto a large-screen monitor in the operating room for all the surgical team
- to document by video recording (digitalized movies usually)

For this examination it is required camera with faster frame rate, to follow the dynamic events, and a digital display for quantitative analysis.

The aim of intraoperative thermography is to document:

- the time of viscera cooling with the infusion of preservation solution
- the regions with inadequate perfusion stand out from the delay in cooling
- the regions with inadequate perfusion as the ischemic illness
- the perfusion of the bypass after completion of the distal anastomosis
- the regions with inadequate perfusion although the previous bypass
- the function of the bypass after both anastomoses are completed
- an additional test of the function of the bypass can be performed by perfusing again with preservation solution and comparing the result with that of the initial perfusion

## 5. Image Analysis and Presentation

**Thermograms.** The constructed thermogram yields a quantitative and qualitative temperature map of the surface temperature, which can be related to distinct pathological condition and blood flow. The user can display the data in color or gray scale with software-installed color maps. The images must be obligatory displayed with an

85–100-color palette and 0.15°C thermal window. Once the qualitative thermal images are captured, the thermologist outlines the region of interest (ROI) by anatomical references using the polygon drawing tool that is embedded in the medical software.

**Image storage and documentation.** It is necessary to save each thermogram at the specific patient paste to facilitate report evaluation later.

Provide preliminary results as provided for by internal policy based on examination findings.

Present the record of diagnostic images and when applicable, explanations for sub-optimal examination findings to the interpreting physician for use in diagnosis and archival purposes.

Alert laboratory medical director or appropriate health care provider when immediate medical attention is indicated.

## 6. Diagnostic Interpretation

The quantitative evaluation of the thermal data over the region of interest (ROI) or along a line (line scan) is interesting. Avoid use spot measurements also with 8 bits per pixel. Many quantitative parameters can be determined by square the ROI and measure:

- Maximal temperature
- Mean temperature distribution (thermographic index – TI)
- Median temperature in the ROI
- Mean density (histogram) of the temperature distribution in the ROI

These parameters can also be normalized with the respect to the body core temperature (oral/tympanic) and/or to a reference temperature over a reproducible measurement site in the image unaffected by the main disease condition (e.g. inner canthus).

Brioschi & Vargas (2009) but the most classical is the temperature difference ( $\Delta T$  or asymmetry parameter) with respect to the contralateral side. The amount of side-to-side temperature differences it

that can define a dysfunction when increased more than 0,3°C. When the differences are superior to 1°C it represents a significant problem (Ring, Uematsu, Chang) (Mehta and Lindenfeld, 2003). There are some variations parameters as temperature difference with respect ipsilateral reference point outside the ROI or between proximal to distal ROI.

For dynamic evaluation can be utilized the temporal temperature differences for each measurement point – i.e., the difference between an image produced before (control image) and the ones produced after 5-minute the functional cold water autonomic stress testing (subtracting images).

The further and the most important step in the evaluation of a thermal image is the qualitative observation and description of the temperature distribution, taking into account the maximal scene temperature.

The description of the temperature distribution pattern related to the skin vasomotor dysfunction can provide preliminary diagnostic evidence and it is directly related to the camera resolution. The diagnostic reliability may vary from an 1.4 megapixels camera resolution (1,200x1,200) until the minimal recommended 0.76 megapixels (320x240).

## THERMOGRAPHY INDICATIONS AT MEDICINE

Clinical observations proved that certain temperatures related to the human body were indeed indicative of normal or abnormal physiologic processes. The most know examples related to core temperature are fever, hyperpyrexia and hypothermia and related to skin thermal gradients are arthritis, infection sites, abscess, skin inflammation and others.

Numerous pathologies are known to affect the **patterns** and **behavior** of skin temperature creating specific thermal gradient distribution, that can be e.g. discriminated and divide as:

- sensory-sympathetic dermatomal pattern (thermatome)
- neurogenic/radicular pattern
- vascular thermal pattern
- venous thermal pattern
- myofascial pattern
- inflammatory thermal pattern
- joint thermal pattern

Dysfunctional neurological control of skin perfusion may reflect dysfunctions of the autonomic nervous system. Interpretation of the colorful patterns and thermal gradients distribution according to designated anatomical topography projection and physiological phenomena is thought to aid in evaluating and diagnosing a variety of

conditions, including breast cancer, complex regional pain syndrome (CRPS), low back pain, neuropathies, Raynaud's disease, temporomandibular disorders (TMD), and varicocele.

As explained before in the standpoint of skin vasomotor physiology any disease can present a specific thermal pattern or altered sympathetic vasomotor response. Therefore most diseases have the potential to be studied as well recognized with infrared thermography by its thermal physiology. As by static (pattern) or also functional stress (behavior) infrared images if follow all the previous basic principles exposed in this book.

Consequently all illness tabulated at the **International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems** (10<sup>th</sup> Revision, Version for 2007, ICD-10) endorsed by **World Health Organization (WHO)**, has the potential to be infrared imaged based on the universal patho-physiology and human thermoregulatory fundamental principles. The potential of diagnosis will be more accurate directly more the humankind thermophysiology knowledge about the specific disease increases. These not only open opportunity for new studies but also reaffirm the weight of clinical thermology in the medical practice.

| Chapter | Blocks  | Title   |
|---------|---------|---|
| I       | A00-B99 | Certain infectious and parasitic diseases   |
| II      | C00-D48 | Neoplasms   |
| III     | D50-D89 | Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism |
| IV      | E00-E90 | Endocrine, nutritional and metabolic diseases   |
| V       | F00-F99 | Mental and behavioural disorders  |
| VI      | G00-G99 | Diseases of the nervous system  |
| VII     | H00-H59 | Diseases of the eye and adnexa  |
| VIII    | H60-H95 | Diseases of the ear and mastoid process   |
| IX      | I00-I99 | Diseases of the circulatory system  |
| X       | J00-J99 | Diseases of the respiratory system  |
| XI      | K00-K93 | Diseases of the digestive system  |

|       |         |   |
|-------|---------|---|
| XII   | L00-L99 | Diseases of the skin and subcutaneous tissue  |
| XIII  | M00-M99 | Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue                            |
| XIV   | N00-N99 | Diseases of the genitourinary system  |
| XV    | O00-O99 | Pregnancy, childbirth and the puerperium  |
| XVI   | P00-P96 | Certain conditions originating in the perinatal period                                  |
| XVII  | Q00-Q99 | Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities                    |
| XVIII | R00-R99 | Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified |
| XIX   | S00-T98 | Injury, poisoning and certain other consequences of external causes                     |
| XX    | V01-Y98 | External causes of morbidity and mortality  |
| XXI   | Z00-Z99 | Factors influencing health status and contact with health services                      |
| XXII  | U00-U99 | Codes for special purposes  |

Infrared imaging is a totally innocuous complementary exam to human health that should be applied to objective demonstration of altered thermal gradient distribution related to numerous diseases that interfere with organs and systems. So, it is possible to use infrared imaging, based on the physio-pathology thermal patterns principles, to formulate, confirm, measure, diagnosis, determine impairment and prognosis, and follow-up the diseases tabulated at ICD-10.

## THE INTERNATIONALLY ACCEPTED INDICATIONS

We can summarize the general main indications of medical thermography for the study of pain as:

1. To formulate/confirm a diagnosis
2. To monitor treatment efficacy and case management.
3. To determine type, frequency duration or end of care
4. To determine impairment
5. To determine prognosis
6. Follow-up to detect improvement, progression or spread of disease, which may reflect change in condition
7. Evaluation of chronic non-responsive pain.
8. Evaluation or follow-up of patients with known or suspected vasomotor instability
9. Evaluation of trauma, disability, shoulder hand syndrome or other disorders associated with autonomic dysfunction
10. Confirmation of diagnostic inclusion criteria for clinical diagnostic purposes
11. To evaluate for the possibility of reflex sympathetic dystrophy or other autonomic dystrophy and to follow the treatment of same.
12. Evaluation for Chronic Regional Pain Syndrome (CRPS) types I (reflex sympathetic dysfunction) and II (causalgia), Thoracic Outlet Syndrome, Vasomotor Headache and Barre'-Leiou Syndrome

13. Evaluation of chronic or severe headache.
14. Mapping of the location of vasomotor instability for impairment rating purposes
15. Mapping of the extent of vasomotor instability to guide sympathetic response generator identification
16. To identify occult soft tissue conditions or symptom magnification.
17. Evaluation for myofascial trigger points.
18. To evaluate and monitor soft tissue injury, e.g., tendinitis, trigger points, compartment syndromes, etc.
19. Early diagnosis of possible extremity stress fracture.
20. To evaluate sensory/autonomic peripheral nerve injury
21. Vascular injury diagnosis
22. Evaluation of vascular and vasospastic disorders, rheumatic inflammation and unexpected post operative or post fracture pain
23. Evaluation of sports injuries.
24. Differentiation between neurologic and myofascial causation of persistent pain.
25. Differentiation between neurological and vascular involvement.
26. Differentiation between radicular compartment and peripheral neuropathy.
27. Differentiation between primary joint dysfunction (sprain capsulitis, arthritis) and neurologic or myofascial disorders.
28. Differentiation of vascular headache, posttraumatic cephalgia, and TMJ syndrome
29. To evaluate facial pain when other tests are unrevealing.
30. Pre-procedure assessment for planning of intervention
31. Follow-up to determine technical adequacy of surgical interventions, i.e., sympathetic block, sympathectomy and/or spinal cord stimulator placement
32. To evaluate the significance of positive findings when the physical exam or history do not concur, i.e., a lesion may be present anatomically, but have no significance physiologically.
33. Chronic pain of undetermined origin particularly when the

clinical picture has few or no positive orthopedic or neurologic findings.

34. Differentiate, document, and monitor any injury that does not respond to clinical treatment.
35. Evaluation of physiological significance of minor anatomic findings noted on CT or MRI.
36. Evaluation in cases of clinically suspected radiculopathy when CT or MRI is negative.
37. To look for hidden or missed lesions. Examples:
  - a) The CT may be abnormal at one level, but the thermogram may show abnormality at this and an adjacent level, leading the physician to order another test, such as a myelogram or MRI, which may uncover a second lesion.
  - b) The patient may have nerve root dysfunction and reflex sympathetic dystrophy, with only one set of presenting symptoms.
  - c) The patient may have both nerve problems (disc), and trigger points or facet joint problems, with overlapping or masking of symptoms. Under these circumstances, history and/or symptoms can be masked by the predominant lesion.
  - d) To evaluate the significance of equivocal or mild disc bulges or herniations on myelograms, CT or MRI scans if clinically indicated.
  - e) To evaluate for the possibility of reflex sympathetic dystrophy, and to follow treatment of same if clinically indicated.
  - f) Differentiate, document, and monitor any injury that does not respond to clinical treatment.

### **Complex Regional Pain Syndrome (CRPS)**

CRPS, reflex sympathetic dystrophy (RSD) or causalgia is a chronic neurological syndrome always associated with abnormal sympathetic nervous system activity that includes a characteristic triad of autonomic (e.g. sudomotor and vasomotor changes, edema, dystrophy, atrophy, skin temperature asymmetry, skin color changes), sensory (e.g. burning pain, hyperalgesia and allodynia), and sometimes motor disturbances

(e.g. paresis, tremor, dystonia). It is a potentially disabling neuropathic condition characterized by regional pain that is often disproportionate to or occurs in the absence of an indefinable inciting event. In some cases, CRPS occurs spontaneously, and the etiology is not identifiable. In other cases, symptoms may occur after an injury or trauma (e.g., fall, sprain, fracture, visceral trauma, central nervous system insult or surgery). There are two types of CRPS: Type I (i.e., RSD), in which nerve injury cannot be identified; and Type II (causalgia), in which a nerve injury can be identified (Niehoff, et al., 2006; Stanton-Hicks, 2006). The diagnosis of CRPS is a clinical diagnosis made by history and physical examination and observation of signs and symptoms. But sometimes it is difficult to identify at early phases, mainly when associated with other comorbidities as myofascial pain syndrome, fibromyalgia syndrome, depression, litigation concerns or in child or elderly ages. There is no sign, specific or qualitative clinic diagnostic test that is conclusive for this condition, therefore thermography can measure precisely the temperature asymmetry that may be seen in CRPS, which is regarded as an indication of the presence of the disease, thermography has been proposed as an adjunctive diagnostic tool. Due to similar CRPS syndromes it is mandatory to confirm the presence of extremity paradoxical vasodilatation triggered by the disease sympathetic vasomotor instability during the provocative functional cold stress test (Conwell). Early diagnosis and treatment of CRPS is recommended for optimal management.

**Literature Review:** In a validity study (n=120), Niehof et al. (2008) assessed the use of skin surface temperature recordings for diagnosing acute CRPS1 fracture patients. Thermographic recordings of extremities were made on patients diagnosed with CRPS1 (n=24), on control fracture patients with various complaints (n=84), and on 12 randomly selected (normal healing) fracture patients without any visible signs/complaints. The average fingertip temperature and total difference in temperature between fingers and toes were reported to have stronger diagnostic value for CRPS1 patients than absolute dif-

ference in mean hand/foot temperature. The highest sensitivity was 71% and the highest specificity 64%. The highest positive predictive value (PPV) reached 35% and the highest negative predictive value (NPV) 84%. In the opinion of these investigators, “thermography should be considered as an additive diagnostic tool” (Niehof, et al., 2008). For more accurate thermographic recording to discriminate between CRPS fracture patients and control patients with complaints at the early onset of CRPS1 it is essential to apply the provocative functional cold stress test (Brioschi, Conwell). This was demonstrated by Niehof et al. (2006) when the authors “compared the sensitivity and specificity of calculation methods used to assess thermographic images obtained during temperature provocation” in 12 patients with Type I CRPS and eight control patients. The study reported a sensitivity of 100% and specificity of 75%. During temperature provocation, a sensitivity of 100% and specificity of 83% with an increased area under the curve (AUC) (i.e., the area under the receiver operating characteristic [ROC] curve) were recorded. Study results indicated that temperature measurements of the fingertips alone were not sufficient for diagnostic purposes (Niehof, et al., 2006).

A study (n=70) by Wasner et al. (2002) measured skin temperature in patients with CRPS I (n=25). The study included two control groups, one consisting of 15 patients with non-CRPS chronic pain of one limb, and the other 20 healthy subjects. Study results indicated that temperature differences between the affected and unaffected sides during rest were, on average, significantly greater in the CRPS group than in the two control groups. The authors noted the vasomotor instability characteristic of the sympathetic maintained pain syndrome by the temperature differences that change dynamically depending on the thermoregulatory state of the patient, with changes sometimes occurring within minutes. The results showed a sensitivity of 32% and specificity of 100%. The authors noted that the symptom of skin temperature asymmetries alone could not be used to diagnose CRPS, but that it could be utilized as a tool to supplement other clinical signs. Common misuse of IR imaging, when evaluating patients with presumptive CRPS, is the documenta-

tion of an asymmetric hyporadiation IR signature in the symptomatic limb that becomes a “false hallmark” in diagnosing this often clinically confusing syndrome. Furthermore, numerous somatic and neuropathic conditions present with signs and symptoms that “mimic” CRPS (acute trauma, post-traumatic injury, C-fiber mononeuropathy, disuses hypothermia, neurogenic TOS, Raynaud’s disease). The mimickers often reveal asymmetrical IR signatures that lead to interpretation errors. Inaccurate interpretation of the IR data may condemn the patient to repetitive sympathetic blocks and unnecessary therapeutic interventions which eventually lead to therapeutic failure.

The most actual recommendation to greatly enhance the sensitivity and specificity outcomes is to proceed with functional infrared imaging (fIR) in the presence of any painful suspicious asymmetric limb (presumptive CRPS). The fIR evaluates the integrity (function) of the autonomic nervous system (ANS) using three distinct IR indices:

(1) quantitative computer generated side-to-side delta T’s of the distal involved symptomatic and asymptomatic extremities,

(2) obtaining distal thermal gradient IR signatures (disrupted in patients with neuropathic pain syndromes of either sensory or autonomic origin) and

(3) performing cold water autonomic functional stress testing of the symptomatic extremity (helpful in differentiating between sensory and autonomic dysfunction).

In an intact and functioning ANS, in the presence of cold water stress stimulation of the contralateral asymptomatic limb thermal regulatory reflexes, there is evidentiary cooling of the distal symptomatic extremities due to maintenance of the vasoconstrictor reflexes (sympathetic independent pain - SIP). The warming of symptomatic extremity(s) confirms a vasomotor instability categorized as a sympathetically maintained pain (SMP) disturbance.

The incorporation of these three (3) distinct and objective IR indices (i.e. functional infrared imaging testing procedure) in evaluating patients with presumptive CRPS (n=205) achieves a 93% sensitivity, 89% specificity, 90% positive predictive value and 94% negative predictive

value (Gulevich, Conwell et al., 1997). The authors investigated thermography CRPS diagnosis in consecutive patients (n=205) referred to a clinic for chronic limb pain and a control group of asymptomatic volunteers. Functional cold water autonomic stress testing is 72% sensitivity and 94% specificity with a kappa index of concordance of 0.69 when comparing patients with the modified IASP criteria for CRPS [Conwell et al., 2010]. Functional cold water autonomic stress testing, in and of itself, may be a valuable screening test for ANS function. Brioschi et al (2010) utilized fIR to differentiate SMP between SIP, achieved 95% of response to sympatholytic blockade for SMP thermodiagnosed cases excluding the patients who do not respond to blockade.

**Sympatholytic Blockade Monitoring.** Evaluating the effect of Interventional Pain Management requires specific tests to monitor sympathetic function. Common techniques include sweat tests, tissue oxygen analysis and Doppler flowmetry. With the aid of infrared-thermometry, it could be shown, that the injection of local anesthetics to the sympathetic ganglia lead to vasodilation and increased acral blood flow resulting in augmented temperature. As these blocks are performed using anatomic landmarks only as opposed to radiographic guidance, patients may portray insufficient pain relieve if the correct structure is missed. Instead of exposing the patient to x-ray, thermography may help illustrate the structures blocked. infrared thermography depicts changes in acral blood flow in treated patients and helps verify, if a certain therapeutic regime is chosen correctly. Dramatic changes in skin temperature can be detected if pain is maintained sympathetically and if the catheter sits in the right position separated from the patient pronouncement concerning pain alleviation. In case of catheter dislocation, this may easily be sensed without exposing the patient to x-ray or other invasive diagnostic procedures (Agarwal, 2010).

### **Neuropathy**

Neuropathy is an abnormality or disease of the nervous system which interrupts signals sent to and from the brain and spinal cord. Neuropathies may be hereditary (e.g., Charcot-Marie-Tooth) or ac-

quired (e.g., Guillain-Barré syndrome, tunnel carpal syndrome, diabetic neuropathy). They may occur as a result of trauma, tumors, infection, nutritional deficiency, alcohol abuse, systemic disease and autoimmune disorders. Diagnosis may be difficult because of the variation and variety of symptoms, and is made based upon patient history and physical examination in conjunction with laboratory and diagnostic studies appropriate for the presenting symptoms. Because peripheral neuropathies may be accompanied by changes in the skin temperature, thermography has been proposed as a diagnostic tool for these conditions by the National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS, 2008b) that comprise the US National Institutes of Health (NIH). The spinal nerves, the brachial nerve plexus, and the median nerve at the carpal tunnel are the most frequently affected nerves with compression neuropathy.

Uematsu [42] has shown in normal persons, the skin temperature difference between sides of the body was only 0.24 degree +/- 0.073 degree C. In contrast, in patients with peripheral nerve injury, the temperature of the skin innervated by the damaged nerve deviated an average of 1.55 degrees C (p less than 0.001). Uematsu also demonstrated in patients with partial and full lesion of peripheral nerves that both conditions can be differentiated by their temperature reaction to the injury. The innervated area of partially lesioned nerve appears hypothermic caused by activation of sympathetic nerve fibers. Fully dissected nerves result in a total loss of sympathetic vascular control and therefore in hyperthermic skin areas.

If implemented in the acute setting, thermography can improve the reliability of clinical assessment and reduce the number of negative surgical explorations. Ya'ish, et al (2006) studied 36 patients with peripheral nerve injury. Receiver operating characteristic curve analysis showed that an absolute temperature difference  $\geq$  1.0 degrees C was diagnostic of a nerve injury (area under the curve = 0.985, sensitivity = 100%, specificity = 93.8%).

Lee et al. evaluated the injury and recovery of the inferior alveolar nerve in 20 patients with Class III dentofacial deformities after

bilateral sagittal split ramus osteotomy surgery with thermography. Early recovery of the skin temperature in babies with plexus paresis precedes the recovery of motor function as shown in a study from Japan (Ikegawa, 1997).

**Thoracic Outlet Syndrome (TOS):** Thermography helps to differentiate the type of TOS if neurogenic, arterial, and venous or myofascial. Also it can help localize the site of the compression (Sucher, 1990). Recording thermal images during diagnostic body compression positions as Adson test, can reproducibly provoke typical temperature asymmetries in the hands of patients with suspected TOS (Schartelmuller, 1995,1996). Thermal imaging can be regarded as the only technique that can objectively confirm the subjective symptoms of mild TOS. Schartelmuller (1999) used it successfully as outcome measure for the evaluation of treatment for this pain syndrome. In the case of venous compression, it is possible to document the venous collateral circulation at the involved shoulder. Ellis and Cheng (2003) demonstrated the surgical applicability of thermography during 123 plexus decompressions of TOS. Thermographic visualization of the operated extremity allowed the author to map and correlate thermal changes with specific surgical manipulations, as well as to analyze the tissues resected to better answer these questions. Initial thermal abnormalities indicating, usually, ulnar entrapments or irritation, normalized sequentially as discrete entrapments were resected. Thermographic monitoring continues to provide surgically useful information.

**Carpal Tunnel Syndrome:** Hobbins (1995) combined the thermal pattern with the time course of nerve injuries. He suggested the occurrence of a hyporadiant dermatome in the early phase of nerve entrapment and hyper-radiant dermatomes in the late phase of nerve compression. Ammer et al. (1999) investigated how many patients with a distal latency of the median nerve greater than 6 msec present with a hyper-radiant pattern. They reported a slight increase of the frequency of hyper-radiant patterns in patients with severe CTS indi-

cating that the entrapment of the median nerve is followed by a loss of the autonomic function in these patients. Tchou (1991) reported infrared thermography of high diagnostic sensitivity and specificity in patients with unilateral CTS. He has defined various regions of interest representing mainly the innervation area of the median nerve. Abnormality was defined if more than 25% of the measured area displayed a temperature increase of at least 1 °C when compared with the asymptomatic hand. More recently Jesensek Papez (2009) correctly classified 72.2% of all hands (healthy and pathological) based on dorsal images and >80% of hands when only severely affected and healthy hands were considered (132 healthy and 119 CTS hands).

**Diabetic Neuropathies:** Two studies looked at the use of thermography as a screening tool for foot complications in diabetics. Sun et al. (2005) conducted a study to define a standardized method that quantified foot temperature by using a medical thermal imaging system. First, a study was conducted on 16 healthy volunteers to map out anatomical subregions and to obtain average temperature values. Then, two groups of diabetic patients were divided into those with sympathetic skin response (SSR) (n=33) and those without SSR (n=29). Sole temperature with respect to forehead temperature was also studied (adimensional temperature). The study concluded that normalization of plantar absolute temperature with forehead temperature may provide useful information in identifying subclinical foot problems. Brioschi & Vargas (2009) demonstrated that a normalized absolute degree is the best mean to have an absolute value to characterize an illness, independently of metabolic rate and tiny ambient temperature discrepancies.

Armstrong et al. (2003) conducted a prospective, longitudinal study (n=1588) of diabetic patients to determine if baseline mean skin temperature would be helpful in predicting foot-related complications. A baseline measurement of bilateral foot skin temperature using infrared skin temperature was obtained from six plantar sites. Patients who developed Charcot's arthropathy in a two-year follow-

up period had slightly higher mean temperatures at baseline than did those without Charcot's arthropathy.

**Blocks in Pain Management.** In a 2006 study involving 25 patients, Galvin et al. concluded that thermography provides an early and objective assessment of the success and failure of axillary regional blockades. Blocks of the stellate ganglion may produce dramatic pain relief in patients suffering from neuropathic pain in the head/face, upper extremities and/or chest. This procedure can be performed just using anatomical landmarks. If patients report of lacking pain alleviation, physicians can never be sure if the technique has not been carried out correctly, if other than desired structures are reached or if the patient is trying to mislead the physician. Various techniques to monitor the spread of the local anesthetic have been proposed – many of them requiring x-ray. Infrared thermography offers a non-hazardous alternative and depicts spread of the local anesthetic more precisely observing the clinical effect (Argawal, 2010).

### Low Back Pain

Low back pain (LBP) may be acute (i.e., short-term) or chronic (i.e., persistent for more than three months), and may be caused by a sprain, strain, muscle spasm, obesity, poor posture, scar tissue, stress, loss of bone strength and muscle elasticity due to the aging process, and conditions such as sciatica, spinal degeneration, osteoporosis and fibromyalgia. Back pain can be progressive and become serious if left untreated. Evaluation of back pain includes medical history and physical examination and diagnostic studies when indicated (e.g., x-ray, magnetic resonance imaging [MRI], computerized tomography [CT], discography, electromyography). Thermography has been proposed as a diagnostic study for LBP to detect nerve root compression by the National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS, 2008c) that comprise the US National Institutes of Health (NIH). Thermography evaluates the functional phenomena regulated by the autonomic nervous system and provides information to evalu-

ate vasomotor activity of the sympathetic nerve fibers and detect sympathetic dysfunction (Zaproudina, et al., 2006). The clinical utility of thermography in the diagnosis of low back pain is supported by the peer-reviewed literature.

### Literature Review:

Uematsu et al (1988) compared the degree of thermal asymmetry in 144 patients with LBP with thermography. The patients displayed highly significant thermal asymmetries, with the involved limb being cooler ( $p$  less than 0.001). When asymmetries exceeded 1 standard deviation from the mean temperature of homologous regions measured in 90 normal control subjects, the positive predictive value of thermometry in detecting root impingement was 94.7% and the specificity was 87.5%. These values indicate that calculation of temperature asymmetry is particularly effective in evaluating reported pain in psychosocially affected patient populations in whom the chance of positive myelography or impaired root function is low. In this group of patients, thermometric study provides physicians with important information for proper decision making.

Thomas et al (1990) studied 65 LBP and found 92% of abnormal infrared thermography (IRT), 89% in magnetic resonance imaging (MRI), 87% in computerized tomography (CT) and 80% in myelography. IRT correlated with MRI in 94% of cases, and with CT in 87% of cases. Of 22 MRI positive disc and root cases, 21 (95%) had significant leg abnormalities on IRT. All 19 cases with radicular involvement on CT and all 18 with radicular involvement on myelography demonstrated significant leg changes on IRT.

A prospective, blinded study ( $n=30$ ) by Pappalardo et al. (1992) assessed whether there were differences of thermal index between painful and opposite side, and to evaluate the telethermographic patterns of the irritative and deficitary forms. Thirty subjects suffering from painful lumbo-sciatic syndromes were assessed by thermal maps of the lumbo-sacral and gluteal regions and of the lower limbs. Among 25 patients with lumbo-sciatalgia in the irritative or early

stage, 16 showed hyporadiation of the affected side; in three of the five patients in the deficitary stage, hyper-radiation of the affected side was observed while two did not show changes of the thermal gradient. The authors stress the importance of telethermography and suggest that this method, which is not costly, non-invasive and easily reproducible, should be used to complete diagnosis of and to monitor lumbo-sciatalgic syndromes.

Kim and Cho (1993) and Zhang et al. (1999) found thermography of high value for the diagnosis of both lumbosacral and cervical radiculopathies. Zhang et al. (1999) mapped the thermal changes of 115 cervical disc herniation (CDH) patients, and compared with 50 controls. The areas of thermal change in each CDH included wider sensory dermatome and sympathetic dermatome. There was a statistically significant change of temperature in the areas of thermal change in all CDH patients. In conclusion, the areas of thermal change in disc herniation can be helpful in diagnosing the level of disc protrusion and in detecting the symptomatic level in multiple disc herniation patients.

The plantar images should be analyzed in all LBP patients. More recently, Zaproudina et al. (2006) compared skin temperature disorders in patients with unilateral LBP with ( $n=41$ ) or without ( $n=24$ ) referred, above the knee, nonradicular leg pain to persons without LBP. They evaluated the relationship between intensity of pain and other clinical signs to thermography results. The study included 65 patients, age range 30–51, with chronic LBP. In addition to thermography, questionnaires were used to record functional disability and mood scores, and spinal mobility tests were performed. Thermography results demonstrated that subjects with LBP experienced a change in plantar surface temperature. In 50.8% of subjects, the plantar surface temperature on the affected side was colder, and in 49.2% the affected side was warmer than the healthy leg. Compared to the control group, the study group's affected sides were colder in severe-pain patients. The plantar surface temperature changes correlated with the LBP intensity.

Although the ACR (2005) guideline for diagnosing acute LBP, with or without radiculopathy, states that thermography as X-ray, CT and

MRI has been found to be too nonspecific in diagnosing this condition, thermography is the only image exam that demonstrate the physiologic consequences of this illness. Thermography states and quantifies the bodily effect of radicular entrapment, muscle spam, facet syndrome, osteoarthicular and discopathy conditions at same evaluation (Brioschi, 2010).

### **Myofascial Pain Syndrome – MPS**

From the extreme of malingerer to the frustrating dilemma of intractable chronic myofascial pain, the documentation of this alteration is in the majority of the cases subjective and a dilemma. One of the basic indications and clinical uses of infrared (IR) imaging is documentation of soft tissue pathology, particularly in conditions which cannot be demonstrated on radiologic tests, electroneuromyography or laboratory workup. Chronic pain is a critical public health problem (Gerwin, 2001). A vast number of patients in specialty pain management centers and 95% of people with chronic pain disorders have MPS (Fishbain et al, 1986). MPS is a common, nonarticular musculoskeletal disorder, characterized by myofascial trigger point (MTrPs)—hard, palpable, discrete, localized nodules located within taut bands of skeletal muscle that are painful on compression. MTrPs can be either active or latent (Simons et al, 1999). An active myofascial trigger point (A-MTrP) is associated with spontaneous pain in which pain is present without palpation. This spontaneous pain can be at the site of the MTrP or remote from it. However, firm palpation of the A-MTrP increases pain locally and usually reproduces the subject’s remote pain (Fernandez-de-Las-Penas, 2007). A latent myofascial trigger point (L-MTrP) is not associated with spontaneous pain, although pain can often be elicited in an asymptomatic subject by a mechanical stimulus, such as finger pressure over the L-MTrP (Lucas, 2008). In someone with a spontaneous pain complaint, thorough palpation of the myofascial tissue is required to identify and differentiate an A-MTrP from an L-MTrP. Pain elicited by palpation of an L-MTrP in a symptomatic subject is qualitatively different from the subject’s pain complaint.

Despite the high prevalence of MPS (Gerwin, 2001; Fishbain et al, 1986; Fernandez-de-Las-Penas, 2007; Rosomoff et al, 1989; Calandre et al, 2006; Skootsky et al, 1989) its pathophysiology is unclear. It is unknown whether the nodules are a result of ongoing anatomic and physiologic abnormalities, or whether they occur independently of other abnormalities in surrounding soft tissue. The current diagnostic standard for myofascial pain is based on palpation for the presence of trigger points in a taut band of skeletal muscle and an associated symptom cluster that includes referred pain patterns (Simons et al, 1999). Unfortunately, few physicians receive training in the clinical diagnosis of myofascial pain.

Moreover, the physical examination has been reported to be unreliable (Hsieh et al, 2000), and until recently, there has been no clearly demonstrable underlying pathology associated with the physical findings of trigger points and taut bands (Shah et al, 2005; 2008; Chen et al, 2007; Simons, 2008; Sikdar et al, 2008).

Current approaches for pain relief include needling (with or without injection) and massage therapy. The lack of objective clinical outcome measures has been a barrier for critically evaluating the efficacy of these therapeutic methods. All of these factors have led to a lack of consensus on myofascial pain as a clinical entity and have contributed to the uncertainty about the pathogenesis and pathophysiology of trigger points (Wheeler, 2004).

Therefore, there is a need to develop objective, repeatable, and reliable diagnostic tests for identifying MTrPs and evaluating treatment outcome measures. Such measures can be used to properly diagnose and understand the natural history of MTrPs and to determine the underlying mechanisms relevant to the development, amplification and resolution of myofascial pain. Literature findings show that infrared imaging techniques can be used to distinguish myofascial tissue containing MTrPs from normal myofascial tissue (lacking trigger points). Infrared imaging enables visualization and some characterization of MTrPs and adjacent soft tissue.

Much work has been done by Andrew A Fischer in the medical field utilizing infrared imaging for diagnosis and management of trigger

points (1984). The first objective measure to document trigger points by thermography was done by him. He also correlated the use of pressure algometry with thermography and found a high correlation which was statistically significant. After Weinstein (1986) studies from New Jersey Medical School evaluated cervical region in 250 patients. They set up the technique to establish the presence or absence of MTrPs, as defined above:

- localized area of temperature elevation
- 5-10 mm in diameter
- disc-shaped
- at least 1.0°C elevated compared to the opposite side or surrounding areas
- area must match the patient's pain diagram
- not extinguishable by alcohol spray to the involved surface

The thermographic finding of a hot spot overlying the MTrP is not from head conduction but rather a vasodilatory somatocutaneous reflex response to nociceptive impulses. The pain reference zone of the MTrP may often display a thermal finding of hyper-radiation or hyper-radiation into the autonomic referral area. MTrPs of the piriformis or gluteus minimus can typically be misdiagnosed as sciatic radiculopathy. Infrared imaging will be extremely helpful in cases where the patient complains of chronic referred pain into the extremity and has been incorrectly diagnosed with radiculopathy. Thermal imaging will display a "myofascial pattern" as opposed to a typical neurogenic/radicular pattern seen in radiculopathy cases. MTrPs can be involved in many disorders such as hyperextension/hyperflexion cervical injuries, disc injuries, TMJ, and overuse injuries. Infrared imaging is helpful in TMJ disorders since muscles like the masseter, temporalis, and pterygoids will often be hyperirritable with taut bands and MTrPs. IR imaging may be used not just as a diagnostic tool but as a treatment assessment tool as well. There was an alteration of the skin thermal profile after MTrPs local anesthesia/dry needling demonstrating an immediate neurovegetative sympathetic response.

**Literature review:** Diakow (1992) carried out a study to observe whether the active MTrPs exhibited a hyper-radiation region extending along the referred pain area when compared to a L-MTrP, with a negative presupposition. Additionally, the author analyzed a subgroup of 25 patients with joint dysfunction that could be the cause of the hyper-radiation in the same area of referred pain of the MTrPs. When this subgroup was suppressed, the distinction between the A-MTrP and the latent ones increased. Of the remaining 104 patients, there was an increase in specificity of 70% to 82%, sensitivity remained constant at 74% and there was an increase of Cohen's Kappa from 0.44 to 0.54.

Fischer and Chang (1986) tried to examine the hyper-radiation points of the gluteal region of 14 patients with lumbar pain. The hyper-radiating points correlated with the painful points in 13 muscles and 1 ligament. The lower pressure points at the algometry correlated significantly with the hyper-radiating points when compared to the contralateral opposite side ( $p < 0.01$ ). The hyper-radiation points apparently are painful points Brioschi et al (2004) evaluated 304 patients with chronic MPS with IR imaging before and after anesthetic infiltration or dry needling. The hot spots corresponded to painful areas that represented A-MTrP at the clinical examination. They could be corroborated by local sensitivity and the confirmation of the patients' complaints. The referred pain areas showed to be thermally asymmetric with the corresponding side. The L-MTrP, which were not objective complaints of the patients during the IR assessment, were also detected as hot spots. The presence of these L-MTrP can be confirmed by the algometry in these areas. After infiltration/needling there was alteration of the thermal profile, showing an immediate sympathetic neurovegetative response.

Menachem, Kaplan and Dekel (1993) found a hyper-radiation image corresponding to the MTrPs and local crepitation as the only positive findings in 60% of the patients with scapular girdle pain due to levator scapula syndrome. A total of 75% of them experienced pain relief after being treated with local injections of steroids directed by the IR imaging.

Sucher (1990) described four cases of thoracic outlet syndrome with a primarily myofascial etiology, involving the scalene and pectoralis minor muscles, in whom the IR imaging was the only finding of the complementary examination in addition to the clinical assessment.

Wang, Long and Zhu (1998) described the use of the IR imaging in the identification of the “Ah Schi” points (MTrPs) in the TMJ region, as well as in the acupuncture treatment follow-up.

The IR imaging findings represent an objective mean to document MTrPs, thus corroborating with the subjective patient’s complaints. The documentation of MTrPs by IR imaging is important to introduce the most adequate treatment directed the pain cause as well as to evaluate its response. Infrared thermography is a useful diagnostic tool for the diagnosis and management of MTrPs. Since MPS are clearly a large part of any neuromusculoskeletal type practice, thermography is a useful tool for clinical practice.

**Fibromyalgia (FMS).** Fibromyalgia syndrome (FMS) diagnosis, characterized by chronic widespread musculoskeletal pain, disturbed sleep, fatigue, depressive mood, anxiety, is eminently clinical and depends cautious evaluation. According to Gerwin (1995), 50% of the patients with fibromyalgia can present associated MTrPs. The terms tender points (important for the diagnosis of FMS) and MTrPs (main feature of the MPS) must not be confused. Different from the hot spots of MTrPs, the tender points appear more spread and exhibit lower homogeneous temperature at thermograms. Scudds et al (1995), used IR imaging to examine the back of 49 patients with FMS and 19 with MPS, at rest, together with the algometry study of the referred pain. They observed that the mean skin temperature of the patients with MPS was 0.65% °C higher than that of patients with FMS. This study suggests that patients selected primarily by MTrPs are more prone to exhibit hyper-radiation than patients with FMS. Biase et al (1994) using IR imaging, evaluated 156 patients with FMS and found an unspecific hyperthermal pattern on the painful muscular areas, indicating the method as an adjunct in diagnosis attainment as well as in the patients’ follow-up. Ammer et al

(1995) revealed a diagnostic accuracy of 60% in SFM by infrared imaging. The hyper-radiant areas were greatest in SFM patients and the smallest in healthy subjects. More than 7 hyper-radiant areas seem to be predictive for tenderness of more than 11 out of 18 specific sites (Ammer, 1999). Based on the count of hyper-radiant homogeneous areas, 74.2% of 252 subjects (161 FMS, 71 with widespread pain but less than 11 tender sites out of 18, and 20 healthy controls) have been correctly diagnosed (Ammer et al, 2001). Brioschi et al (2008) found in all 226 patients suffering from SFM a high diffuse homogeneous trunk hyper-radiant pattern, called “mantle sign” when compared with 34 normal subjects. This was also easily differentiated from the hot spots present in MPS. The author finds cold extremities (vasospasm) and peripalpebral hyper-radiation related to sleep disturbances (owl eyes) associated but didn’t find no specific images or hot spots for tender points at classical regions of the body. The hyper-radiating “mantle sign”, cold extremities and also “owl eyes” resulted in a FMS thermographic impression. It had significant difference of the standard of cutaneous thermal distribution between all patients with SFM and normal controls. Being that it was possible to classify them by means of IR imaging and to establish quantification criteria of the presence or not of the illness. Being overcome for base the clinical criteria of the American College of Rheumatology for SFM the clinical correlation with infrared imaging was possible and demonstration of one prop up thermographic diagnosis. The authors recommend thermography inspection in the cases of spread diffuse chronic pain not only for the medical-legal aspect related to malingering but also to verify associated suffering hidden diseases as seronegative arthritis, peripheral neuropathies, MPS, depression and others (Teixeira, Yeng, Kaziyama, 2007). The abnormal hyper-radiant large image but symmetrical, confirms the central nervous system dysfunction associated with this disease (Brioschi, et al., 2010).

### **Temporomandibular Disorders (TMDs)**

TMDs, or temporomandibular joint and muscle (TMJ) disorders are disorders of the jaw joint and the attached muscles. The three ca-

tegorias of TMD are myofascial pain, internal derangement of the joint, and arthritis. TMJ may accompany other disorders such as chronic fatigue syndrome, fibromyalgia, and rheumatoid arthritis, or may occur in response to trauma. Symptoms include: pain, stiffness, limited movement, malalignment of teeth, and/or a painful noise on opening and closing of the mouth (National Institute of Dental and Craniofacial Research [NIDCR], Jun, 2006).

TMDs are difficult to diagnose because the exact etiology and symptoms are unclear. There are no widely accepted standard tests for diagnosing the disorders. In the majority of cases, the patient's symptoms combined with a physical examination of the face and jaw provided sufficient information to diagnose these disorders. Routine x-rays may be used to identify underlying osteoarthritis or other bony abnormalities of the TMJ. Arthrography, magnetic resonance imaging (MRI), and computed tomography (CT) are generally not indicated, although selected studies may be appropriate for persistent TMD when clinical examination indicates the presence of internal derangement and surgery is being considered. Thermography is proposed as an effective diagnostic tool because it records variations in facial skin surface temperatures seen in areas affected by TMD (McBeth, et al., 1996). It has been shown that normal subjects have symmetrical thermal patterns over the TMJ regions of their face. Normal subjects had  $\Delta T$  values of  $0.1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ) (Gratt, 1995). Patients with painful internal derangements of the TMJ have warm areas over the joint, and those with myogenic facial pain symptoms have areas of variable temperature over the masseter muscle. Painful TMJ patients with internal derangement and painful TMJ osteoarthritis were both found to have asymmetrical thermal patterns and increased temperatures over the affected TMJ, with mean area TMJ  $\Delta T$  of  $+0.4^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ) (Gratt, 1994). After successful nonsurgical treatment of these conditions, the thermograms return to normal.

**Literature Review:** McBeth et al. (1996) conducted a blinded study (n=39) performing thermography on patients undergoing orthodontic treatment, patients with TMD and a control group. The findings

indicated that thermographic imaging could separate normal patients from patients with pain and correlated well with clinical findings. Thermography identified painful clicking TMD with a sensitivity of 87% and no painful clicking (controls) with a specificity of 86%. The results also demonstrated a strong correlation with pain to muscle palpation.

## Breast Cancer

Types of breast cancers include: ductal, lobular, invasive ductal, invasive lobular, phyllodes tumor, tubular carcinoma, mucinous carcinoma, and medullary cancer. Breast cancer can be localized, or it can metastasize to other parts of the body. Accepted screening methods for breast cancer include: breast self-examination, clinical breast examination, and mammography.

Mammography has been the gold standard for screening breast cancer, though as a screening tool its sensitivity and specificity are limited. Mammography, the current standard first-line imaging modality, cannot make the diagnosis of breast cancer but only reflect an abnormality that could then prompt the clinician to intervene rather than to observe. This decision is crucial since it is at this first level that sensitivity and specificity are most vulnerable. The sensitivity of mammography in the general population is believed to reside between 75% to 90% with a positive predictive value of only 25%. (Harris, et al, 1992; Donegan et al, 1992; Elmore et al, 1998; Salhab, 2005). With mammography there is a risk of rupture of the encapsulation of a cancerous tumor and potentially release malignant cells into the bloodstream, as the process of taking a mammogram involves the compression of the breast tissue. Twenty-two pounds of pressure is sufficient to rupture the encapsulation around a cancerous tumor (Hoekstra, 2001). Younger women's breast tissue is more susceptible to the effects of radiation exposure versus older women because undifferentiated cells are more vulnerable to the effects of ionizing radiation (Hoekstra, 2001). Screening mammograms might well be more dangerous for women with a family history of breast cancer and/or the BRCA 1/2 gene mutations (Friedenson, 2000). An article by Law et al (2007) further suggests

that screening prior to age 35 presents a higher risk to benefit ratio versus screening after age 40. Mammographic screening studies determined that mammogram is less effective before the age 50 (Berrington et al, 2005). This is related to a tendency for younger women to have relatively higher breast tissue density. The pronounced limitations of mammography for women with dense mammary tissue is highlighted by a study of Oestricher et al (2005) that found women with dense breasts were twice as likely to be diagnosed with breast cancer using clinical breast exams (CBE) alone. While mammography is the currently accepted gold standard for breast cancer screening, there are clearly limitations to this tool (Sobti et al, 2005). Most radiographically identified lesions are ultimately found to be benign on histologic assessment after biopsy. More than 1 million breast biopsies are performed every year in the United States and approximately 75-80% yield a benign outcome [Orel et al, 1999; Liberman et al, 1988, 2000]. Breast biopsy costs vary considerably, with the expenses ranging from less than a thousand dollars to several thousand dollars [Brenner and Sickles, 1997; Burkhardt and Sunshine, 1999; Bodai et al, 2001]. The examination inflicts pain when a needle is used, and there may be a risk of tumor cell seeding by needle insertion (Yahara, et al., 2003). Thus, noninvasive methods are needed to aid clinicians in distinguishing benign from malignant breast tissue.

Major concerns have now surfaced regarding both the reliability and the safety of mammograms. Dr. Esserman, a breast surgeon writes in JAMA: *"... screening may be increasing the burden of low-risk cancers without significantly reducing the burden of more aggressively growing cancers and therefore not resulting in the anticipated reduction in cancer mortality. To reduce morbidity and mortality from breast cancer, new approaches for screening, early detection, and prevention for both diseases should be considered"* [Esserman, 2009] (or precisely what IRT does). The American Cancer Society (ACS) chief medical officer, Otis Brawley has also revealed in the NY Times that "...there has been a 40 percent increase in breast cancer diagnoses and a near doubling of early stage cancers with mammography, but just a 10 percent decline

in cancers that have spread beyond the breast to the lymph nodes or elsewhere in the body" [Kolata, 2009]. All this has revealed that mammography whilst identifying many small indolent tumours can miss the more active and thus more dangerous ones. Furthermore, once a woman has had 5 or more mammograms, the risks of developing cancer significantly increases (1.5 to 2.5 fold increase) from the accumulative radiation [Jansen-van der Weide, 2009]. This recent flurry of adverse reports in leading medical journals resulted in the ACS presumably mindful of possible litigation, hastily changing their mammography recommendations. The previous directive of annual mammograms from age 40 changed to a recommendation to start 10 years later and only have a mammogram every other year.

Ultrasound and CBE are adjunctive approaches used in the breast screening process, particularly for women with mammographically dense breasts. However, the sensitivity of ultrasound declines in detecting nonpalpable tumors such as microcalcifications (Osako et al, 2007). The overall accuracy of ultrasound has been found to depend on three factors: quality of the tools, expertise of the physician in conducting the procedure and in interpreting the image, and the use of a multidisciplinary approach for breast cancer detection (Khalkhali et al, 2005).

There is now new emphasis on developing functional imaging that can exploit early vascular, immunological and metabolic changes associated with tumor initiation that often predate morphological changes that most of current structural imaging modalities still depend on; thus, the enthusiasm in the development of scintimammography [Khalkhali et al, 1995], Doppler ultrasound [Kedar et al, 1994], and MRI [Weinreb et al, 1995]. Although these techniques are associated with a number of disadvantages that include exam duration, limited accessibility, need of intravenous access, patient discomfort, restricted imaging area, difficult interpretation and limited availability of the technology. Like ultrasound, they are more suited to use as second-line options to pursue the already abnormal clinical or mammographic evaluation. While practical, this step-wise approach cur-

rently results in the nonrecognition, and thus delayed utilization of second-line technology in approximately 10% of established breast cancers [Moskowitz, 1995]. This is consistent with a study published by Keyserlingk et al [1998].

Thermography, first introduced as a breast screening tool in 1956 has been approved for use by the FDA since 1982 and was initially well accepted (Moore, 2001). No single screening tool provides excellent predictability but a combination of tools that also incorporates thermography has been shown to boost both sensitivity and specificity. In light of developments in computer technology, and the maturation of the thermographic knowledge, additional researches are confirming the potential of this technology to provide a more effective noninvasive adjunctive tool to provide early detection of breast cancer.

Although thermography has been proposed as a complementary screening tool for the detection of breast cancer it provides a reflection of functional tumor-induced angiogenesis and metabolic activity rather than structurally based parameters (i.e., tumor size, architectural distortion, and microcalcifications). Recent advances in cancer research have determined that the biological activity of a neoplasm is far more significant an indicator of aggressiveness than the size of the tumor. As a direct reflection of the biological activity in the breast, infrared imaging has been found to provide a significant biological **risk marker for cancer**. Isard et al. stated in 1972 that MTI does not diagnose breast cancer, but shows the presence of abnormality.

In a study of 10,000 women screened, Gautherie (1982) found that, when applied to asymptomatic women, thermography was very useful in assessing the risk of cancer by dividing patients into low- and high-risk categories. This was based on an objective evaluation of each patient's thermograms using an improved reading protocol that incorporated 20 thermopathological factors.

A screening of 61,000 women using thermography was performed by Spitalier et al (1982) over a 10-year period. Sensitivity and specificity of the method was 89%, respectively. The authors concluded that "in patients having no clinical or radiographic suspicion of malignancy,

a persistently abnormal breast thermogram represents the highest known risk factor for the future development of breast cancer."

From a patient base of 58,000 women screened with thermography, Gros and associates (1980) followed 1,527 patients with initially healthy breasts but abnormal thermograms for 12 years. Of this group, 44% developed malignancies within 5 years. The study concluded that "an abnormal thermogram is the single most important marker of high-risk category for the future development of breast cancer with a 94% predictive value".

Spitalier and associates followed 1,416 patients with isolated abnormal breast thermograms for 8 years and found that a persistently abnormal thermogram was associated with an actuarial breast cancer risk of 26% at 5 years [Spitalier et al, 1983]. Within this study, 165 patients with non-palpable cancers were observed. Thermography was the only test that was positive when compared to mammography and ultrasound in 53% of these patients at the time of initial evaluation.

It was concluded that:

1. A persistently abnormal thermogram, even in the absence of any other sign of malignancy, is associated with a high risk of developing cancer.
2. This isolated abnormality also carries with it a high risk of developing interval cancer, and as such the patient should be examined more frequently than the customary 12 months.
3. Most patients diagnosed as having minimal breast cancer have abnormal thermograms as the first warning sign [Amalric et al, 1984; Spitalier et al, 1983].

In a study by Gautherie and associates (1983), the effectiveness of thermography in terms of survival benefit was discussed. The authors analyzed the survival rates of 106 patients in whom the diagnosis of breast cancer was established as a result of the follow-up of thermographic abnormalities found on the initial examination when the breasts were apparently healthy (negative physical and mammo-

graphic findings). The control group consisted of 372 breast cancer patients. The patients in both groups were subjected to identical treatment and followed for 5 years. A 61% increase in survival was noted in the patients who were followed-up due to initial thermographic abnormalities. The authors summarized the study by stating that “the findings clearly establish that the early identification of women at high risk of breast cancer based on the objective thermal assessment of breast health results in a dramatic survival benefit [Gautherie et al, 1983; Jay and Karpman, 1983].”

The scientific literature have demonstrated that the chemical and blood vessel activity in cancerous and pre-cancerous breast tissue is at a higher than normal level due to the need for an abundant supply of nutrients to maintain the growth of the abnormal cells and neovascularization development. Anbar (1994) suggested a tumour induced vasodilatation by nitric oxide (NO) as a potential reason for an early appearance of the cancer on the thermographical image. An increased NO-production by cancer cells is revealed by a weaker modulation of the temperature regulation. This nutritional need creates an increase in circulation in the diseased area and emits a higher than normal surface temperature, which is identified by thermography. A direct connection between NO production and aggressiveness of the carcinoma cells was ascertained. The dilated blood vessels enable a better oxygen supply to the carcinomatous tissue, and on the other side they permit an easier invasion of the tumor cells into the bloodstream (Anbar et al., 2000). Viacava et al (2004) found a significant increase in micro-vessel density, dependent on the severity of the breast lesion.

This modality is capable of quantifying minute temperature variations and qualifying abnormal vascular patterns, associated with regional angiogenesis, neovascularization, and nitric-oxide-induced regional vasodilatation [Anbar, 1994], frequently associated with tumor initiation and progression, and potentially an early predictor of tumor growth rate [Head and Elliot, 1995; Guidi and Schnitt, 1996].

According to Notter and Melander (1968), within the relatively homogenous tissue of the female breast at 23°C ambient temperature

an externally induced cooling of the tissue is measurable down to a depth of 4 cm. In the range of this temperature gradient even small sources with diameters of a few millimeters and 0,5 to 2°C difference in temperature may lead to detectable increases of skin temperature (Engel, 1983). Principally an intensified external cooling causes an increase in pathologically induced differences of skin temperature (Lloyd-Williams and Handley, 1961). Additional cooling with a fan or ice water raised the sensitivity to 96,5% (Sciarra, 1983; Gautherie, 1983; Louis et al., 1982).

Thermography was included in the US national multicenter breast cancer detection demonstration program from 1973 through 1982, conducted by the Working Group of the Breast Cancer Detection Demonstration Projects (BCDDP). Three methods of breast cancer detection were studied: physical examination, mammography, and infrared imaging (breast thermography). Because the poor study design the detection rate with thermography was 42% compared to 92% for mammography.

**Poor Study Design** - While this report describes in detail the importance of quality control of mammography, the entire protocol for infrared imaging was summarized in one paragraph and simply indicated that infrared imaging was conducted by a BCDDP trained technician. Working Group was unable to conclude, with their limited experience, whether the findings were related to the then existing technology of IR imaging or with its application. They did, however, indicate that the decision to dismiss IR imaging should not be taken as a determination of the future of this technique, rather that the procedure continued to be of interest because it does not entail the risk of radiation exposure.

In the Working Group’s final recommendation, they state that “infrared imaging does not appear to be suitable as a substitute for mammography - for routine screening in the BCDDP” but could not comment on its role as a complementary modality. The report admitted that several individual programs of the BCDDP had results that

were more favorable than for the BCDDP as a whole. They also recommended that high priority be given to development and testing of IR imaging under carefully controlled study conditions. They noted that a few suitable sites appeared to be available among the BCDDP and proposed that developmental studies be solicited from the sites with sufficient experience.

Further insight into the inadequate quality control assigned to IR imaging during this program was provided by JoAnn Haberman, who was a participant in that project [1986]. The author reiterated that expertise in mammography was an absolute requirement for the awarding of a contract to establish a Screening Center. However, the situation was just the opposite with regard to infrared imaging – no experience was required at all. As no experience was required, when the 27 demonstration projects opened their doors, only five of the centers had pre-existing expertise in IR imaging. Of the remaining screening centers, there was no experience at all in this technology. Finally, more than 18 months after the BCDDP project had begun, the NCI, recognizing this problem, established centers where radiologists and their technicians could obtain further training in IR imaging.

Unfortunately, only 11 of the demonstration project directors considered this training of sufficient importance to send their technologists. In some centers, it was reported that there was no effort to cool the patient prior to examination. In other centers, there was complete lack of standardization, and a casual attitude prevailed with reference to interpretation of results. While quality control of this imaging technology could be considered lacking, it was nevertheless subjected to the same stringent statistical analysis as was mammography and clinical breast examination.

In summary, with regard to thermography, the BCDDP was plagued with problems and seriously flawed in four critical areas: (1) Completely untrained technicians were used to perform the scans, (2) The study used radiologists who had no experience or knowledge in reading infrared images, (3) Proper laboratory environmental controls were completely ignored. In fact, many of the research sites were

mobile trailers with extreme variations in internal temperatures, (4) No standardized reading protocol had yet been established for infrared imaging. The BCDDP was also initiated with an incorrect premise that thermography might replace mammography. From a purely scientific point, an anatomical imaging procedure (mammography) cannot be replaced by a physiological one. Last of all, and of considerable concern, was the reading of the images. It wasn't until the early 1980's that established and standardized reading protocols were introduced. Considering these facts, the BCDDP could not have properly evaluated infrared imaging. With the advent of known laboratory environmental controls, established reading protocols, and state-of-the-art infrared technology, a poorly performed 20-year-old study cannot be used to determine the appropriateness of thermography.

The American Cancer Society Guidelines for Breast Cancer Screening, an adaptation of the 2001 Institute of Medicine assessment of the evidence for various breast cancer screening modalities, didn't refuse thermography but neither classified as a method of screening tool until that time (Smith RA et al., 2003). This position must be reanalyzed with the recent published papers that express disapproval of the actual strategy for first-line breast cancer detection.

Current first-line breast cancer detection strategy still depends essentially on clinical examination and mammography. The limitations of the former, with its reported sensitivity rate often below 65% is well recognized [Sickles, 1984], and even the proposed value of self-breast examination is now being contested [Thomas et al, 1997]. While mammography is accepted as the most reliable and cost-effective imaging modality, its contribution continues to be challenged with persistent false-negative rates ranging up to 30% [Moskowitz, 1983; Elmore et al, 1994]; with decreasing sensitivity in patients on estrogen replacement therapy [Laya, 1996]. In addition, there is recent data suggesting that denser and less informative mammography images are precisely those associated with an increased cancer risk [Boyd et al, 1995].

Eventually lobbying efforts at Coverage Companies and at Medicare try do not support the use of thermography and brought about

the removal of thermographic coverage by insurance companies, demising of thermography in large measure (Hayes, 2006). Fortunately this insurance mentality is changing for some diseases as CRPS (State of Colorado Division of Workers' Compensation Medical Treatment Guidelines, 2006). Now that time has taught us much more, the value of thermography has been re-established. It has been estimated by a number of experts that thermography is correct 8-10 years before mammography can detect a mass.

**Literature Review:** In *Cancer* in 1980, Gautherie and Gros reported their experience with a group of 1,245 women who had a mildly abnormal IR image along with either normal or benign disease by conventional means, including physical exam, mammography, ultrasonography, and fine needle aspiration or biopsy. They noted that within five years, more than a third of this group had histologically confirmed cancers. They concluded that IR imaging is useful not only as a predictor of breast cancer risk but also to identify the more rapidly growing neoplasms. Gros and Gautherie (1980) determined during screening of 85.000 patients a sensitivity of 90% and a specificity of 88%.

The following year, Amalric, et al. (1981), expanded on this concept by reporting that 10% to 15% of patients undergoing IR imaging will be found to be mildly abnormal when the remainder of the examination is essentially unremarkable. They noted that among these "false positive" cases, up to 38% will eventually develop breast cancer when followed closely. In 1981, Mariel et al carried out a study in France on 655 patients and noted an 82% sensitivity. Two years later, Isard [1984] discussed the unique characteristics and respective roles of IR imaging and ultrasonography and concluded that, when used in conjunction with mammography in a multi-imaging strategy, their potential advantages included enhanced diagnostic accuracy, reduction of unnecessary surgery, and improved prognostic ability. The author emphasized that neither of these techniques should be used as a sole screening modality for breast cancer in asymptomatic women but rather as a complementary modality to mammography.

In 1984, Nyirjesy et al reported in *Obstetrics and Gynecology* a 76% sensitivity for IR imaging of 8767 patients. The same year, Bothmann et al [1984] reported a sensitivity of 68% from a study carried out in Germany on 2702 patients. In 1988, Usuki published the results of a Japanese study indicating an 88% sensitivity.

In 1993, Head and Elliott reported that improved images of the second-generation of IR systems allowed more objective and quantitative visual analysis. They also reported that growth-rate-related prognostic indicators were strongly associated with the IR results [1995].

The concept of angiogenesis, suggested by Gamagami as an integral part of early breast cancer, was reiterated in 1996 by Guido and Schnitt [1996], whose observations suggested that angiogenesis is an early event in the development of breast cancer. Angiogenesis arises within tumours from a size of 100 cells. They noted that it may occur before tumor cells acquire the ability to invade the surrounding stroma and even before there is morphologic evidence of an in situ carcinoma. Li et al (2000) found that angiogenesis arises within tumours from a size of 100 cells. In 1996, in his highly reviewed textbook entitled *Atlas of Mammography - New Early Signs in Breast Cancer*, Gamagami [261 studied angiogenesis by IR imaging and reported that hypervascularity and hyper-radiation could be shown in 86% of nonpalpable breast cancers. He also noted that in 15% of these cases, infrared imaging helped to detect cancers that were not visible through mammography. Angiogenesis is the first sign appearing on mammography before the appearance of image of breast cancer, predicting in 91% of the cases which breast might develop breast carcinoma. This is an important finding in the detection of the early stages of breast cancer development. So infrared imaging goes hand in hand with mammography. Infrared imaging was found to be the only test showing the efficiency of chemotherapy in inflammatory breast carcinoma. Anti-angiogenesis therapy is now one of the most promising therapeutic strategies and has been found to be pivotal in the new paradigm for consideration of breast cancer development and treatment [Love and Barsky, 1996].

The underlying principle by which thermography (infrared imaging) detects pre-cancerous growths and cancerous tumors surrounds the well documented recruitment of existing vascularity and neoangiogenesis which is necessary to maintain the increased metabolism of cellular growth and multiplication. The biomedical engineering evidence of thermography's value, both in model in-vitro and clinically in-vivo studies of various tissue growths, normal and neoplastic, has been established [Draper, 1971; Love, 1980; Chato, 1980; Jain and Gullino, 1980; Gautherie, 1980, 1983; Gamigami, 1996].

Anbar [1994], using an elegant biochemical and immunological cascade, suggested that the empirical observation that small tumors capable of producing notable IR changes could be due to enhanced perfusion over a substantial area of breast surface via tumor-induced nitric oxide vasodilatation. Nitric oxide is a molecule with potent vasodilating properties. It is synthesized by nitric oxide synthase (NOS), found both as a constitutive form of nitric oxide synthase (c-NOS), especially in endothelial cells, and as an inducible form of nitric oxide synthase (i-NOS), especially in macrophages [Rodenberg et al, 1995]. NOS has been demonstrated in breast carcinoma [Thomsen et al, 1995] using tissue immunohistochemistry, and is associated with a high tumor grade. Given the correlation between infrared imaging and tumor grade, as well as NOS levels and tumor grade, it is possible that infrared findings may correlate with tumor NOS content.

The detection rate in a series where half the tumors were under 2 cm would suggest that tumor-induced thermal patterns detected by currently available IR technology are more dependent on early vascular and metabolic changes. These changes possibly are induced by regional nitric oxide diffusion and ferritin interaction, rather than strictly on tumor size [Anbar, 1994]. This hypothesis agrees with the concept that angiogenesis may precede any morphological changes [Guidi and Schnitt, 1996].

Keyserlingk et al. (2000) reported a series of 100 cases with histologically confirmed breast cancer. Four were in non-invasive state, 42 in state I, and 54 in state II. All cases had been examined clinically,

mammographically and thermographically. 61% of the cases exhibited clinical signs, 66% were mammographically positive, and 83% presented abnormal infrared signs, the same percentage as for the combination of clinical and mammographical results. Combination of mammographically positive with abnormal infrared results was found in 95% of the cases. A further increase to 98% was obtained when cases with clinical signs were added. Average size of the tumors not detected by mammography was 1.66 cm, compared to 1.28 cm for infrared imaging. In an additional series with 100 benign tumors, only 19% displayed an abnormal thermography, and 30% were mammographically positive.

More recently, in a prospective double-blind clinical trial (n=92), Arora et al. (2008) at Cornell assessed the effectiveness of digital infrared thermal imaging (DITI) in a group of patients with suspicious findings on either mammography or ultrasound. All patients underwent biopsy. DITI correctly identified 58/60 malignancies, with 97% sensitivity, and 82% negative predictive value depending on the mode used. To accurately assess the true specificity of DITI in this study the authors pointed the need of a new study by separate population with non-suspicious breast pathology (Arora, et al., 2008). The authors also assumed that patients who could potentially stand to benefit from this technology are those whose diagnosis of breast cancer can be difficult, including younger women, men, patients with dense breasts, or patients with surgically altered breasts (implants, breast reduction; provided nipples are intact for orientation and asymmetry analysis). Furthermore, apparent "false" positives with IRT that were also noted in the Parisky study, should not be dismissed as such but require not only close monitoring but also interventions to potentially improve breast health.

A four-year, multicenter trial using data from a blinded subject set (n=769 patients/875 biopsied lesions) resulting in 187 malignant and 688 benign findings was conducted to "determine the efficacy of a dynamic computerized infrared imaging system for distinguishing between benign and malignant lesions in patients undergoing biopsy on

the basis of mammographic findings” (Parisky et al, 2003). During the entire course of the study, more than 2400 subjects underwent infrared imaging. The subjects were recruited from five sites that are located in Los Angeles; in Baltimore; in Washington, DC; near Boston; and in Miami. These investigators tried to identify emerging characteristic thermal patterns on thermal images of breasts, in response to external cooling by a stream of cold air. In this study Parisky used hundreds of sequential thermal images. This subset of what has been done in University at Buffalo (SUNY) 4 years earlier is based on Anbar’s hypothesis that vasculature surrounding cancerous lesions is less likely to respond to sympathetic vasoconstriction induced by cold stimuli (Anbar et al, 2001). The findings corroborated this hypothesis. The index of suspicion resulted in a 97,5% sensitivity in the detection of breast cancers also in patients with extremely dense breast tissue and those with ductal carcinoma in situ. In addition, the study revealed that in very dense breasts, which are quite difficult to analyse with mammography, thermography had a 98% negative predictive value. They concluded that infrared imaging offers a safe, noninvasive procedure that would be valuable as an adjunct to mammography determining whether a lesion is benign or malignant.

Infrared imaging of the breast may also have critical prognostic significance since it may correlate with a variety of pathologic prognostic features such as tumor size, tumor grade, lymph node status, and markers of tumor growth [Schmitt et al, 1995]. One possibility for these infrared findings is increased blood flow due to vascular proliferation (assessed by quantifying the microvessel density [MVD]) as a result of tumor-associated angiogenesis. Although in only one study, (Sterns et al, 1996), with limited experience with IR, the MVD did not correlate with abnormal infrared findings. However, the imaging method used in that study consisted of contact plate technology (liquid crystal thermography [LCT]), which is not capable of modern computerized analysis. Consequently, LCT does not possess the discrimination and digital processing necessary to begin to correlate histological and discrete vascular changes [Inaba, 1993].

Yahara et al. (2003) recorded tumor temperatures in 48 women with primary invasive ductal carcinomas using needle type thermometers. The thermometer was inserted into the core area of the tumor, the area surrounding the tumor, and the normal tissue of the contralateral breast. It was reported that abnormalities in temperature were reflected by thermography. Microvessel density around the tumour correlated with the core temperature of the tumor. The higher the temperature was, the more intensive and larger the hyper-radiant area represented as “hot spot” on the surface of the breast. Also it was proved that vascular and chemical effects are more related to the hot spots at thermography than the size or metabolic index of the tumor. Other physiologic contributing factors, such as the distance from the skin to the tumor, age, menopausal status, menstrual cycle and abnormal peripheral vascular hemodynamic behavior due to other disease are also related to the abnormal thermal pattern. It indicates the further weight of functional characteristics than anatomical of thermography evaluation. The clinical value and significance of thermography is becoming more comprehensible with improvements in the technology, the authors suggested that worth that the modality must be re-evaluated. The results with contact thermography must be careful considered. Furthermore they found a significant elevated skin temperature, if there was a positive biopsy result or more than four lymph node metastases were found. Ohsumi et al. (2002) examined 340 women and found a correlation between temperature of carcinomas determined by infrared imaging and the prognosis of the patients concerning disease free interval and survival time.

There is no one screening tool currently available that provides 100% predictability of the presence of a cancerous tumor. The only definitive diagnostic tool is a biopsy.

In the past 40 years there have been numerous studies that have demonstrated thermography to have the ability to detect breast abnormalities that other screening methods may not have identified. The Ville Marie study demonstrated that thermography alone had a sensitivity of 83% in detecting breast cancer, while the combination of

mammography and thermography had a 95% sensitivity (Keyserlingk et al, 2000).

Higher temperature difference (T) and increased vascular asymmetry are potential prognostic factors of tumor aggressivity. There is a possibility of reduction in IR changes after preoperative chemotherapy following reflecting reduction in neoangiogenesis and thus treatment efficiency. This is important current interest in new angiogenesis-related therapeutic strategies. So thermography can contribute to monitoring postoperative patients and has potentially to recognize recurrent cancer.

Integrating IR imaging, a safe and practical modality, into the first-line strategy, can increase the sensitivity at this crucial stage by providing an early warning of an abnormality that in some cases is not evident in the other components. Combining IR imaging and mammography in an IR-assisted mammography strategy is particularly appealing in the current era of increased emphasis on screening by imaging and less reliance on palpation as tumor size further decreases.

### Raynaud's Disease

Raynaud's disease, or Raynaud's phenomenon (RP), is a disorder characterized by episodes of vasospasm, resulting in decreased blood flow to the fingers and toes, and in some cases to the nose, ears, nipples, and lips. Raynaud's disease is considered primary Raynaud's when the etiology is unknown. Secondary Raynaud's, or Raynaud's phenomenon, occurs along with an underlying condition (e.g., rheumatoid arthritis, atherosclerosis, Buerger's disease). In secondary Raynaud's, treatment depends upon the underlying condition. Raynaud's is diagnosed by history and physical examination and, in some cases, by a cold simulation study (National Heart Lung and Blood Institute [NHLB], 2006). Due to the temperature changes experienced by Raynaud's patients, a long time thermography has been proposed as a diagnostic tool for this condition.

**Literature Review:** Anderson et al. (2007) conducted a review of patients diagnosed with PRP (n=56), systemic sclerosis (SSc) with

Raynaud's (n=45), or undifferentiated connective tissue disease (UCTD) with Raynaud's (n=21), to determine if a difference of more than one degree Celsius was specific for underlying vascular disease (e.g., as seen in systemic sclerosis) and to determine if thermography values could differentiate primary Raynaud's phenomenon (PRP) from secondary disease. Individual DDD and rewarming curve parameters were significantly different for PRP and SSc groups. There were a number of variable between the SSc and UCTD groups that differed. Thermography could be used to distinguish between PRP and UCTD compared to SSc. A DDD >18 C in any finger at 30 C had a positive predictive value of 70%, and a negative predictive value of 82%, in identifying the patient with RP secondary to SSc. From the results of the multinomial logistic regression, a score was derived incorporating age, number of fingers with DDD >18 C at 30 C and maximum rewarming gradient. This score (with a suitable cut-off) was 82% sensitive and 82% specific in identifying RP secondary to SSc, with a positive predictive value of 73% and a negative predictive value of 89%.

Foerster et al. (2007) investigated whether or not cold-response thermography could be used as a diagnostic tool and as an indicator of the therapeutic efficacy of the treatment of RP. The study included SSc patients (n=46), PRP patients (n=40) and a control group (n=53) comprised of participants without acute or chronic systemic inflammatory disease. Compared to controls, the time to regain 50% and 63% of pre-cooling temperature was significantly elevated in PRP (p<0.001 for both) and scleroderma-associated RP (p<0.001; p<0.0001, respectively).

A retrospective study (n=139) by Foerster et al. (2006) measured fingertip surface temperature in patients with RP. Skin surface temperature and blood flow were measured following exposure to cold. Patient self-assessments were also obtained. Study results indicated that the return to precooling surface temperature was significantly longer when compared to controls (i.e., 10 individuals without Raynaud's). The t values (i.e., the entire curve recorded for an individual expressed in minutes) in the RP patients were significantly increased compared to the control patients (8.08 ± 3.65 minutes vs. 3.23 ± 1.65

minutes). The t value yielded a specificity of 94.6% and predictive value of 95.3% for the presence of RP.

### **Varicocele**

A varicocele is an enlargement of the pampiniform plexus within the scrotum, and occurs when there is a backup of normal blood flow in the veins along the spermatic cord. A varicocele often develops during puberty and develops slowly. Diagnosis is made by physical examination, but a varicocele may or may not be palpable. Varicocele is a major cause of male infertility. Thermography has been proposed as a diagnostic study for varicocele because there is an increase in testicular temperature in the affected testicle due to the abnormal blood flow. Thermography results may record the difference in temperature between the affected and unaffected testicle aiding in the diagnosis of the varicocele (Medline Plus, 2007; Gat, et al., 2005; American Urology Association [AUA], 2005).

**Literature Review:** Gat et al. (2005) conducted a retrospective review of 740 consecutive infertile men, 120 of whom were prediagnosed with varicocele. Ages ranged from 20–52. All patients underwent physical examination, thermography and venography, and were treated by sclerotherapy of the internal spermatic veins. Varicoceles were identified by thermography on all men including subclinical, nonpalpable varicoceles and bypasses. Thermography detected 103 left-sided and 681 right-sided subclinical varicoceles, which were not identified by palpation but were confirmed by venography. The authors stated that the ideal treatment modality is to obtain the most detailed anatomic, physiological and pathophysiological information possible, and thermography can accomplish this goal, especially with right varicocele which is not palpable.

### **Diabetic foot**

Armstrong et al. (2006) utilized an infrared to determine if the differences in skin temperature correlated with infection severity and clinical outcomes in diabetics with foot infections. Participants

(n=332) were a subgroup from the SIDESTEP study which compared the effectiveness of antibiotics for the treatment of diabetic foot infections. Measurements were taken from the infected foot and compared to the contralateral healthy foot prior to and upon discontinuation of intravenous therapy (DCIV). If the patient was an amputee, comparison temperatures were taken at the distal aspect of the same limb. Patients with a skin temperature differential of > or =10 degrees F at baseline had a significantly lower clinical response than those whose differential was <10 degrees F (81.4% versus 94.3%; difference 12.9%; 95% CI: 3.5, 27.3%, P= 0.007).

### **Temperature Monitoring & Fever Screening**

Temperature can be recorded in order to establish a baseline for the individual's normal temperature for the site and measuring conditions. The main reason for checking body temperature is to solicit any signs of systemic infection or inflammation in the presence of a fever (core temp > 38,5°C or sustained core temp > 38°C or forehead temp > 35.6°C), or elevated significantly above the individuals normal temperature. Other causes of elevated temperature include hyperthermia. Temperature depression (hypothermia) also needs to be evaluated. It is also noteworthy to review the trend of the patient's temperature. A patient with a fever of 38°C does not necessarily indicate an ominous sign if his previous temperature has been higher. Following the severe acute respiratory syndrome (SARS) outbreak, remote-sensing infrared thermography (IRT) has been advocated as a possible means of screening for fever in travelers at airports and border crossings. During the period from April 13 to May 12 2003, 72,327 outpatients and visitors entered Taipei Medical University-Wan Fang Hospital, Taipei, Taiwan. A total of 305 febrile patients (0.42%) were detected by infrared thermography. Among them, three probable SARS patients were identified after thorough studies including contact history, laboratory tests and radiology examinations. The findings suggests that infrared thermography was an effective and reliable tool ideal for mass-screening patients with fever in the initial phase of screening for SARS pa-

tients at a busy hospital which sees approximately 3,000 outpatients every weekday during the SARS epidemic (Chiu et al, 2005).

### **Assessing CVA Risk**

The thermal imaging of the face, especially in medial supraorbital region and the ipsilateral remainder of their forehead, has been shown to be an effective method for assessing carotid occlusal disease (Friedlander, 1994). Atherosclerotic lesions in the region of the bifurcation of the common carotid artery and in the internal carotid artery are the most common cause of stroke, also called cerebrovascular accident (CVA). It is a well known major cause of death. The atherosclerotic plaques form emboli, which travel within vascular blood channels, lodging in the brain and obstruct the blood supply. The most common origin for emboli is located in the lateral region of the neck where the common carotid artery bifurcates into the internal and the external carotid arteries. It was well studied that intraluminal carotid plaques can restrict and reduce blood flow resulting in decreased facial skin temperature (Wood, 1964, 1965). Gratt (2002) demonstrated that thermography has the ability to detect a reduction of until 30% of blood flow within the carotid arteries. Thermography is an inexpensive painless screening test for preventing stroke of asymptomatic elderly adults also for preoperative risk evaluation.

### **Angiocoronary Thermography**

Thermography also can be used as a technique to detect the presence of vulnerable plaque or atherosclerotic plaque that is at high risk for rupturing and triggering unstable angina or acute myocardial infarction. The Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) notes that multiple diagnostic methods have been proposed to identify vulnerable plaques, including angiography, intravenous ultrasound (IVUS), angiography, and thermography catheters. However these methods are in the investigational phase, since none is supported by large, prospective natural history studies or by clinical studies demonstrating risk reduction.

### **Allergy**

Clark et al. utilized facial thermography to detect temperature changes during oral food challenges to assess allergic reactions (n=24).

### **Other Indications**

Other studies utilized thermography for the evaluation of ocular surface temperature in glaucoma (n=32) (Galassi, et al.), shoulder impingement syndrome (n=100) (Park, et al.). Lamey et al. investigated the use of thermography in the evaluation of minor labial salivary gland function (n=10). Thermography has also been proposed as a diagnostic tool in the assessment of arthritis, Paget's disease of bone, soft tissue injuries, muscle spasm and injury, sprains and strains, enthesopathies, tennis elbow, golfer elbow, periarthropathies of the shoulder, facial nerve neuropathy, peroneal nerve neuropathy, burn therapy, spinal conditions, inflammatory disease, deep vein thrombosis, and numerous other neurological and musculoskeletal disorders.

After 2000, several studies have utilized the high resolution thermography in various conditions. These studies have demonstrated the role of thermography in the diagnostic evaluation of various conditions. Studies with large patient populations and comparisons to conventional diagnostic tools are validating these findings and confirming the clinical utility of thermography.

### **Professional Societies/Organizations**

**American Cancer Society (ACS):** The ACS Guidelines for Breast Cancer Screening (updated 2003) reports that screen-film mammography is the current gold standard for breast cancer screening. The guidelines note that other modalities can be useful diagnostic adjuncts (e.g., ultrasound or MRI). In a discussion of mammograms and other breast imaging procedures the ACS states "no study has ever shown that it (i.e., ultrasound, MRI or thermography) is an effective screening tool for the early detection of breast cancer. It should not be used as a replacement for mammograms" (ACS, 2008). The clinical evidence indicates that the use of thermography as a potential new

imaging technology for breast cancer detection screening is not effective. Only breast biopsy can confirm a suspected cancer detected by mammography. At the present time thermography can be used only to quantify a breast cancer risk without state that its findings are a breast cancer. This not means worthless, opposite to this, it is a high level preventive instrument for women care based on its elevated abnormality sensitivity, innocuous and no touch procedure.

**National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS):** Because peripheral neuropathies may be accompanied by changes in the skin temperature, thermography has been proposed as a diagnostic tool for these conditions by the NINDS (2008b) that comprise the US National Institutes of Health (NIH). Also thermography has been proposed as a diagnostic study for low back pain to detect nerve root compression by the NINDS (2008c).

**Work Loss Data Institute (WLDI):** In their guidelines on work-related acute and chronic disorders of the neck and upper back (2007), the WLDI lists thermography as a diagnostic tool to be considered.

**Division of Workers' Compensation of Colorado State:** Its Department of Labor and Employment recognize the thermography evaluation of Complex Regional Pain Syndrome/Reflex Sympathetic Dystrophy as part of their Medical Treatment Guidelines (2006).

**American Academy of Neurology (AAN):** The AAN committee stated that thermography is a reasonable test to use in patients with CRPS/RSD (AAN, 1996).

**Council on Chiropractic Practice (CCP):** CCP issued a guideline on vertebral subluxation in chiropractic practice (2003) which included the use of skin temperature instrumentation via thermography to detect temperature changes in spinal and paraspinal tissues related to vertebral subluxation.

**American Chiropractic Association (ACA):** The ACA's Policies on Public Health and Related Matters (1999) state that infrared imaging is "germane to chiropractic practice in cases where a physiological test is required". The policies claim that thermography is a useful procedure for the diagnosis of selected neurological and musculoskeletal conditions.

**Brazilian Medical Association (BMA):** At Brazil thermography is recognized as a required healthcare agency reimbursed exam by the BMA Committee of Medical Honorarium Procedures (CBHPM). Also the Brazilian Legal Medicine Association (ABML) as Brazilian Association for Study of Pain (SBED) has official scientific Thermography Committees in their set.

**Sao Paulo University Hospital (HCFMUSP):** Actually the Neurology Department of HCFMUSP has a two years post-graduation course for medical thermography specialty.

## Summary

Classic physiologic published books, peer-reviewed literature and professional societies support skin temperature assessment as diagnostic practice utility. The measurement of this with the actual infrared thermography devices elevated the human sensibility for more than 20 times and showed the thermal map as a real time high resolution movie. There are innumerable available studies in the form of case series, retrospective reviews, narrative reviews with large patient populations, control groups and/or comparison to proven diagnostic studies. There is evidence in the peer-reviewed scientific literature to substantiate the accuracy of thermography for the study of human being vasomotor dysfunctions. The role of thermography in the diagnosis and management of several conditions is undoubted.

## BRAZILIAN CONTRIBUTION TO CLINICAL THERMOLOGY

### **PAIN MANAGEMENT**

De Almeida, D.B.; Cunali, P.A.; Santos, H.L.; Brioschi, M.; Prandini, M. **Chronic Paroxysmal Hemicrania in early Childhood: Case Report** Cephalalgia, July 2004 24: 608-609.

Brioschi, M.L.; Abramavicus, S.; Corrêa, C.F. **Value of infrared imaging in pain evaluation.** REV. DOR 2005 - Jan/fev/mar - 6 (1): 514-524.

### **ABSTRACT**

The authors review the utility of infrared imaging, known as infrared thermography or skin thermometry, in the diagnosis of neurological and musculoskeletal conditions. Infrared imaging is non-invasive, does not involve the use of ionizing radiation and is a safe procedure, may facilitate the determination of spinal nerve root and distal peripheral nerve dysfunction, contributes to the evaluation of possible autonomic nervous system dysfunction and of spinal disorders, may be useful in documenting peripheral nerve and soft tissue injuries, such as spasm, and myositis, is helpful in the diagnosis of reflex sympathetic dystrophy and can be used to follow the course of

patients after spinal surgery. In those applications, infrared imaging does not stand alone as a primary diagnostic tool, it is a test of physiological function that may aid in the interpretation of the significance of information obtained by other tests. In recent years, an increasing number of correlative studies have been published. Few of these studies can be characterized as well-controlled. Infrared imaging has a great value for study of pain.

**Keywords:** Infrared imaging, sympathetic nervous system, pain.

Brioschi, M.L.; Colman, D. **Infrared imaging for the study of pain.** REV. DOR 2005 - Jul/Ago/Set - 6 (3): 589-599.

#### **ABSTRACT**

The differential diagnosis of pain has long been a dilemma for neurologists, neurosurgeons, neurophysiologists, and pain clinics. The authors review the principles of infrared imaging in the study of pain. This is a modern method of high resolution imaging diagnosis, without contact, that demonstrates superficial microcirculation of the skin, thus reflecting the relation between neurovegetative sympathetic system (NSS) and cutaneous blood flow. Through thermal capture, with high precision, the infrared imaging can classify and categorize the involved mechanisms of NSS and pain. Different models of pain can be identified and registered by infrared imaging: referred pain (visceral, somatic), sympathetic maintained pain, spinal pain, pain of central origin. Diverse factors of cutaneous change are evaluated that reflect the microvascular functioning of the NSS. The thermocutaneous neurovegetative response in presence of pain can distinguish pain differential diagnosis and its origin. Abnormal stimulation of the NSS can modify infrared radiation of cutaneous segment. Then, infrared imaging can graphically record pain as well as any exacerbation. Infrared imaging can objectively record pain in the body dermatome areas.

**Keywords:** Infrared imaging, sympathetic nervous system, pain.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Colman, D.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. **Infrared imaging in the advanced study of visceral pain.** Rev. Dor. 2006 - Out/Nov/Dez - 7 (4): 862-874.

#### **ABSTRACT**

The authors review the main aspects of the infrared imaging of the abdomen skin in patients suffering of abdominal pain and their dynamics in the course of treatment. A stable character of the pathologic thermoasymmetry in gastritis, ulcerous disease of the stomach and duodenum, cholecystitis, pancreatitis, liver disease, salmonellosis, acute appendicitis, acute paraproctitis, pyelonephritis, malignant neoplasms, as it is found in repeated studies, allows to make a differential diagnosis subsiding with the treatment, which gets confirmed through the decline or vanishing of pathologic thermographic signs found in the repeated studies. Infrared imaging makes it possible in most cases to objectivize pain, especially in the painful zones on the abdominal wall that is registered by an elevated infrared radiation. Clinical recovery in most cases preceded temperature normalization on the abdomen. The method of infrared imaging is recommended as a diagnostic test in documentation of abdominal pain.

**Keywords:** Abdominal pain, infrared imaging, infrared rays.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Pastor, E.M.H.; Colman, D.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. **Documentation of myofascial pain syndrome with infrared imaging.** ACTA FISIATR. 2007; 14(1): 41-48.

#### **ABSTRACT**

The myofascial trigger points (TP) are involved as much pathologies of hyperextension/hyperflexion cervical injuries, disc injuries, and overuse injuries. From the extreme of malingerer to the frustrating dilemma of intractable chronic myofascial pain, the documentation of this alteration is in the majority of the cases subjective and a dilemma. One of the basic indications and clinical uses of infrared (IR) imaging is documentation of soft tissue pathology, particularly in conditions

which cannot be demonstrated on radiologic tests, electroneuromyography or laboratory workup. The authors review the literature regarding IR imaging in the documentation of myofascial pain syndrome. The IR imaging is a diagnostic test which objectively documents TP in the form of hyperradiant hot spots. These hyperradiant spots corresponding to areas of pain usually represent active TP in clinical examination. They can be corroborated by local tenderness in the region, thus confirming the patient's complaint. The areas of pain are presented as thermal asymmetry between corresponding areas of opposite sides of the body. Latent TP, not subject to patient complaints at the time of IR imaging examination, are detected in the form of hyperradiant spots. The presence of these latent TP can be documented by abnormal pressure threshold measurement in these areas. There was an alteration of the skin thermal profile after TP local anesthesia/dry needling demonstrating an immediate neurovegetative sympathetic response. The IR imaging findings represent an objective mean to document TP, thus corroborating with the subjective patient's complaints. The documentation of TP by IR imaging is important to introduce the most adequate treatment directed the pain cause as well as to evaluate its response.

**Keywords:** myofascial pain syndromes, thermography, diagnostic imaging

Brioschi, M.L.; Brioschi, E.F.C.; Mesquita, T.; Oliveira, A.S.B.; Vargas, J.V.C.; Lin, T.Y.; Teixeira, M.J.; Matias, M.E.F. **Infrared expertise: from diagnosis to Treatments. Infrared imaging of far-infrared radiation in different types of applications.** Thermology international, 17/2 (2007).

#### ABSTRACT

Infrared radiation is subdivided in an arbitrary pattern into three categories: near- (0.8-1.5  $\mu\text{m}$ ), middle- (1.5-5.6  $\mu\text{m}$ ), and farinfrared radiation (5.6-1000  $\mu\text{m}$ ). Only little is known about the biological effects of infrared (IR) radiation, although human skin is increasingly been exposed to IR from several natural as well as artificial sources.

IR, similar to ultraviolet (UV) radiation, is likely to exert biological effects on human skin. IR radiation has increasingly been used for cosmetic and wellness purposes. Apart from this, IR radiation is used as a therapeutic approach in the treatment of several entities such as autoimmune, inflammatory and malignant diseases and also wound healing disorders. Electromagnetic energy in the form of far-infrared rays (FIR) is now under extensive investigation as local, regional, and whole-body treatment. Recently, much attention has been paid to its activities concerning health and food preservation. Accumulated evidence indicates that FIR is biologically active. FIR has been reported to inhibit tumor growth in mice and has been applied as a therapeutic approach of bedsores in clinical settings. However, there are few reports of scientific analysis of biological activities of FIR radiation, with most of these being related to the hyperthermic effect of FIR. The biological effects of FIR on whole organisms remain poorly understood. Herein we report different applications of continuous exposure to FIR and its evaluation through IR imaging with high sensitivity sensors. **Methods:** A randomized, controlled trial was approved by the hospital ethics committee and conducted at the Center of Pain, Division of Neurology and Neurosurgery at University of Sao Paulo from January to December 2006. 110 subjects aged 27 to 66 years old were evaluated. All subjects provided written informed consent for their participation in the study. Skin blood flow and temperature of individuals were measured using a FIR camera (ThermaCam A40M, FLIR Systems) in a room with constant temperature ( $T = 20^\circ \text{C}$ ) and constant relative humidity of 50%. Skin blood flow, edema, inflammation and pain from study group ( $n = 80$ ) was compared to control group ( $n = 30$ ); study group was composed of different conditions (pos-poliomyelitis syndrome, lumbar pain, neuropathic pain, cellulite, carpal tunnel syndrome, fibromyalgia, obesity, leg varices, tendinopathies, toe inflammation). Garment ceramic-impregnated by aluminum, silica and magnesium (95% polyurethane and nylon; 5% ceramic) that absorb ambient FIR (3 to 15 micrometers wavelength) from the environment and body was utilized for this study. The garment reflects a thermal energy intensity of 12.6

to 71.5 kcal/m<sup>2</sup> per hour to the underlying tissues. These products, known as “INVEL® garments,” were approved in 2005 by the National Health Surveillance Agency in Brazil. Different garments were used: short drawers, shirts, gloves, cards, multi belts, plush, and elastic bandages. Also an emulsion prepared with the ceramic-impregnated powder was tested. **Results:** Measured skin blood flow, edema, inflammation and pain change significantly after FIR radiation application via the ceramic-impregnated garments. Secondary improvement occurred through vasodilatation and improved circulation. Skin temperature increase ranged from 0.6 to 1.5° C. Average measured decrease in medium body circumference was 1.8 cm. **Conclusions:** These results suggest a biological effect of increased exchange of body fluids, due to decrease in size of water clusters, without a significant increase in the temperature of the body tissues. The results suggest that the FIR increase the lymphatic drainage in the first steps of the inflammatory process. Nitric oxide (NO), constitutively produced by endothelial NO synthase (eNOS), plays an important role in vascular biology including regulation of vascular tone and blood pressure, as well as the regulation of angiogenesis. These findings suggest that FIR therapy also up-regulate the expression of arterial eNOS increasing circulation as demonstrated by IR imaging. The potential effect of FIR radiation in the improvement of circulation is suggested by our studies. This study suggests that FIR radiation has the potential to increase skin blood flow to the tissues. FIR rays show different photobiological properties. We used FIR with wavelengths ranging from 3 to 15 μm in these studies, whereas lasers deliver a specific coherent beam (helium-neon at 632 nm and argon at 488 nm). Although it is thought that further studies of FIR are required, the biostimulatory effects of FIR radiation might be similar to those of low energy lasers or near-IR rays. FIR can be combined with radiation, chemotherapy and biological therapy in an effort to increase their effectiveness. These findings suggest that wholebody FIR radiation at room temperature could be a promising way of photochemical therapy. Further analysis of the molecular ‘IR response’ and the photophysical and photochemical reactions

induced by IR should provide valuable information on the role of IR on cellular functions with its impact on aging, tumor inhibition and stress resistance. These studies may also disclose novel therapeutic applications of IR radiation in clinical settings. In addition, it was very practical to evaluate the biological effects of IR by IR imaging in vivo studies. Moreover, these results should allow the development of IR photochemical therapy magnifying the spectrum of knowledge and research for IR beyond diagnosis.

## References

- Inoue S, Kabaya M. Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol.* 33:145-150, 1989.
- Honda K, Inoue S. Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. *Int J Biometeorol.* 32:92-94, 1988.
- Udagawa Y, Nagasawa H. Effects of far-infrared ray on reproduction, growth, behaviour and some physiological parameters in mice. *In Vivo.* 14:321-326, 2000.
- Nagasawa H, Udagawa Y, Kiyokawa. Evidence that irradiation of far-infrared rays inhibits mammary tumour growth in SHN mice. *Anticancer Res.* 19:1797-1800, 1999.
- Akasaki Y, Miyata M, Eto H et al. Repeated thermal therapy up-regulates endothelial nitric oxide synthase and augments angiogenesis in a mouse model of hindlimb ischemia. *Circ J.* 70:463-470, 2006.
- Baumler W, Abels C, Karrer S, et al. Photo-oxidative killing of human colonic cancer cells using indocyanine green and infrared light. *Br J Cancer.* 1999; 80:360-363.
- Orenstein A, Kostenich G, Kopolovic Y, et al. Enhancement of ALA-PDT damage by IR-induced hyperthermia on a colon carcinoma model. *Photochem Photobiol.* 1999; 69:703-707.
- Horwitz LR, Burke TJ, Carnegie D. Augmentation of wound healing using monochromatic infrared energy. Exploration of a new technology for wound management. *Adv Wound Care.* 1999; 12:35-40.

Schramm JM, Warner D, Hardesty RA, et al. A unique combination of infrared and microwave radiation accelerates wound healing. *Plast Reconstr Surg*, 2003; 111: 258-266.

Brioschi, M.L.; Kasiyama, H.H.S.; Yeng, L.T.; Oliveira, A.G.N.; Barancelli, E.; Teixeira, M.J. **Thermal effect of functional electrical stimulation and bioceramic garment in complex regional pain syndrome 1**. *Rev. Dor*. 2007 - Out/Nov/Dez - 8 (4): 1139-1149.

#### **ABSTRACT**

The authors relate a case study of complex regional pain syndrome type 1 (SCDR 1) in an adult woman right leg submitted to bioceramic garment use for a month and functional electrical stimulation (FES) session for documentation of the cutaneous microcirculatory effect with infrared (IR) thermal imaging. The authors differently argue the increase cutaneous perfusion by the increase of the induced temperature and analgesic effects in both methods.

**Keywords:** Biomaterials, far infrared, sympathetic maintained pain, functional electrical stimulation (FES).

Braun, W.L.F. **Bilateral meralgia paresthetica: importance of infrared thermography (irt) in the elucidation and rehabilitation of a case**. ICGMT2010 Proceedings.

#### **ABSTRACT**

**Background And Objectives:** Meralgia paresthetica (Bernhardt - Roth Syndrome) is caused by compression of the lateral femoral cutaneous nerve by the inguinal ligament as it passes through or under the inguinal ligament. This entrapment neuropathy presents as burning pain, sometimes numbness, and dysesthesias in the lateral thigh. Is almost always unilateral, and affects more men than women. This study aimed at reporting a case of a patient with intense burning pain (VAS=9) in the lateral of both thighs with associated cutaneous sensitivity, disability, anxiety, and depression, refractory to normal

treatment. **Case Report:** Male patient, 37 years old with severe pain, numbness and dysesthesias in the distribution of the lateral femoral cutaneous nerve, bilateral, has been present for two years. All exams, radiographs of the hip, electromyography, magnetic resonance imaging (MRI) scan of the spine did not show any significant findings. Additional testing as complete blood count, uric acid, sedimentation rate and antinuclear antibody testing was normal. Submitted to a infrared thermography (IRT) with asymmetry between the regions of the lateral thigh (hyper radiation) in the femoral nerve territory. **Conclusion:** The standard found by the infrared thermography (IRT) suggesting meralgia paresthetica gave assurance to the patient of the diagnosis with an overall improvement, proving that, because of the subjectivity of complaint of pain, the IRT can be of great importance like effective diagnosis as early rehabilitation of the patient.

Balbinot, L.F. **Infrared thermography in the diagnosis and treatment of "tennis elbow" - case study**. ICGMT2010 Proceedings.

#### **ABSTRACT**

**Introduction:** The computerized thermography captures the cutaneous infrared emissivity, which can be converted in cutaneous thermal mapping. It serves, therefore, as an auxiliary method of diagnosis of inflammatory pathologies which express by the rise in local temperature and hyper radiation captured by the infrared camera can be monitored before and after treatment. It is a method without contact, non-radioactive and non-ionizing. The mesotherapy, which consists in the application of specific drugs in the intradermal region through punctures with a needle of 0.4mm achieves, initially, the reticular dermis, richly vascularised is one of the mechanisms responsible for the fast therapeutic response of this technique. The anesthetic block with lidocaine is known as an effective technique in the deactivation of myofascial trigger points which many times accompanies the cases of tendinopathy, aggravating the pain symptoms. **Objective:** To evaluate through the thermography by infrared a patient with di-

agnosis of lateral epicondylitis, symptomatic, before and immediately after treatment with mesotherapy and anesthetic blocking of trigger point. **Material And Methods:** Male patient, 20 years old, tennis player, with complaint of pain for 20 days (Visual Analogic Scale 6 at rest and 8 at extension of fist), having interrupted the sport practice because of pain and functional incapacity, with clinic and ultrasonographic diagnosis of right lateral epicondylitis. After thermalization (15 minutes in room with temperature between 23-24°C) and having followed pre-exam protocol with special attention to restriction towards coffee, nicotine and vasoactive drugs, the infrared images was performed and, afterwards through the physical exam with aid of algometer, it was identified, beyond the classic lateral epicondylitis, pain in extension area of right forearm, with presence of 01 active trigger point with pain referred to the fist. The epicondylitis was treated with a mesotherapeutic mix constituting of NSAID, vasoactive drug (concentrated rutina), salmon calcitonin and acid Procaine applied in 4 points orthogonal to the epicondyle with a Lebel needle (0.4mm) and blocking of trigger point of common extensor muscle of fingers with lidocaine at 1% without vasoconstrictor. New thermographic images were made 20 minutes after treatment. **Result:** The thermography showed qualitative and quantitatively the hyperradiation immediate to the application of the mesotherapy by the lateral epicondyle and the normalization of the temperature in the area of the common extensor muscle of fingers (disappearing of myofascial hot spot). VAS was ZERO at rest and 2 in extensor activity of the fist. **Conclusions:** Inflammatory tendinopathies related to repetitive effort can be aggravated by myofascial pain and can be diagnosed and treated in an effective way with aid of Infrared Thermography.

*(DeCS:thermography, tennis elbow, injections, myofascial pain syndrome)*

## References

Balbinot, LF. Computerized termography in the identification of myofascial trigger points. São Paulo, Blucher Academic. 2009.

Balbinot, LF, Vieira, Ir. Avaliação objetiva da Síndrome Miofacial: uso da Termografia antes e depois do tratamento associando Mesoterapia à Bloqueio Anestésico. 2005. Acta Fisiátrica, 12(3). p. 115-117.

Fischer, A.A. Pressure threshold measurement for diagnosis of myofascial pain and evaluation of treatment results. 1987 Clin J. Pain, 2, p. 207-214.

Balbinot, L.F. **Thermography in the identification of myofascial trigger points.** ICGMT2010 Proceedings.

## ABSTRACT

**Introduction:** Computerized thermography is part of the current arsenal of instrumentation in biomechanics. Using this methodology, it is possible to assess the physiology of thermal maintenance through its skin surface representation. The aim of this work is to assess the thermography as the identification method of myofascial trigger points, been chosen the trapezius muscle as study focus since it is one of most affected body regions concerning myofascial syndrome. This syndrome is highly prevalent and historically sub-diagnosed as it requires expert professional to establish its diagnostic, through physical examination. **Methods:** This study had a sample of thirty persons, fifteen men and fifteen women, ages between twenty three and seventy years (32,5 years in average). The algometry by pressure, highly validated method on previous works, has been used as part of physical examination to confirm thermography events. The equipment used to collect the thermograms was an infrared camera with digital image processing, with thermal sensitivity for spectral ranges from 7-12 micrometers, appropriate for medical diagnostic utilization; the error index for measurement on this equipment is either 2% or 2°C. It has been used a dynamometer, clock type, for the algometry, which makes its possible to assess the applied pressure to the focal point. The trigger point identification was based in a pain diagram filled by the own subject using previously validated parameters. The imaging assessment was done using a descriptive analysis, having been taking in consideration the thermographic event corresponding to the trigger

point, the hot spot or a discoid shaped surface, with one or more degrees Celsius hotter if compared to the neighbor reference point. Algometry was used in this work as reference method. Descriptive statistics were applied to assess sensibility and specificity in trapezius Myofascial Syndrome. **Results:** A totality of 250 trigger points had been founded: 198 (79.2%) identified by algometry and thermography; 41 points (16.4%) by thermography only; 11 (4.4%) identified by algometry only. **Conclusion:** It was concluded that thermography is an appropriated method for Myofascial Syndrome diagnostic on trapezius muscle.

*(DeSC: myofascial pain syndrome, thermography, diagnose).*

## References

- Albernaty, M.; Uematsu, S. **Medical Thermology**. 1986. American Academy of Thermology-Georgetown University Medical Center.
- Brioschi, M.L.; Colman, D. Estudo da dor por imagem infravermelha. 2005. **Rev. Dor**, 6(3): p. 589-599.
- Brioschi, M.L.; Macedo, J.F.; Macedo, R.A.C. **Skin thermography: new concepts**. 2003. **J Vasc Bras**, 2(2): p. 151-160.
- Chung, J.W.; Ohrbach R.; Mccall, W.D. Effect of increased sympathetic activity on electrical activity from myofascial painful areas. 2004. **Am J Phys Med Rehabil**, 83(11) p. 842-850.
- Fischer, A.A.; Chan, C.H. Temperature and pressure threshold measurements in trigger points. 1986. **Thermology**, 1: p. 212-215.
- Fischer, A.A. Application of pressure algometry in manual medicine. **J Manual Medicine**, 1990. (5) p. 145-150.
- Fischer, A.A. Objective measurements of muscle spasm. In: Jayson M.I.V., Swezey R.L, Knoplich J. et al (eds): **Back Painful Syndromes and Muscle Spasm. Current Concepts and Recent Advances**. New Jersey, The Parthenon Publishing Group Ltd, 1990, p. 65-69.
- Fischer, A.A. Pressure algometry (dolometry) in the differential diagnosis of muscle pain. In: Rachlin E.S.: **Myofascial Pain and Fibromyalgia, Trigger Point Management**. St. Louis, Mosby.

Fischer, A.A. Documentation of Myofascial triggers points. 1998. **Arch Phys Med & Rehabil**, 69.

Gerwin, R.D.; Shannon, S.; Hong, C.Z. et al. Identification of Myofascial trigger points: inter-rater agreement and effect of training. 1995. **J Musculoskeletal Pain**, 3 (suppl): p. 55.

Gerwin, R.D.; Duranleau, D. Ultrassound identification of the myofascial trigger point. 1997. **Muscle Nerve** 20(6), p. 768-8.

Sciotti, V.M.; Mittak, V.L.; Dimarco, L. et al. Clinical precision of myofascial trigger point location in the trapezius muscle. 2001. **Pain**, 93(3), p. 259-66.

Sherman, R.A.; Karstetter, K.W. et al. Stability of temperature asymmetries in reflex sympathetic dystrophy over time. 1994. **Clin J Pain**, 10 (1), p. 71-7.

Simons, D.G. **Myofascial Pain Syndrome Due to Trigger Points**. Chapter 45. Rehabilitation Medicine. Editor: Joseph Goodgold.CV. Mosby Co., St Louis, 1988. p.686-723.

Taylor, G.I.; Gianoutsos, M.P.; Morris, S.F. The neurovascular territories of the skin and muscles: anatomic study and clinical implication. 1994 **Plast Reconstr Surg**, 94: p. 1-35. Travell, J.; Simon, D.; Simon, G. **Dor e Disfunção Miofascial - Manual dos pontos-gatilho**. Artmed Editora, 2006. Porto Alegre-RS. Brasil. Volume I.

Silva, T.M.; Moreira, G.A.; Brioschi, M.L.; Quadros, A.A.J.; Pradella-Hallinan, M.; Tufik, S.; Oliveira, A.S.B. **Effects of the use of mig3 bioceramic fabrics - long infrared emitter - in pain, intolerance to cold and periodic limb movements in post-polio syndrome**. ICGMT2010 Proceedings.

## ABSTRACT

The main post-polio syndrome (PPS) symptoms are new-onset weakness, new-onset atrophy, fatigue, cold intolerance, and pain associated with sleep disturbances. The polysomnographic study is the gold pattern to analyze sleep disorders. **Objective:** To assess pain, intolerance to cold and periodic limb movements (PLM) index before

and after the use of MIG3 bioceramic fabrics over 4 weeks. **Method:** 12 patients with PPS from UNIFESP/EPM. All patients were submitted to polysomnography and infrared examinations, and answered scales of pain and intolerance to cold (visual analogical scale) before and after the use of MIG3 bioceramics fabrics (lining mattress, t-shirt) for four weeks. **Results:** There were significant decreases in pain and Periodic Limb Movements (PLM) index, and an improvement of heart rate during REM and non-REM sleep stages. **Conclusion:** MIG3 bioceramic fabrics can help in the treatment of pain and PLM in PPS patients.

**Keywords:** sleep, pain, post-polio syndrome.

### References

- Steljes, D.G.; Millar, T.W. Sleep in post-polio syndrome. *Chest* 1990; 98: 133-140.
- Masuko, A.H.; Prado, L.B.F.; Prado, G.F. Síndrome das pernas inquietas. *Ver Neurociências*. 2004; 12(1):18-23.
- Oliveira, A.S.B.; Maynard, F.M. Síndrome pós-poliomielite: aspectos neurológicos. *Rev. Neurociências*. 2002; 10(1):31-4.
- Toyokawa, H.; Matsui, Y.; Uhara, J. Promotive effects of far-infrared ray on full-thickness skin wound healing in rats. *Exp Biol Med*. 2003; 228:724-729.
- Inoue, S.; Kabaya, M. Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol*. 1989; 33(3):145-50.

Silva, T.M.; Brioschi, M.L.; Pupo, S. **MIG3 bioceramic t-shirt for tendinitis of the shoulder – a case study.** ICGMT2010 Proceedings.

### ABSTRACT

**Introduction:** Tendinitis of the shoulder is characterized by a reactive calcification that affects the rotator-cuff tendons. Treatments directed toward the calcium deposits, such as surgery and percutaneous needle aspiration, seem to reduce pain and restore shoulder function in some, but not all, patients. In the healthcare field, the effects of luminous radiation on the tissues are well known. Through

the action of visible (red) or invisible (infrared) light, luminous radiation promotes a molecular vibration, leading to an increase in the tissue metabolism, called biostimulation. Radiation acts by increasing the cell membrane permeability, favoring the exchange of metabolites as extracellular medium, and by nurturing the cells. It acts on the mitochondria, favoring the ATP synthesis and, consequently, stimulating the synthesis of proteins such as collagen and elastin. It also enhances cell division. In order to provoke this increase in metabolism, the extracellular medium is required to be healthy. Infrared stimulates chemical mediators and hormones that will act on the control of edema, pH, oxygen free radicals and microcirculation, fostering the required conditions for the increase in the cell metabolism. MIG3 bioceramics, an infrared emitter, incorporated in clothes (gloves, shorts, dressings), allows its use at home, in a simple and non-invasive way, at work, and even during sleep, thereby facilitating a patient's daily life. Recent evidence claims that it can control pain, inflammation, accelerate healing in the post-operative period, and minimize the use of drugs and its side effects, through self-regulation mechanism. Thus, the use of therapeutic far infrared is predominantly empirical, based on reported biophysical effects within tissue and on anecdotal experience in clinical practice. The impregnation of bioceramic MIG3, a far infrared emitter, in fabrics, can increase the area of application and improve the results. Therefore, we assessed the efficacy of MIG3 bioceramic, a far infrared emitter, in T-shirts, as a treatment for idiopathic tendinitis. The objective was evaluating the inflammation in the shoulder before and after the MIG3 bioceramic T-shirt use in a patient with idiopathic tendinitis. Case study: Woman, age of 19, secretary, with wrist pain for 6 months. She was not using medications. There was made a infrared exam which diagnosed shoulder tendinitis. She wore a t-shirt with MIG3 bioceramics for 20 minutes and, after this period, the infrared exam was repeated. **Result:** Before using the MIG3 bioceramic fabric, a horizontal line from one shoulder to the other shows a higher temperature (>33°C) at the right shoulder when comparing to the left shoulder (31°C). After 20

minutes use, the temperature of the right shoulder decreased from 33°C to 31,5°C, and after more 20 minutes, both shoulders presented the same temperature. **Conclusion:** The use of MIG3 bioceramic fabrics can decrease pain and inflammation of chronic inflammatory diseases such as tendinitis.

## References

Ebenbichler, G.R.; Erdogmus, C.B.; Resch, K.L.; Funovics, M.A.; Kainberger, F.; Barisani, G.; Aringer, M.; Nicolakis, P.; Wiesinger, G.F.; Baghestanian, M.; Preisinger, E.; Fialka-Moser, V. Ultrasound therapy for calcific tendinitis of the shoulder. *N Engl J Med.* 1999, May 20;340(20):1533-8.

Silva TM, Moreira GA, Quadros AA, Pradella-Hallinan M, Tufik S, Oliveira AS. Effects of the use of MIG3 bioceramics fabrics use--long infrared emitter--in pain, intolerance to cold and periodic limb movements in post-polio syndrome. *Arq. Neuropsiquiatr.* 2009. Dec;67(4):1049-53.

England S, Farrell AJ, Coppock JS, Struthers G, Bacon PA. Low power laser therapy of shoulder tendinitis. *Scand J Rheumatol.* 1989; 18(6):427-31.

Silva, T.M.; Brioschi, M.L.; Pupo, S. **Blood distribution and anti-inflammatory process with the use of MIG3 bioceramic socks.** ICG-MT2010 Proceedings.

## ABSTRACT

**Introduction:** The thermography is a practical help in the clinical evaluation of patients with changes in the legs and is particularly relevant for the assessment of lameness. Thermography is the pictorial of skin temperature. The technique involves the detection of infrared radiation, which can be directly correlated to the blood flow and detects heat before that is noticeable during a routine physical examination and, therefore, it is useful for early detection of stress fractures and tendinitis. It provides a means to evaluate the blood supply to a region and represents one of the only viable means not invasive to evaluate

the blood flow to the horse's foot. It is also useful for early identification of stress injuries for orthopedic patients opposite limb. **Case report:** S.T.M. P, physiotherapist, 22 years, arrived at the outpatient clinic service with a small and unique lesion on the 5<sup>th</sup> right toe. The injury had ellipse format (greater axis of 1 cm and minor axis of 0,2 cm). The patient had beaten the fifth finger against a chair one day before the exam. Felt pain relatively lightweight (grade 3 approximately), which bothered a little, but not limited to anything. She undertook the infrared thermography examination for blood microcirculation observation of an acute injury in a small region before and after use of a sock with MIG3 bioceramic. Infrared examination prior to use of sock noted an increase in temperature on the fifth right toe, being observed by the doctor who could see some inflammation. After using the MIG3 bioceramic sock, the signs of acute inflammation have reduced and also the level of pain. **Discussion:** The first infrared image showed decrease of the 5<sup>th</sup> right toe hyper radiation after 1 hour of use of sock, which improved foot temperature in degrees; decrease in the 5<sup>th</sup> finger inflamed temperature of 2, 5°C and increased thermal distribution in the distal region of the foot. The temperature remained after 10 minutes of withdrawal.

## References

Matsushita K, Masuda A, Tei C. Efficacy of Waon therapy for fibromyalgia. *Intern Med.* 2008; 47(16):1473-6.

Masuda A, Koga Y, Hattanmaru M, Minagoe S, Tei C. The effects of repeated thermal therapy for patients with chronic pain. *Psychother Psychosom.* 2005; 74(5):288-94.

Inoue S, Kabaya M. Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol.* 1989; 33(3):145-50.

Katz LM, Nauriyal V, Nagaraj S, Finch A, Pearlstein K, Szymanowski A, Sproule C, Rich PB, Guenther BD, Pearlstein RD. Infrared imaging of trauma patients for detection of acute compartment syndrome of the leg. *Crit Care Med.* 2008; Jun.; 36(6):1756-61.

## RHEUMATOLOGY

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Pastor, E.M.H.; Teixeira, M.J. **Infrared Imaging Use in Rheumatology**. Rev. Bras. Reumatol., v. 47, n.1, p.42-51, jan/fev, 2007.

### ABSTRACT

Infrared thermography is unique objective imaging procedure for the quantitative assessment of local inflammatory reactions in parts of the locomotor system. For differential diagnosis the thermographic results should be evaluated in conjunction with clinical examination and other technical procedures. As a means of monitoring the course of the local inflammatory activity, however, quantitative infrared thermography is a useful tool in itself, particularly during the application of local and systemic anti-inflammatory therapy.

**Keywords:** rheumatology, infrared imaging, infrared rays.

## LEGAL AND FORENSIC MEDICINE

Colman, J.; Mandalozzo, S.S.N.; Oliveira Jr., C.R. de. **The presence of repetitive strain Injury (RSI) and the consequent civil responsibility impute of employer**. Emancipação, 7(2): 241-256, 2007.

### ABSTRACT

This work broaches the question of the accident of working, specific the RSI, your social implicate and the difficult of proof as much as extension and characterize of lesion by expert. In the RSI is difficulty detachment to confirm your existence. The responsibility of employer result of the accident of working produce of manifestation of RSI constitute in the civil responsibility. Appraise the spent that Social Foresight sofrer of accident of working. Study the possibility of simulate to employce that propose in the justice want indemnity when the expertise appreciate a lesion consequent of RSI haven't analysis objective complement examination. The use telethermography is an objec-

tive complement examination of expert analysis. So, the judge let judge with the analyses subject of pain alike experts and it will pass to objective analyses of pain to search of justice and social peace.

**Keywords:** work accident, telethermography, repetitive strain injury (RSI), civil responsibility.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Kaziyama, H.H.S.; Pastor, E.M.H.; Heupa, S.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. **Medical legal documentation of fibromyalgia syndrome: the thermographic index**. Revista Dor (São Paulo), v. 9, p. 1327-1344, 2008.

### ABSTRACT

Fibromyalgia syndrome (FMS) diagnosis, characterized by chronic widespread musculoskeletal pain, disturbed sleep, fatigue, depressive mood, anxiety, is eminently clinical and depends cautious evaluation. Two hundred and twenty and six patients with FMS and a group of 34 normal volunteers proceeding from the Clinic of Pain of the Division of Neurological Clinic of the Clinics Hospital of the College of Medicine of Sao Paulo University (HC-FMUSP) and of the particular doctor's offices examiners, had been selected according to American College or Rheumatology (ACR) criteria and evaluated later by infrared (IR) thermography. It was possible to create by the thermal distribution an agreement classification on the basis of cutaneous characteristics with visual inspection of the thermograms of 7 different regions: postero-inferior (G), antero-superior (A), lumbar (L), antero-inferior (P), face (F), postero-superior (C) and palmar (M). The test of multiple linear regression demonstrated that all the regions had correlated in the evaluation of the thermal alterations. Each region of interest (ROI) presented 2-4 typical characteristics, as the disposal and extension of the thermal alterations, that had been structuralized in the form of one prop up by means of multiple regression to predict the FMS presence ( $R^2=0,94$ ). The hyper-radiating image in complete or not "mantle form" and paravertebral associated with hypo-radiation of extremities resulted in a FMS thermographic impression. It had significant differ-

ence of the standard of cutaneous thermal distribution between all patients with FM and normal controls. Being that it was possible to classify them by means of IR imaging and to establish quantification criteria of the presence or not of the illness. Being overcome for base the clinical criteria of the ACR for fibromyalgia syndrome the clinical correlation with infrared imaging was possible and demonstration of one props up thermographic diagnosis.

**Keywords:** Fibromyalgia, infrared imaging, infrared rays.

Brioschi ML, Cherem AJ, Ruiz RC, Sardá Júnior JJ, Silva FMRM. **The use of infrared thermography in evaluating returns to work in an extended rehabilitation program (PRA).** ACTA FISIATR 2009; 16(2): 87-92.

#### ABSTRACT

Even with proper treatment of patients with repetitive strain injuries/work-related musculoskeletal disorders (RSI/WRULD), on certain occasions returning to work can be a difficult judgment call. There are frequent complaints of symptoms not improving or combined with co-morbid associations such as fibromyalgia syndrome. The purpose of this study was to compare the thermal patterns found by a clinical return-to-work evaluation of patients with RSI/WRULD in a double-blind clinical thermographic study. 128 patients were studied suffering from RSI/WRULD from a meat-packing plant from which 62 patients were selected for evaluation to return to work. Of these, 3.2% were cleared for immediate return to work, 77.4% were kept out for 60 days, 6.4% were kept out for 6 months, and 12.9% were retired on disability. Thermal alterations had a direct correlation with the experts' work classifications according to the number of injuries, etiology, thermal differential, and thermographic index for fibromyalgia syndrome. Cutaneous thermometry by infrared thermography has proven itself a useful and objective supplementary method to support clinical evaluations in defining one's capacity to work.

**Keywords:** repetitive strain injuries, cumulative trauma disorders, rehabilitation, overuse syndrome, thermography.

## FAMILY MEDICINE/COMPLEMENTARY MEDICINE

Brioschi ML, Brioschi EFC. **Systemic inflammatory disturbances diagnosis by infrared imaging.** Revista de Oxidologia, v. 2, p. 42-45, 2009.

#### ABSTRACT

The infrared thermography is a research and diagnostic tool for inflammatory syndromes related to oxidative stress e metabolism; hormonal and neurotransmitter regulation; digestion, absorption, and barrier integrity; immune surveillance; structural integrity; hepatic detoxification and biotransformation; inflammatory process and psychological and emotional equilibrium. Infrared thermography is useful for early identification of diseases, diagnostic documentation and therapeutics, treatment indication and prognostic evaluation, mandatory for the study of health states and biochemical disturbances.

**Keywords:** Thermography, infrared imaging, biochemical disturbances.

Nogueira FE, Feitosa FEL, Medeiros FC, Almeida FML. **Hypertensive and non-hypertensive pregnant women fingertip temperature comparative analysis using infrared thermography.** ICGMT 2010 Proceedings.

#### ABSTRACT

The Brazilian Health Ministry data points out arterial hypertension (AH) as the major cause of maternal death, representing 35% of 140-160 maternal deaths for 100.000 alive newborns. Its origin remains a cause for discussion. Looking for new elements that may improve the understanding of that pathology, we studied the skin fingertips mean temperature (Tp) of pregnant women, 50 normotense (group A) and 31 hypertense (group B). The values of temperature were obtained using infrared thermography. Pearson correlation coefficient showed positive relationship between mean arterial pressure and systolic pressure (r= 0.95), diastolic arterial pressure (r=0.98) and for Tp

( $r=0.98$ ). Student t test was statistically significant ( $p = 0.002$ ) when comparing means of groups A and B. Other statistical tests obtained were: sensibility 80%, specificity 48%, positive predictive value 49%, negative predictive value 80% and accuracy 60.5%. The chance of a pregnant woman become hypertensive is 1.6 times higher when her  $T_p$  is equal or higher than  $34.1^\circ\text{C}$ . The analyzed data indicate that  $T_p$  values of pregnant women measured with infrared thermography is statistically smaller in the group of non hypertense and that may it might become a good method to detect pregnant women with high risk to become hypertensive during pregnancy.

**Keywords:** Hypertension. Pregnancy. Infrared thermography. Skin temperature.

## SURGERY

Brioschi M L, Colman D, Machuca T N, Loures DRR. **Thermo-coronary angiography: standardization of the method and first clinical applications in Brazil.** Rev. Bras. Cir. Cardiovasc. 2002; 17(2): 123-127.

### ABSTRACT

The authors report the experience with the methodological implantation of thermo-coronary-angiography in the Division of Cardiovascular Surgery of the Hospital de Clínicas, Federal University of Paraná, and the Hospital Universitário Evangélico de Curitiba. It is a totally noninvasive technique that allows the real time assessment of the coronary blood flow with no interruption on the surgical procedure. Using TCA, it was possible to analyze the heart before and after the bypass graft completion, which allowed the visualization and recording of the ischemic area in the myocardial wall, the assessment of the graft patency, including stenoses, and the status of myocardial perfusion by preestablished collateral branches. Therefore, TCA is helpful in order to improve the results of the coronary artery bypass graft surgery, providing a higher treatment quality to the patient with coronary artery disease. Due to its great number of advantages, this infrared imaging method has an enormous likelihood to become a

crucial tool to perform a safe myocardial revascularization. Furthermore, a permanent TCA system established in the operating room would extend all its benefits to other cardiac surgical procedures.

**Descriptors:** Myocardial revascularization, methods. Cardiac surgical procedures, methods.

Brioschi ML, Malafaia O, Costa AFCB, Vargas JV. **Surgery by infrared vision.** Engenharia Térmica (Thermal Engineering), No. 5, June, 2004, p. 33-35.

### ABSTRACT

This paper is about the development, uses and advantages of infrared thermography. Its principles had already been used by old civilizations as a manner of diseases diagnosis. The discovery of the infrared waves and its heating power happened on 1800, but its use in modern Medicine as a diagnosis method was only possible because of the scientific and technological development demanded by the Great Wars, in the 20<sup>th</sup> century. Here the authors present some news and promising surgery applications.

Vargas JVC, Vlassov D, Colman D, Brioschi ML. **A thermodynamic model to predict the thermal response of living beings during pneumoperitoneum procedures.** Journal of Medical Engineering & Technology, v. 29, p. 75-81, 2005.

### ABSTRACT

In this work, hypothermia associated with pneumoperitoneum procedures is studied. A thermodynamic model is developed to allow for the computational simulation of the thermal body response to pneumoperitoneum procedures, which are required by laparoscopic surgery. The numerical results predict the body temperature decay (or loss of energy) in time when the pneumoperitoneum procedure is conducted in a patient. The influence of several operating parameters (e.g. inlet air mass flow rate and temperature) on the resulting hypothermia level is

analysed. Therefore, the model allows the identification of parameters that have to be controlled to minimize the loss of energy, and consequently, the hypothermia level due to pneumoperitoneum procedures.

Brioschi ML, Brioschi EFC, Vargas JVC, Matias MEF. **Surgical infrared imaging applications: directions for the future.** *Thermology international* 17/2 (2007).

#### **ABSTRACT**

The 20th century brought with it the bundle of the wars. From 1914 to 1945, in only thirty-one years, mankind witnessed the largest scientific revolution ever seen. Men achieved, in those years, what had not been accomplished in nineteen centuries. At the same time that it caused an enormous destruction in the world, the two great world wars brought scientific and technological progress. The most recent example is the use of infrared (IR) thermal images by the Coalition Air Forces, utilized against the Iraq attacks of high precision as intelligent weapons guided by the heat. Thanks to the high resolution and sensitivity IR vision technology, today it is possible to visualize the coronary arteries flow during revascularization surgery of the myocardium, observed through a monitor in a totally non-invasive way. This increases the surgical success rate and the quality of life offered to the patient. Surgical IR applications are being more extensively studied by our group in the last 5 years. **Thermocoronary angiography:** Brazil has one the highest rates of death by heart disease in the world (34%). One third of these cases are caused by coronary artery disease which is the main reason of sudden death, infarction, angina and cardiac pathology. In coronary occlusions, the most common approach is the revascularization procedure by using either an arterial or venous graft. Inadequate anastomosis leads to reintervention surgery or even death by infarction either during or after surgery. Intraoperative coronary angiography has always been favoured by cardiac surgeons. The arterial coronary net lies in the heart surface (epicardium). Right after the surgical clamp is released during coronary anastomosis, the

warmth of the blood pattern can be observed flowing to the 4th order arterial branch. Because of its benefits, it is likely to become the gold standard in safe cardiac revascularization surgery. Thermal coronary angiography (TCA) is a useful method for intraoperative control of graft patency. It detects heat differences between tissues, provides easy-to-interpret angiographic images and even measures quantitatively the graft flow. Thermal imaging provides decisive coronary angiographies, and detects the perfusion area and flow of the implanted graft. It allows real-time detection of technical failures, reveals unexpected occluding plaques or any kind of flow-restricting lesions, and gives the chance of refinement of the anastomosis during the arrest period. Thermal imaging technique is a safe, non-invasive and feasible method to document the quality of the myocardial revascularization intraoperatively. **Sympathectomy IR imaging studies:** Endoscopic sympathetic block (ESB) is used as a treatment of excessive palmar sweating and sympathetic dysfunction. IR imaging study of palmar and facial skin temperature can be performed pre-, intra and post-operative during thoracic sympathectomy. IR imaging studies offer descriptive information about the autonomic innervation of the upper thoracic sympathetic trunk. **IR evaluation of organ transplantation:** IR imaging use in surgery has increased, especially in the evaluation of the organ and tissue microcirculation. Unlike skin surface, the surface of internal organs are not wrapped up in a thermal insulator. According to Newton's third law, they get cold when exposed to a cold environment. Their surface temperature is determined basically by the flow of the blood perfusion. For this reason, an organ's viability can be evaluated by continuous registration of thermal images. When there is an arterial net in a certain organ, its anatomical pattern is clearly observed through thermal images. Due to the increasing need for liver donors, transplantation from non-heart-beating donors (NHBD) has increased. As there are not detailed studies of reperfusion injury of these livers so far, an IR imaging evaluation of liver ischemia reperfusion immediately after NHBD organ explantation could be extremely useful. It has been applied in kidney, liver, lung and intestines transplants, in the postopera-

tive evaluation to check for venous thrombosis, acute rejection and immunosuppressive drugs toxicity. **IR Direct Calorimetry:** The authors developed a method of IR thermographic calorimetry (ITC) to estimate the protein intake requirement. Digital radiometric images were taken with a FLIR SC3000 infrared camera (FLIR Systems, Sweden), and the thermal data associated with heat loss theories were used to calculate mean body surface temperature, heat losses, and total energy expenditure caused by radiation, convection, evaporation and conduction. The personal parameters included age, weight, and height. In order to determine an ideal protein requirement, caloric needs were calculated based on their resting metabolic rate using ITC and sophisticated software. In comparison with other calorimetric method, interpretation with ITC is more accurate because it is taken when metabolic pathways other than oxidation predominate or when there are clinical conditions that affect carbon dioxide exhalation from the lungs. ITC is an accurate, noninvasive, and easy method for measurement of heat loss and energy expenditure in surgical patients, and therefore it may be an useful clinical and research tool especially to estimate the adequate protein intake. **Conclusion:** With the development of faster computers and more powerful programs in data processing and complex imaging, we realized that IR imaging should be regarded as a functional and dynamic diagnostic tool and not as a conventional anatomical and static imaging exam.

## References

- LeRoy PL. Surgical thermology – a review of preoperative, intraoperative, and postoperative applications. *Thermology internacional* 15(3), 117, 2005.
- Brioschi M L, Colman D, Machuca T N, Loures D R R. Thermo-coronary-angiography: standardization of the method and first clinical applications in Brazil. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2002; 17(2):123-127.
- Brioschi ML, Cimbalista Jr M, Nakagawa CR, et al. Avaliação intraoperatória da revascularização cardíaca por angiografia térmica coronária: estudo experimental preliminar. *Arq Med PUCPR*. 2000.

Suma H, Isomura T, Horii T, et al. Intraoperative coronary artery imaging with infrared camera in off-pump CABG. *Ann Thorac Surg*, 2000; 70: 1741-2.

Moss AA, Kressel HY, Brito AC. Use of thermography to predict intestinal viability and survival after ischemic injury: a blind experimental study. *Inv Radiol*. 1981;16:24-29.

Brooks JP, Perry WB, Putnam AT, et al. Thermal imaging in the detection of bowel ischemia. *Dis Colon Rectum*, 2001; 43(9):1319-1321.

Malafaia O, Brioschi ML, Aoki SMS, Dias FG, Gugelmin BS, Aoki MS, Aoki YS. **Infrared imaging contribution for intestinal ischemia detection in wound healing.** *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 23, p. 511-519, 2008.

## ABSTRACT

**Purpose:** To study thermal variations obtained through infrared image in rats, and to evaluate the relationship between intestinal ischemic time and histopathological findings. **Methods:** Thirty Wistar rats were operated after distribution in 5 groups with different times of ischemia. Thermograms were obtained by using an infrared camera. The surgical technique has been standardized for all groups: abdominal cavity opening by a 5 cm length incision in the midline, abdominal wall plan section and cavity exposure, and exteriorization of the intestine. In group I (control), it was proceeded only laparotomy without superior mesenteric artery ligation. After first thermogram done, incision was closed with continuing suture. In each rat in groups II, III, IV and V, the superior mesenteric artery was located at its origin on abdominal aorta, dissected and occluded with a vascular microclamp, subjecting the intestine to ischemia in variable times. **Results:** Rats submitted to a 30 minutes ischemia presented reactive hyperemia, thermal differential of 1.8°C and normal pathological examination. The 1 hour ischemia produced reactive hyperemia with ischemic areas, thermal differential of 1.0°C and injuries at villus tips. However, the 90 minutes ischemia had not shown reactive hyperemia with large ischemic areas, thermal differential of -1.0°C and injury in the upper third of the villos-

ities. The 2 hours ischemia demonstrated a severe ischemia, thermal differential of  $-2.0^{\circ}\text{C}$  and injury throughout the all villousities' extension. **Conclusion:** It has been possible studying thermal variations through infrared image in rats, showing correlation between thermal response in thermograms, ischemic time and histopathological findings.

**Keywords:** Spectrophotometry, Infrared. Tissue Survival. Ischemia. Wound Healing. Rats.

Ribeiro HDW, Da Silva GAP, Brioschi ML, Nascimento AJ, Biondo-Simoes MLP, Matias JEF. **Real-time infrared thermography as an evaluation method of spleen viability in partial splenectomy in pigs.** Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões (Impresso), v. 36, p. 438-441, 2009.

#### ABSTRACT

**Objective:** To determine if infrared thermography is capable of precisely detecting loss of tissue perfusion in the spleen during a partial splenectomy. **Methods:** Five Landrace pigs, weighing between 12 and 15 kg, after intramuscular pre-anesthetic medication and intravascular infusion anesthesia, were submitted to four sequential vascular interruption steps of the arterial vessels to the lower splenic pole: 1-vessels of splenic ligament; 2-splenic artery branch to the lower pole; 3-arterial branch to the lower pole on the organ visceral surface; 4-splenic parenchyma, splitting the organ. The images were captured by a Therma CAM SC500 camera 50 centimeters from the organ surface. The parenchymal temperatures were measured from the proximal (irrigated) areas and from the distal (ischemic) areas in three distinct circle regions of each area using SAT Report software, before and after each vessels interruption step, establishing five groups of measurement times: time 0 = before interruption step 1; time 1 = after interruption step 1; time 2 = after interruption step 2; time 3 = after interruption step 3; time 4 = after interruption step 4. **Results:** Proximal area temperatures (preserved vessels) remained stable during all the vessel interruption steps. The temperature of the distal area (compromised vessels), as compared to the proximal area, dropped continually

throughout the sequential interruption steps and became statistically lower after interruption step 3 (time 3). There was a statistical difference between the proximal and distal temperatures of the organ as the vascular structures were being interrupted in each step. **Conclusion:** Infrared thermography is capable of precisely distinguishing irrigated splenic parenchyma from the ischemic areas and can contribute to the evaluation of solid organ viability.

**Keywords:** Tissues. Perfusion. Infrared rays. Thermography. Splenectomy. Swine.

Matias, J.E.F.; Morais, F.A.; Kato, D.M.P.; Koziak, V.; Brioschi, M.L.; Tambara, E.M.; Agulham, M.A.; Coelho, J.C.U. **Prevention of normothermic hepatic ischemia during in situ liver perfusion with three different preservation solutions: experimental analysis by realtime infrared radiation thermography.** Rev. Col. Bras. Cir. Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, jun. 2010.

#### ABSTRACT

**Objective:** To establish the usefulness of infrared radiation thermography on monitoring in situ liver perfusion with different preservation solutions during liver harvesting. **Methods:** Twenty-four adult male Wistar rats, weighing 385.31g were randomly divided into four groups of six animals each according to the solution used to perfuse the liver (Euro-Collins® solution - EC group; Custodiol® solution - CUST group; Celsior® solution - CEL group and Ringer-Lactate solution - RL group). Under inhalatory ether anesthesia, animals were submitted to upper transversal laparotomy, exposure of median and left-lateral hepatic lobes, heparin injection (500 UI/Kg) through infrahepatic vena cava, portal vein infusion through 18G catheter of cold ( $4^{\circ}\text{C}$ ) solution according to the group of study. Infrared images, with respective temperature evaluations from hepatic surface, were picked up in real time by Therma CAM SC500® infrared camera positioned at constant distance from three fixed points of the diaphragmatic surface of median and left lateral lobes at the following moments regarding liver perfusion: immediately after laparotomy; after portal vein cannulation and

immediately before solution infusion; at each minute from the beginning of liver perfusion during five minutes. Mean temperatures of each moment were compared intra and intergroups with the difference between means test with normal distribution, with significance level of 5% ( $p=0.05$ ). **Results:** There was statistically significant difference of means temperatures between the moment of laparotomy and immediately after cannulation; between this later and after the first minute of perfusion; and between the first and fifth minutes of infusion in all groups of study in a similar way. CEL group showed additional difference between the first and second minutes means temperatures. Intergroup comparison showed Euro-Collins solution with significant less cooling power when compared to all others solutions. **Conclusion:** It was possible to follow the liver cooling process during preservation solutions perfusion using infrared radiation images. Preservation solutions had similar behaviors, with Celsior® solution showing additional cooling power until the second minute of perfusion. Euro-Collins solution had less cooling power than other solutions studied.

**Keywords:** Ischemia/reperfusion. Infrared radiation. Liver preservation.

## ANESTHESIOLOGY

Colman D, Melo MCBF, Brioschi ML, Silveira F. **Analysis of Heat Loss Using Inhalation Agents in Rats Subjected to Laparotomy and Increased Intra-Abdominal Pressure, using Digital Infrared Thermal Image.** Rev. Bras. Anesthesiol. 2002; 52: 3: 307-315.

## ABSTRACT

**Background and Objectives:** Anesthesiology involves the handling of situations inherent to anesthetic and surgical procedures which lead to patients thermal homeostasis unbalance, with noxious physiological effects. This study aimed at qualifying and quantifying thermal redistribution in rats subjected to inhalation anesthesia, during induction and in surgical situations of laparotomy and increased intra-abdominal

pressure. **Methods:** The study involved 90 rats, submitted to inhalation anesthesia, which were distributed in three groups: halothane; isoflurane; sevoflurane. Each group was divided in subgroups: I - control; II - median laparotomy with bowel exposure; III - 15 mmHg Increase in intra-abdominal pressure. Heat loss was measured by an esophageal probe and infrared thermal image. **Results:** There were no significant differences among inhalation anesthetics regarding heat loss between groups I and II. In group III, there was a difference between isoflurane and sevoflurane and isoflurane was responsible for the highest heat loss. **Conclusions:** Sevoflurane was the inhalation agent determining the lowest heat loss in the presence of increased intra-abdominal pressure, as compared to isoflurane and halothane.

**Keywords:** ANESTHETICS, Volatile: halothane, isoflurane, sevoflurane; ANIMAL: rat; HYPOTHERMIA; MEASUREMENT.

Colman D, Brioschi ML, Tambara EM, Melo MCBF, Blume LP - **Macroscopic Infrared Analysis of Inhaled Nitrous Oxide Diffusion to Abdominal Cavity in Rats Submitted to Pneumoperitoneum.** Rev Bras Anesthesiol 2004; 54: 2: 218-228.

## ABSTRACT

**Background And Objectives:** Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), for its triatomic asymmetric structure, has high energy emission and absorption characteristics within the infrared spectrum, with maximum absorption at 4.5  $\mu$ m, what makes it visible at short infrared, when contrasted with a heat emission source (hot support). Many authors have described N<sub>2</sub>O diffusion to closed cavities by chromatography methods and gas analyzers, which do not allow a detailed macroscopic study of the gas. This study aimed at macroscopically filming in the infrared spectrum inhaled N<sub>2</sub>O diffusion to the peritoneal cavity of rats submitted to 20 mmHg room air pneumoperitoneum. **Methods:** Animals where divided in three groups according to the anesthetic drug: I - Intravenous control: intraperitoneal thiopental; II - inhaled control: 1.2% isoflurane in 100% O<sub>2</sub>; III - nitrous oxide: 66% N<sub>2</sub>O in oxygen and

0.6% isoflurane. Thermal images of abdominal decompression were captured by an AGEMA 550 radiometer filmed at 7 frames per second. **Results:** N<sub>2</sub>O was visible to infrared. At abdominal decompression, groups I and II have not shown visible gas traces at infrared thermographs, while group III had visible infrared traces. **Conclusions:** Our conclusion was that 66% inhaled nitrous oxide has diffused to peritoneal cavity of rats submitted to 20 mmHg room air pneumoperitoneum, with no intra-abdominal pressure increase.

**Keywords:** ANESTHETICS, Gaseous: nitrous oxide ANIMAL: rat; MEASUREMENT TECHNIQUES: infrared image

Colman D, Vargas JVC, Brioschi ML, Lorusso M, da Silva AK. **Thermal Response of Rats to Different Types of Trauma.** Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care: December 2004 - Volume 57 - Issue 6 - pp. 1287-1298.

#### ABSTRACT

**Background:** Hypothermia is commonly observed in victims of trauma, and it is generally combined with shock caused by either hemorrhagic or no hemorrhagic mechanisms. This study deals with phenomena related to no hemorrhagic mechanisms. The objective is to document through experimental evidence the existence of a natural mechanism in rats that compensates for the inadequate tissue perfusion in the presence of shock by reducing body temperature (hypothermia). **Methods:** Different types of trauma are analyzed (i.e., abdominal cavity and bowel exposure) and compared with other groups that suffered, additionally, femur fracture and partial hepatectomy. Further thermal alterations are also studied as consequences of vascular phenomena involving the elevation of intra-abdominal pressure and clamping of arteries and veins, such as the aorta and inferior vena cava. The loss of energy and temperature response of the animals is documented in time through charts with experimental uncertainties. **Results:** It is concluded that exposure of the bowels is the main factor involved in the genesis of hypothermia, regardless of the associated

trauma. Plastic film is shown to be the most effective way to avoid heat loss in bowel exposure. An optimal intra-abdominal pressure,  $P_{opt} \cong 12$  mm Hg, is found such that heat flux loss is minimum in pneumoperitoneal procedures. **Conclusion:** Aortic and inferior vena cava clamping induces hypothermia at levels comparable to bowel exposure.

#### VASCULAR

Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC. **Skin thermometry: new concepts.** J Vasc Br. 2003; 2(2):151-60.

#### ABSTRACT

The article approaches the use of a new diagnostic method for the objective assessment of functional disorders in patients with vascular diseases. This method, also known as high-sensitivity infrared skin thermometry, does not require any physical contact with the patient, is noninvasive and does not include a contrast medium. The authors describe the examination method, the necessary equipment, and the qualitative and quantitative evaluation parameters. The results of the examination allow the identification of vascular disorders, as well as of problems with the neuronal and musculoskeletal systems, inflammatory processes, dermatological, endocrine and oncological conditions. It permits us to assess the clinical prognosis and, consequently, solve medical problems more objectively.

**Keywords:** diagnosis, thermography, vascular diseases.

Brioschi ML, Mehl A, Oliveira AGN, Freitas MAS, Macedo JF, Matias JEF, Macedo RAC. **Diabetic foot evaluation by infrared skin thermometry.** Rev. Méd. Paraná. 65(1):33-41, jan.-jun. 2007.

#### ABSTRACT

During the past few years, there have been major advancements in the pathophysiology of diabetic foot. The better understanding of the skin microcirculation dysfunction allowed the application of ther-

mal mensuration techniques with high resolution infrared imaging. The images supply evaluation of the microcirculation assisting in the diagnosis and therapeutical monitorization of the diabetic neuropathy, microangiopathy and macroangiopathy. As well as, in the evaluation of ulceration risk and amputation level. With the frequent advances in the functional exams, the trend is that each time more thermal imaging studies will have role for evaluation and understanding of this disease.

**Keywords:** Infrared imaging. Diabetic foot. Microcirculation.

Balbinot LF, Achaval M, Zaro MA, Robinson C. **Computerized thermography by infrared in the diagnosis of diabetic neuropathy.** ICGMT Proceedings, 2010.

#### ABSTRACT

**Introduction:** The thermography measures the emission of infrared radiation by the human body, which can be converted in temperature; the cutaneous blood flow, measured mainly by the sympathetic nervous system can be evaluated through this methodology. Previous researches have showed that plantar thermic map allows the quantification of asymmetries and patterns indicative of dysfunction of the autonomous nervous system even in asymptomatic diabetics. **Objectives:** evaluate the application of computerized infrared thermography in the diagnosis of diabetic neuropathy in individuals with diabetes type 2 (DM) and pre-diabetics. **Methods:** 50 individuals of both genders, aging between 19 and 69 were analyzed (26 diabetics type 2, 8 pre diabetics and 16 controls). Individuals with hypothyroidism and/or smokers were excluded. The analysis of the sample was obtained through plantar thermography, with provocative test by cold stimulus, study of variability of heart frequency and electromyography (EMG). The clinic neuropathy was defined by the presence of suggestive symptoms and/or according with the Michigan Inventor with score >3. **Results:** The average of age was similar between the sub-groups. Among the patients of the control group none showed clinic neuropathy, alterations of EMG or positive cardiovascular tests. Among the pre-diabet-

ics 25% (n=2) presented Cardiac Autonomic Neuropathy (CAN), 25% (2) clinic neuropathy and 12.5% (1), altered EMG. Among the patients with DM the prevalence of clinic neuropathy was of 15.3% (n=04), altered EMG 57.7% (n=15) and cardiovascular tests in 53.8% (n=14). The plantar thermography was altered in 37.5% of the controls, 87.5% of pre-diabetics and 92.3% of patients with DM (p <0.0005). Out of patients who were pre-diabetic or diabetic with symptoms, 100% presented altered plantar thermography. Out of patients who were pre-diabetic or diabetic with altered EMG, 100% presented altered plantar thermography. **Conclusions:** The partial results of this study indicate that the plantar thermography can be altered early, even before the confirmed DM diagnose. The clinic neuropathy can appear later in the course of the illness, where plantar autonomic changes can be identified by plantar thermography even before the autonomic cardiac alterations. Prospective studies will define the role of this exam in the evaluation and segment of the patient with DM.

(DeCS: diabetic neuropathies, thermography, diagnose)

#### References

- ADA-American Diabetes Association. Position Statement. **Diabetes Care**, 32(1), 2009, S35.
- Bharara, M.; Cobb, JE.; Claremont, DJ. Thermography and Thermometry in the assesment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of termal techniques. *Lower Extremity wounds*. 2006. 5(4);250-260.
- Brioschi, M.L.; Macedo, J.F.; Macedo, R.A.C. **Skin thermography:** new concepts. **J Vasc Bras**. 2003, 2(2): p. 151-160.
- Claus, D.; Mustafa, C. et al. Assesment of diabetic neuropathy: definition of norm and discrimination of abnormal nerve function. **Muscle & Nerve**, 1993; 16(7), p.757-68.
- Fujiwara, Y.; Inukai, Y.; Takemura, Y. Thermographic measurement of skin temperature recovery time of extremities in patients with type 2 diabetes mellitus, 2000. **Exp. Clin. Endocrinol Diabetes**, 108, p. 463-469.
- Low, PA.; Vermino, S.; Suarez, G. Autonomic dysfunction in peripheral

nerve disease. **Muscle Nerve**. 2003; 27:646-661.

Maser, RE.; Lenhard, MJ. Review: Cardiovascular autonomic neuropathy due to diabetes.

Ring, E.F.J.; Houdas, Y. Human Body Temperature: its measurement and regulation. 1982. **Plenum Press**, New York. USA.

Rolim, LC.; Sá, JR.; Chacra, AR.; Dib, AS. Neuropatia Autonômica Cardiovascular Diabética: Fatores de Risco, Impacto Clínico e Diagnóstico Precoce. "In Press" nos **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2008.

Sundkvist, G.; Almér, LO.; Lilja, B. Autonomic neuropathy and toe circulation. A prospective physiological interpretation, and clinical use. **Circulation** 1996;93:1043-65.

Zooter, H.; Kerbl, R.; Gallistl, S. et al. Rewarming index of the lower leg assessed by infrared thermography in adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus. **J Pediatr Endocrinol Metab**. 2003; 16 (9), p. 1257-1262.

Nogueira FE, Medeiros FC, Barroso LVS, Miranda EP. **Infrared digital telethermography: a new method for early detection of varicocele**. ICGMT Proceedings, 2010.

## ABSTRACT

Varicocele results from the abnormal dilation of the veins of the pampiniform plexus and is the most common identifiable cause of male infertility. The prevalence of varicocele reaches 15% in healthy men and 40% in men undergoing treatment for infertility (1). Besides physical examination, various traditional methods of examination, such as Doppler ultrasonography, venography, and contact thermography, are believed to have an important role in diagnosing varicocele (1, 2). Infrared digital telethermography (IDT) is a new method for early diagnosis of this entity. The equipment consists of an E-25 digital infrared video camera (Flir Systems, Boston, MA), which has a sensitivity for temperature variance of 0.2°C. It is used with QuickView2 software (Flir Systems) for analyzing data. To perform the examination, the patients should stand in a refrigerated room (air temperature approximately 24°C) with the scrotum exposed for 5 minutes before

examination. The device records maximum and minimum temperatures of a selected area, along with average and standard deviation. The penis should be held against the abdominal wall. In healthy men the average temperature of the scrotum is symmetric and should not exceed 32°C, corresponding to the colors blue or green (Fig. 1). In varicocele the temperature is higher, usually between 32.5°C and 35.3°C, represented by a reddish color (Fig. 2). Furthermore, a right-left average temperature variation of >0.8°C that involves more than 25% of the hemiscrotum indicates varicocele (3). Compared with Doppler ultrasonography, IDT is less invasive; it needs no physical contact between the probe and the skin of the patient, thus avoiding discomfort, possible physical trauma, and psychological embarrassment. It has the advantage of detecting minimal testicular alterations. Our experience in selected cases leads us to believe that IDT is a good method for the diagnosis of varicocele, especially for those patients who are asymptomatic or who have mild symptoms.

**Keywords:** Varicocele. Early detection. Infrared. telethermography

## DERMATOLOGY/HEPATOLOGY

Vargas, J.V.C.; Brioschi, M.L.; Dias, F.G.; Parolin, M.B.; Mulinari-Brenner, F.A.; Ordonez, J.C.; Colman, D. **Normalized methodology for medical infrared imaging**. Infrared Physics & Technology. Volume 52, Issue 1, January, 2009, p. 42-47.

## ABSTRACT

A normalized procedure for medical infrared imaging is suggested, and illustrated by a leprosy and hepatitis C treatment follow-up, in order to investigate the effect of concurrent treatment which has not been reported before. A 50-year-old man with indeterminate leprosy and a 20-year history of hepatitis C was monitored for 587 days, starting from the day the patient received treatment for leprosy. Standard therapy for hepatitis C started 30 days later. Both visual observations and normalized infrared imaging were conducted periodically to as-

sess the response to leprosy treatment. The primary end points were effectiveness of the method under different boundary conditions over the period, and rapid assessment of the response to leprosy treatment. The patient achieved sustained hepatitis C virological response 6 months after the end of the treatment. The normalized infrared results demonstrate the leprosy treatment success in spite of the concurrent hepatitis C treatment, since day 87, whereas repigmentation was visually assessed only after day 182, and corroborated with a skin biopsy on day 390. The method detected the effectiveness of the leprosy treatment in 87 days, whereas repigmentation started only in 182 days. Hepatitis C and leprosy treatment did not affect each other.

**Keywords:** Dimensionless temperature; Skin thermography; indeterminate leprosy

## RADIOLOGY

Brioschi ML, Vargas JVC, Lin TY, Teixeira MJ, Matias MEF. **Application of a new radiological IR imaging technique. MRI with IR 3D fusion and 3D stereoscopic printing.** *Thermology international* 17/2 (2007).

## ABSTRACT

**MRI fusion and 3D IR imaging:** We are developing a new IR imaging technique which consists of fusing magnetic resonance imaging (MRI) (1.3 Tesla Magnetom MR Systems, Siemens) and thermal infrared (IR) imagery to generate a diagnostic 3D image in real-time. The authors used high resolution IR images (0.02oC) produced by sensitive QWIP FPA IR detectors acquired through a high sensitive camera (ThermaCam SC3000, FLIR Systems, Sweden). In order to build an Image Fusion Scheme, it was necessary to standardize the MRI image acquiring process by filming the whole body 360° upstanding under automatic rotator motion. The best incidences acquired through real time 14-bit digital output connector for fast image caption and recording were chosen. Sophisticated and dedicated software (ThermaCam Research-

er 2001, FLIR Systems) was used in the evaluation of high resolution images in continuous color pallet. After acquiring the images, a 3D reconstruction with graphics computer systems was performed. Contrast-enhanced MRI for breast cancer assessment has been increasingly used. This modality of imaging provides 3D functional information, via pharmacokinetic analysis of the interaction between the contrast agent and tumor vascularity. **MRI is an important breast imaging modality:** it can be applied to women of all ages including patients with surgical/radiotherapy scarring, in contrast to X-ray mammography, which has limited use in younger women, HRT users and for postoperative assessment. IR imaging was frequently used in the past to detect changes in skin surface temperature associated with breast cancer. A 1-2o C elevation in skin surface temperature can usually be observed at the tumor periphery. Such effect suggests that there is a local change in temperature that might be due to the hypervascularity resulting from tumor-associated angiogenesis. Pathological changes (such as calcifications and fine speculations) are more difficult to be assessed through MRI. Therefore, there is clinical and diagnostic application of this technique that fuses high-resolution functional data acquired from IR imaging with the structural data acquired from MRI imaging. Using breast imaging fusion software, the clinician is able to analyze areas of interest seen in X-ray mammogram with the aid of MRI and IR 3D imaging acquisition. Application of this research technique include improving MRI diagnostic capability that can be applied towards breast cancer angiogenesis, intracranial diseases and peripheral vascular occlusion diseases. **3D anaglyphic stereoscopic IR imaging:** The authors describe how to use the 3D anaglyphic method in order to produce stereoscopic IR imaging prints for anatomical and physiological teaching and report preparation by using professional photographic and computer software. Similar to any other method of producing stereoscopic images, the anaglyphic procedure is based on the superimposition of two slightly different images of the object to be seen in a 3D fashion. One image is generated with the camera angled from the left side and the other image from the right angle. Both pic-

tures are obtained through a single camera, or by using two cameras affixed to each other. After the images are processed by applying different complementary color dyes, they are scanned and superimposed to each other with the aid of professional imaging-manipulation software and printed out. Glasses with colored lenses, normally one red and one blue, are employed to allow stereoscopic vision. Stereoscopic 3D IR anaglyphic prints can be reproduced using photographic and personal computer equipment; so the prints can be easily reproduced without significant cost and are of particular help to disclose the 3D character of IR imaging.

### References

Adams WR. 3D visualization of body surface thermal data. *Thermology internacional* 15(3), 115, 2005.

Brioschi ML, Vargas JVC, Lin TY, Teixeira MJ, Matias MEF. **High sensitive ir images report. New system of musculoskeletal injuries description.** *Thermology international* 17/2 (2007).

### ABSTRACT

IR imaging has an important role in worker's compensation and insurance reimbursement. It is necessary though that the report is official as a traditional radiological report. We developed a new evaluating system to describe IR signaling of 3D vascular territories (called "angiosomes") (Govidan, 2005), in order to better assess musculoskeletal pain diseases using high sensitive IR imaging equipment. The aim of this study is to compare the IR imaging skills of physicians in training with those of experienced IR radiologists. Also we evaluate the impact of a training program using a new evaluating system applied to real patients. **Method:** In an academic setting, 32 physicians (neurology, orthopedic and occupational medicine residents) evaluated patients using a high sensitive device (Thermacam SC3000 FLIR Systems, Sweden). The thermal camera produced high resolution and high sensitivity images (0.02 °C) through a QWIP FPA IR detector. It can detect

IR radiation in the 7.5-13\_μm range. These parameters of sensitivity are necessary for detailed medical observation and quantification of heat flow. A Volunteer control group comprised of 333 patients with musculoskeletal pain injuries whose IR signs were identified after completing a clinical questionnaire. IR signs (IR imaging Area Interpretation Criteria (Brioschi, 2002): region of interest, intensity, size, shape, distribution, delimitation and margins) were determined beforehand by an independent skilled IR imagiologist and were validated by ultrasonography (US) and a skilled pain physician. All patients were seen pre and post-interventional by the same physician in a course of one week. **Results:** Exams were normal in all participants from the volunteer control group. The sensitivity and specificity of the US were 79 and 100% respectively, while the IR imaging was 100% and 100%. The total accuracy was 89% for US and 100% for IR imaging. When US was compared with IR imaging findings, it showed a positive correlation of 89%. In 11.2% of the cases the IR imaging was abnormal while the US result was normal; these were non specific injuries without anatomic correlation. The experts were the most skillful, achieving 100% recognition of IR signs and making correct diagnoses in 100% of cases. The residents identified 80% of the thermal signs and made correct diagnosis in 70% of cases in the first month. After one week of training sessions of the new system, the mean percentage for correct diagnosis was 98% [an increase of 28% (p<0.05)]. **Conclusion:** The level of diagnostic skills in this relatively small group of physicians in training was indeed high and was improved by a short period of training with this new IR training course for musculoskeletal pain diagnosis. Actually the system is a tool available in the internet for continuous training and supporting to the affiliated physicians.

### References

Bremont A, Ollier V, Drapier-Faure E. Thermography of the breast. Sensitivity, specificity and reproducibility. *Bull Cancer*. 1988; 75(2): 183-6.

Brioschi ML, Macedo JF, Camcedo RAC. Skin thermometry: new con-

cepts. J Vasc Br. 2003; 2(2):151-60.

Govidan S. Blood supply of the skin: the angiosomes. *Thermology internacional*. 15(3), 115, 2005.

Brioschi ML. **Automated computer diagnosis of IR medical imaging**. *Inframations Proceedings* 2010.

In order to improve infrared (IR) imaging diagnosis, application of computer software to the quantitative analysis of IR images has been studied by some investigators for years. The utilization of merely temperature alarms is not satisfactory for accurate diagnosis, it's is necessary to work with thermal patterns tools, as example algorithms and fractals, to identify physiological abnormalities like fever and some diseases, adjusted with ambient and inner eye reference temperatures. The authors have developed an on-line IR image processing system with specialized algorithms to identify different diseases. Using a system of IR pattern recognition, digital geometry and signal processing was possible to create a diagnostic tool to increase the accuracy of risk analysis of breast cancer, diabetic foot ulcer, fibromyalgia thermoregulatory disturbance, knee osteoarthritis, hand/wrist rheumatoid arthritis, sleep disturbance, fever, and physiologic stress parameters. All the results were achieved from a data bank of FLIR images from the authors along 10 years of practice. From the results obtained, the quantitative diagnosis method by a computer was found to be a significant method. The overall accuracy of a computer diagnosis may vary more or less by different diseases assignments. The present processing system is being improved by the data bank.

Brioschi ML. **IR remote sensing to measure human being stress level**. *Inframations Proceedings*, 2010.

This paper described the use of non invasive remote passive IR imaging for measurement of human vital signs to detect altered physiological status, defined as physiological stress. By means of statistical

signal processing, an automated system can detect levels of physiological stress, analyzing different human being functional variables such as breathing, supra-orbital artery pulse, cold nose, ears and hands, dry mouth, flushing and moving of the face. Breathing causes noticeable changes in temperature at the nasal area, which appear as periodic changes in the face IR image. The supra-orbital arteries of the face produce time-varying heat patterns which yield information about the cardiac cycle, called pulse. Ears, nose, hands vasoconstrictions and dry mouth diminish the IR radiation proportionally to the elevation of the stress level, contrary the hyper-radiation occasioned by the vasodilatation of the face. Results on human normal subjects and exposed during a television reality show were provided and validated against standard approaches for physiological parameters measuring. The proposed method has medical, traffic accident and public security applications as non-contact vital signs monitoring, driver's stress detection and intent identification at a distance. So it is ready to be used at airports, and health screening, police departments, elder care, workplace preventive care, and vehicles dashboards.

## ACUPUNCTURE/HOMEOPATHY

Nogueira FE, Brioschi ML, Silva AH, Guimarães SB. **Thermo-guided acupuncture – principles and practice**. *ICGMT 2010 Proceedings*.

## ABSTRACT

Thermo-Guided acupuncture is based on the combination of the principles of traditional Chinese medicine (TCM) to infrared thermography (IT). The whole body thermographic imaging allows the location of areas with temperature differences higher than 0.3°C, indicating the presence of dysfunction in veins, arteries, tendons, muscles and so on. These dysfunctions after converted into infrared images can have aspect of points, circular areas, silhouettes that outline organizational structures or artificial body parts. *Yang* areas have a positive difference in relation to its surroundings while *Yin* areas have a negative

difference. The location of these images shows great overlap with traditional and extra points when compared to acupuncture charts. When the group of infrared findings is compared to meridian charts it is possible to relate with patterns of disharmony (PD) described in the texts of acupuncture. Diagnosis using the eight principles (Hot-Cold, Deficiency-Excess, Interior-Exterior, Yin-Yang) can be complemented by IT, namely: a) the presence of hot spots in hot areas indicate the presence of Hot-Excess, b) the absence of hot spots in hot areas indicate the presence of Hot-Deficiency (false heat), c) notation of Cold-Deficiency (Yang deficiency) will occur in the absence of cold images within a cold area, d) Cold-Excess will occur in the presence of cold images in a cold area, e) The PD will be in the Interior when internal structures of the body are outlined, f) The PD will be in the Exterior when internal structures are not outlined, g) The PD is like Yang in cases of detection of Hot-Excess. IT increases needling accuracy, evaluates the evolution of detected areas and supports the acupuncturist decisions. The treatment of PD diagnosed with the help of IT following the reasoning of MTC may cause such differences of temperature, or the thermal images to disappear.

**Keywords:** Acupuncture. Infrared thermography. Thermo-Guided

Nogueira FE, Brioschi ML, Silva AH, Guimarães SB. **Thermographic findings in liver patterns of disharmony – preliminary results.** ICGMT 2010 Proceedings.

#### ABSTRACT

The most important function of liver is governing the free-flowing of the *Qi*. Liver stores blood and realize most metabolic reactions in the body. Venous liver blood input comes from spleen, large and small intestines (portal vein) and arterial blood comes from hepatic artery. The increase in the pressure within the portal vein reflects over venous pressure of intestines and spleen, leading to collateral drainage trough abdominal wall veins. If blood doesn't flows freely it will stagnate and produce heat raising the temperature of super-

ficial vessels. This phenomenon is best detected by infrared imaging and occurs prior to distension of veins and frequently not detectable by other imaging systems. Feeling of distension under the rib-cage or chest, sighing, nausea, abdominal distension, distension of breasts and menstrual alterations in women are some of the symptoms referred to Liver disharmony. In a review of 475 of women cases of liver pattern of disharmony (PD) we found: 1) right sub costal hot area, 2) hot spot overlapping with point SP16 (Fuai) inside the hot area, 3) hot vascular pattern starting in the right groin and decreasing temperature in the direction of SP16 acupuncture point, 4) hot vascular pattern along distal parts of right Gallbladder meridian, 5) hot vascular pattern along distal parts of right Spleen meridian, 6) in more severe or chronic conditions these findings may happen bilaterally. Comorbid conditions as liver fatty disease, increase in cholesterol levels and alterations in portal vein Doppler ultrasound may be present in the case, being useful to evaluate therapy.

**Keywords:** Acupuncture. Infrared thermography. Liver. Stagnation.

Nogueira FE, Pereira FE, Nogueira NP. **Infrared thermography model to study cutaneous temperature modifications in paws of rats treated with homeopathy from sodium arsenate heptahydrate.** ICGMT 2010 Proceedings.

#### ABSTRACT

This experiment tested the hypothesis that the administration of the homeopathy prepared from sodium arsenate heptahydrate (SAH) in 30% hydroalcoholic solution, according to the Hahnemannian process, using two different potencies: 30cH and 200cH (G2 and G3 groups), is able to change the cutaneous temperature of the paws of Wistar male rats when compared to 30% hydroalcoholic solution (control group – G1). During ten days, three groups of Wistar male rats (n=6), received 10µL p. o. of its respective solution. Infrared thermograms were obtained daily from the paws prior to the treatment. Mean temperature of animals that received SAH were statistically significant

in groups G2 ( $p=0,02$ ) and G3 ( $p=0,01$ ) when compared to the control group using Student's t test. The administration of SAH induced a rise in cutaneous temperature of paws of rats when given in potencies of 30cH and 200 cH. The proposed animal model was successful on recording the rat paws skin temperature variations using infrared thermography after receiving homeopathic treatment with SAH.

**Keywords:** Homeopathy; infrared thermography; cutaneous temperature; sodium arsenate.

## REFERENCES

- Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ). Vulnerable Plaques: A Brief Review of the Concept and Proposed Approaches to Diagnosis and Treatment. Jan 22, 2004. accessed Feb 11, 2009. Available at URL address: <http://www.ahrq.gov/clinic/ta/placque/placque.pdf>
- Almeida, D.B.; Cunali, P.A.; Santos, H.L.; Brioschi, M.L.; Prandini, M. Chronic paroxysmal hemicrania in early childhood: case report. *Cephalgia*, International Headache Society, v.24, n.7, p. 608-609, 2004.
- Amalric, R.; Gautherie, M.; Hobbins, W.B. et al. Avenir des fermes thermogramme infrarouge mammaire anormal isol. *La Nouvelle Presse Medicale*, 38:3153-3155, 1981.
- Amalric, R.; Giraud, D.; et al. Combined diagnosis of small breast cancer. *Acta Thermographica*, 1984.
- American Academy of Neurology (AAN). Assessment: thermography in neurologic practice. The American Academy of Neurology, Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee. *Neurology*. 1990; Mar; 40(3 Pt 1):523-5.
- American Academy of Neurology (AAN). Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee. Assessment: clinical autonomic testing. *Neurology*. 1996; Mar; 46(3):873-80.
- American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS). Advisory statement. Thermography. Mar 2005. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.aaos.org/about/papers/advistmt/1009.asp>

American Cancer Society (ACS). Breast cancer. Sep 11, 2007b. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://documents.cancer.org/104.00/104.00.pdf>

American Cancer Society (ACS). Guidelines for breast cancer screening: Updated 2003. *A Cancer J Clin.* 2003; 54:141-69.

American Cancer Society (ACS). Mammography and other breast imaging procedures. Sep., 26, 2008. Accessed Feb., 11, 2009. Available at URL address: [http://www.cancer.org/docroot/CRI/content/CRI\\_2\\_6X\\_Mammography\\_and\\_other\\_Breast\\_Imaging\\_Procedures\\_5.asp?sitearea=](http://www.cancer.org/docroot/CRI/content/CRI_2_6X_Mammography_and_other_Breast_Imaging_Procedures_5.asp?sitearea=)

American Chiropractic Association (ACA). Policies. Infrared imaging. Aug 1999. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.amerchiro.org/level2\\_css.cfm?T1ID=10&T2ID=117](http://www.amerchiro.org/level2_css.cfm?T1ID=10&T2ID=117)

American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG). Breast cancer screening. Apr 12, 2003. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.guideline.gov/summary/pdf.aspx?doc\\_id=3990&stat=1&string=](http://www.guideline.gov/summary/pdf.aspx?doc_id=3990&stat=1&string=)

American College of Radiology (ACR). ). ACR appropriateness criteria®. Suspected lower extremity deep vein thrombosis (DVT). 2005. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality\\_safety/app\\_criteria.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria.aspx)

American College of Radiology (ACR). 2007 digest of council actions. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/mbr\\_chapter/FeaturedCategories/Council-Resources/DigestofCouncilAction/2007DigestofCouncilActionDoc2.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/mbr_chapter/FeaturedCategories/Council-Resources/DigestofCouncilAction/2007DigestofCouncilActionDoc2.aspx)

American College of Radiology (ACR). ACR appropriateness criteria®. Low back pain. 2005. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality\\_safety/app\\_criteria.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria.aspx)

American College of Radiology (ACR). ACR appropriateness criteria®. Myelopathy. 2006. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality\\_safety/app\\_criteria.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria.aspx)

American Medical Association (AMA). Thermography update. 2007. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.ama-assn.org/apps/pf\\_new/pf\\_online?f\\_n=browse&doc=policyfiles/HnE/H-175.988.HTM](http://www.ama-assn.org/apps/pf_new/pf_online?f_n=browse&doc=policyfiles/HnE/H-175.988.HTM).

American Urology Association (AUA). Varicocele. Feb 2005. Accessed Jan, 29, 2008. Available at URL address: <http://www.urologyhealth.org/search/index.cfm?topic=510&search=varicocele&searchtype=and>.

Ammer, K. et al. The thermal image of patients suffering from carpal tunnel syndrome with a distal latency higher than 6.0 msec. *Thermol. Int.*, 9, 15, 1999.

Ammer, K. Thermographic diagnosis of fibromyalgia. *Ann RheumDis. XIV European League Against Rheumatism Congress, Abstracts*, 135, 1999.

Ammer, K.; Engelbert, B. and Kern, E. Reproducibility of the hot spot count in patients with fibromyalgia, an intra-and inter-observer comparison. *Thermol. Int.*, 11, 143, 2001.

Ammer, K.; Schartelmuller, T. and Melnizky, P. Thermography in fibromyalgia. *Biomed. Thermol.* 15, 77, 1995.

Anbar, M.; Milesu, L.; Naumov, A.; Brown, C.A.; Button, T.; Carty, C. and AlDulaimi K. Detection of cancerous breasts by dynamic area telethermometry (DAT). *IEEE EMBS Magazine*, 20, 80-91, 2001.

Anbar, M. Breast cancer. In: *Quantitative Dynamic Telethermometry in Medical Diagnosis and Management*. Ann Arbor, MI: CRC Press, pp. 84-94, 1994.

Anbar, M. Hyperthermia of the cancerous breast: Analysis of mechanism. *Cancer Lett*, 84:23-29, 1994.

Anbar, M.; Brown, C.; Milesu, L.; Babalola, J.; Gentner, L. The Potential of Dynamic Area Telethermometry in Assessing Breast Cancer. *IEEE Engineering in Medicine and Biology (2000) May/June*, 58-62.

Anbar, M. Hyperthermia of the cancerous breast: Analysis of mechanism. *Cancer Lett (1994) 84*, 23-29.

Anderson, ME.; Moore, T.L.; Lunt, M.; Herrick, AL. The 'distal-dorsal difference': a thermographic parameter by which to differentiate be-

tween primary and secondary Raynaud's phenomenon. *Rheumatology (Oxford)*. 2007; Mar; 46(3):533-8.

Archer, F.; Gros, C. Classification Thermographique des Cancers Mammaires. *Bull Cancer*, 58:351-362, 1971.

Armstrong, D.G.; Lavery, L.A.; Wunderlich, R.P.; Boulton, A.J. Skin temperatures as a one-time screening tool do not predict future diabetic foot complications. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003; 93(6): 443-7.

Armstrong, D.G.; Lipsky, B.A.; Polis, A.B.; Abramson, M.A. Does dermal thermometry predict clinical outcome in diabetic foot infection? Analysis of data from the SIDESTEP\* trial. *Int Wound J*. 2006; Dec;3(4):302-7.

Armstrong, D.G.; Lipsky, B.A.; Polis, A.B.; Abramson, M.A. Does dermal thermometry predict clinical outcome in diabetic foot infection? Analysis of data from the SIDESTEP\* trial. *Int Wound J*. 2006. Dec; 3(4):302-7.

Arora, N.; Martins, D.; Ruggerio, D.; Tousimis, E.; Swistel, A.J.; Osborne, M.P. et al. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. *Am J Surg*. 2008; Oct; 196(4):523-6.

Berrington de González, A.; Reeves, G. Mammographic screening before age 50 years in the UK: comparison of the radiation risks with the mortality benefits. *Br J Cancer*. 2005; 93:590-596.

Biasi, G.; Fioravanti, A.; Franci, A.; Marcolongo, R. The role computerized telethermography in the diagnosis of fibromyalgia syndrome. *Minerva Med*. 1994; 85(9):451-4.

BJ Kim, Ho-Yeol Zhang: Investigation of IR camera for the detection of the traveler liable to committing crime or narcotics abuse. *Kor J Thermology* 2009; 1:37-42.

Bodai, B.I.; Boyd, B.; Brown, L.; Wadley, H.; Zannis, V.J.; Holzman, M. Total cost comparison of 2 biopsy methods for nonpalpable breast lesions. *Am J Manag Care*, 2001; 7:527-538.

Bothmann, G.A. and Kubli, F. Plate thermography in the assessment of changes in the female breast. 2. Clinical and thermographic results. *Fortschr Med*. 102:390-393, 1984.

Boyd, N.F.; Byng, J.W.; Jong, R.A. et al. Quantitative classification of mammographic densities and breast cancer risk. *J Natl Cancer Inst*. 87:670-75, 1995.

Brenner, R.J.; Sickles, E.A. Surveillance mammography and stereotactic core breast biopsy for probably benign lesions: a cost comparison analysis. *Acad Radiol*; 1997; 4:419-425.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Kosikov, A. Terapia de pontos-gatilhos guiada por termografia infravermelha. *Rev. Soc. Bras. Est. Dor*. 2004; 5(3):9.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Pastor, E.M.H.; Colman, D.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. Documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha. *Acta Fisiatr*. 14:41-48, 2007.

Brioschi, M.L. Índice termográfico infravermelho para diagnóstico complementar da fibromialgia. Tese de Pós-doutorado em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Brioschi, M.L.; Silva, F.M.R.M. Documentação termográfica em LER/DORT. *Dor é coisa séria*, v. 5, p. 15-22, 2009.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Indicações da termografia infravermelha no estudo da dor. *Dor é coisa séria*, v. 5, p. 8-14, 2009.

Brioschi, M.L.; Brioschi, E.F.C. Diagnóstico dos distúrbios inflamatórios sistêmicos por imagem infravermelha (parte 1). *Revista de Oxidologia*, v. 2, p. 42-45, 2009.

Brioschi, M.L.; Brioschi, E.F.C. Diagnóstico dos distúrbios inflamatórios sistêmicos por imagem infravermelha (parte final). *Revista de Oxidologia*, v. 18, p. 44-48, 2009.

Brioschi, M.L.; Cherem, A.J.; Ruiz, R.C.; Sardá Jr, J.J.; Silva, F.M.R.M. O uso da termografia infravermelha na avaliação do retorno ao trabalho em programa de reabilitação ampliado (PRA). *Acta Fisiátrica*, v. 16, p. 25-36, 2009.

Brioschi, E.F.C.; Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Nutrição funcional no paciente com dor crônica. *Revista Dor*, v. 10, p. 276-285, 2009.

Brioschi, M. L.; Yeng, L.T.; Kaziyama, H.H.S.; Pastor, E.M.H.; Heupa, S.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. Documentação Médico-Legal da Síndrome Fibromiálgica: Índice Termográfico. *Revista Dor (São Paulo)*, v. 9, p. 1327-1344, 2008.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Diagnóstico Avançado em Dor por Imagem Infravermelha e Outras Aplicações. *Prática Hospitalar*, v. IX, p. 93-98, 2007.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Pastor, E.M.H.; Teixeira, M.J. Utilização da imagem infravermelha em reumatologia. *Revista Brasileira de Reumatologia*, v. 47, p. 42-51, 2007.

Brioschi, M.L.; Kaziyama, H.H.S.; Yeng, L.T.; Oliveira, A.G.N.; Barancelli, E.; Teixeira, M.J. Efeito térmico da eletroestimulação funcional e do tecido de biocerâmica na síndrome complexa de dor regional tipo 1. *Revista Dor (São Paulo)*, v. 8, p. 1139-1149, 2007.

Brioschi, M.L.; Aoki, S.M.S.; Malafaia, O.; Aoki, M.S.; Aoki, Y.S. Avaliação intra-operatória da viabilidade intestinal por imagem infravermelha. *Revista Médica do Paraná*, v. 65, p. 32-36, 2007.

Brioschi, M. L.; Mehl, A.A.; Oliveira, A.G.N.; Macedo, J.F.; Matias, J.E.F.; Macedo, R.A.C. Exame de termometria cutânea infravermelha na avaliação do pé diabético. *Revista Médica do Paraná*, v. 65, p. 33-41, 2007.

Brioschi, M.L.; Brioschi, E.F.C.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Nutrição e Dor Miofascial. *Revista Dor (São Paulo)*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 785-798, 2006.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Colman, D.; Silva, F.M.R.M.; Teixeira, M.J. Imaginologia infravermelha no estudo avançado da dor de origem visceral. *Revista Dor (São Paulo)*, v. 7, p. 862-874, 2006.

Brioschi, M.L.; Siqueira, J.T.T.; Teixeira, M.J. Avanços da Imagem Infravermelha na Disfunção Temporomandibular. *JBA. Jornal Brasileiro de Oclusão, ATM & Dor Orofacial*, v. 6, p. 34-41, 2006.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Estudo da dor por imagem infravermelha. *Revista Dor (São Paulo)*, São Paulo, v.6, n.3, p. 589-599, 2005.

Brioschi, M.L.; Abramavicus, S.; Corrêa, C.F. Valor da imagem infraver-

melha na avaliação da dor. *Revista Dor (São Paulo)*, São Paulo, v.6, n.1, p. 514-524, 2005.

Brioschi, M.L.; Yeng, L.T.; Teixeira, M.J. Revolução infravermelha: despertando o interesse. *Âmbito Hospitalar*, São Paulo, v.175, n.6, p.17-29, 2005.

Brioschi, M.L.; Malafaia, O.; Vargas, J.V.C. Review of recent developments in thermographic applications in health care. *Inframation Proceedings*, Estados Unidos, v.5, p.9-18, 2004.

Brioschi, M.L.; Malafaia, O.; Costa, A.F.C.B.; Vargas, J.V.C. Surgery by infrared vision. *Engenharia Térmica*, Curitiba, v.5, p.33-35, 2004.

Brioschi, M.L.; Myaki, A.E.; Rastelli Jr, M.M.; Colman, D. Evaluation of sympathetic vasomotor activity after common carotid artery occlusion in rat. *Journal of Neurophysiology*, 2003.

Brioschi, M.L.; Portela, P.C.; Myaki, A.E.; Colman, D.; Rastelli Jr, M.M. Evaluation of autonomous nervous system in patients with chronic pain in superior limbs. *Journal of Neurophysiology*, 2003.

Brioschi, M.L.; Macedo, J.F.; Macedo, R.A.C. Termometria cutânea: novos conceitos. *Jornal Vascular Brasileiro (Online)*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 151-160, 2003.

Brioschi, M.L.; Myaki, A.E.; Colman, D.; Rastelli Jr, M.M.; Macedo, R.A.C. Infrared thermal imaging in rats after common carotid artery occlusion. *Journal of Korean Medical Thermology*, Seoul, v. 2, n. 1, p. 57-57, 2002.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Mello Neto, H.O. Fusing IR and magnetic resonance (MR) image. *Journal of Korean Medical Thermology*, Seoul, v. 2, n. 1, p. 57-58, 2002.

Brioschi, M.L.; Myaki, A.E.; Colman, D.; Rastelli Jr, M.M.; Macedo, R.A.C. Infrared thermal imaging in rats submitted to different models of sciatic nerve and branches injuries. *Journal of Korean Medical Thermology*, Seoul, v.2, n.1, p. 64-65, 2002.

Brioschi, M.L.; Colman, D. Infrared thermal imaging in clinical surgery. *Journal of Korean Medical Thermology*, Seoul, v.2, n.1, p.70-71, 2002.

Brioschi, M.L.; Cimbalista Jr, M.; Colman, D.; Machuca, T.N.; Loures, D.R.R. Termo-coronário-angiografia: padronização do método e primeiras aplicações clínicas no Brasil. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, São Paulo, v.17, n.2, p.123-127, 2002.

Brioschi, M.L.; Saito, R.T.; Oliveira, T.; Martinelli, P.; Bertassoni Neto, L. Termografia infravermelha computadorizada: uma nova ferramenta na quantificação da resposta fisioterapêutica. *Fisioterapia em Movimento*, Curitiba: Champagnat, v. 14, n. 2, p. 43-46, 2002.

Brioschi, M.L.; Portela, P.C.; Colman, D.; Laskawski, S.; Santos, L.C. Infrared thermal imaging in patients with chronic pain in upper limbs. *Journal of Korean Medical Thermology*, Seoul, v. 2, n. 1, p. 73-73, 2002.

Brioschi, M.L.; Vialle, E.N.; Vialle, L.R.G.; Stieven Filho, E.; Colman, D.; Vargas, J.V.C.; Bahten, L.C.V. Avaliação da hipotermia em ratos submetidos a lesão medular experimental. *Revista Brasileira de Ortopedia*, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 299-302, 2002.

Brioschi, M.L.; Malafaia, O. Infrared imaging and surgery. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 99-100, 2002.

Brioschi, M.L.; Cimbalista Jr, M.; Saito, R.T. Avanços no Diagnóstico Complementar da Ler/Dort por Termografia Infravermelha Computadorizada. *Arquivos de Medicina da Pucpr*, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 107-112, 2001.

Brioschi, M.L.; Macedo, J.F.; Macedo, R.A.C. Termometria cutânea infravermelha de alta sensibilidade (TIAS). Definição, aplicações e especificações. *Revista Médica do Paraná*, Curitiba, v. 59, n. 2, p. 56-63, 2001.

Brioschi, M.L.; Saito, R.T. Avanços no diagnóstico complementar da LER/DORT por termografia infravermelha computadorizada. *Arquivos de Medicina - Rev. de Ciência e Arte Médica*, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 107-112, 2001.

Brioschi, M.L.; Coelho, M.S.; Guimarães, P.S.F.; Gonçalves, J.L.; Zanin, S.A. Diagnóstico da costochondrite por termografia infravermelha computadorizada (TIC). *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v. 2, n. 1, p. 35-38, 2001.

Brioschi, M.L.; Saito, R.T.; Oliveira, T.; Martinelli, P.; Bertassoni Neto, L. Infrared computerized thermography: a new tool in the quantification of the physiotherapeutic answer. *Fisioterapia em Movimento*, PUCPR, v. 14, n. 2, p. 43-46, 2001.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Nakagawa, C.R.; Cimbalista Jr, M.; Bahten, L.C.V. Medical telethermography diagnosis with digital infrared image. *Arquivos de Medicina da Pucpr*, Curitiba, v. 01, n. 1, p. 33-40, 2000.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Vargas, J.V.C.; Smaniotto, G.H.; Bahten, L.C.V. Determinação da taxa de transferência de calor do compartimento central em ratos submetidos ao aumento da pressão intra-abdominal. *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v.1, n.2, p. 70-76, 2000.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Bahten, L.C.V.; Mantovani, M.; Cimbalista Jr, M.; Vargas, J.V.C. Determinação da perda de calor central por exposição da cavidade abdominal em ratos. *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v.1, n.1, p. 25-31, 2000.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Nakagawa, C.R.; Cimbalista Jr, M.; Bahten, L.C.V. Teletermografia Médica: Diagnóstico por imagem térmica infravermelha digital. *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v.1, n.1, p. 33-40, 2000.

Brioschi, M.L.; Nakagawa, C.R.; Colman, D.; Silveira, F.; Coltro, A.; Brofman, P.R.S. Avaliação intraoperatória da revascularização cardíaca por angiografia térmica coronária: estudo experimental preliminar. *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v.1, n.2, p.95-98, 2000.

Brioschi, M.L.; Colman, D.; Nakagawa, C.R.; Coltro, A.; Silveira, F.; Graf, H. Benefícios da imagem digital térmica infravermelha no diagnóstico dos nódulos de tireóide. *Arquivos de Medicina (Curitiba)*, Curitiba: Champagnat, v.1, n.3, p.161-165, 2000.

Burkhardt, J.H.; Sunshine, J.H. Core-needle and surgical breast biopsy: comparison of three methods of assessing cost. *Radiology*; 1999; 212:181-188.

Calandre, E.P.; Hidalgo, J.; Garcia-Leiva, J.M.; Rico-Villademoros, F. Trigger point evaluation in migraine patients: an indication of peripheral

sensitization linked to migraine predisposition? *Eur J Neurol.* 2006; 13:244-9.

Chato, J. Measurement of Thermal Properties of Growing Tumors. *Proc NY Acad Sci.* 335:67-85,1980.

Chen, Q.; Bensamoun, S.; Basford, J.R.; Thompson, J.M.; An, K.N. Identification and quantification of myofascial taut bands with magnetic resonance elastography. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88:1658-61.

Chiu, W.T.; Lin, P.W.; Chiou, H.Y.; Lee, W.S. et al. Infrared Thermography to Mass-Screen Suspected Sars Patients with Fever. *Asia Pac J Public Health.* 2005; 17(1): 26-28.

Clark, A.T.; Mangat, J.S.; Tay, S.S.; King, Y.; Monk, C.J.; White, P.A.; Ewan, P.W. Facial thermography is a sensitive and specific method for assessing food challenge outcome. *Allergy.* 2007, Jul; 62(7):744-9.

Colman, D.; Brioschi, M.L.; Cimbalista Jr, M.; Tambara, E.M.; Melo, M.C.B.F.; Blume, L.P. Análise macroscópica infra-vermelha da difusão do óxido nitroso via inalatória para a cavidade abdominal, em ratos submetidos a pneumoperitônio. *Revista Brasileira de Anestesiologia, Rio de Janeiro, v.54, n.2, p.218-228, 2004.*

Colman, D.; Vargas, J.V.C.; Brioschi, M.L.; Lorusso, M.I.C.; Da Silva, A.K. Thermal Response of Rats to Different Types of Trauma. *The Journal of trauma, San Antonio, Texas, v.57, n.6, p. 1287-1298, 2004.*

Colman, D.; Brioschi, Marcos L.; Blume, L.P. Análise infravermelha da difusão do N<sub>2</sub>O via inalatória para a cavidade abdominal em ratos submetidos a pneumoperitônio. *Revista de Medicina (Online), v. 3, p.18-18, 2003.*

Colman, D.; Melo, M.C.B.F.; Brioschi, M.L.; Silveira, F.; Cimbalista Jr, M. Análise da redistribuição de calor com agentes inalatórios, em ratos submetidos a laparotomia e pneumoperitônio, através da termografia infravermelha. *Revista Brasileira de Anestesiologia, Rio de Janeiro, v.52, n.3, p. 307-315, 2002.*

Colman, D.; Vargas, J.V.C.; Brioschi, M.L.; Bahten, L.C.V.; Nakagawa, C.R. Heat loss from abdominal cavity exposure in rats. *Thermology International, v.10, p. 59-59, 2000.*

Computerized Thermal Imaging Inc™. Medical thermal image process. 2007. Accessed Jan, 30, 2008. Available at URL address: <http://www.cti-net.com/cti/products/tip/default.asp>

Council on Chiropractic Practice (CCP). Vertebral subluxation in chiropractic practice. July 8, 2003. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.guideline.gov/summary/pdf.aspx?doc\\_id=4746&stat=1&string=](http://www.guideline.gov/summary/pdf.aspx?doc_id=4746&stat=1&string=)

Diakow, P.R. Differentiation of active and latent trigger points by thermography. *J Manipulative Physiol Ther;* 15(7):439-441, 1992.

Donegan, W.L. Evaluation of a palpable breast mass. *N Engl J Med.* 1992; 327:937-942.

Draper, J. Skin Temperature Distribution Over Veins and Tumors. *Phys Med Biol;* 16(4):645-654,1971

Ellis, W.; Cheng, S. Intraoperative thermographic monitoring during neurogenic thoracic outlet decompressive surgery. *Vasc Endovascular Surg.* 2003; Jul-Aug; 37(4):253-7.

Elmore, J.G.; Barton, M.B.; Mocerri, V.M.; Polk, S.; Arena, P.J.; Fletcher, SW. Ten-year risk of false positive screening mammograms and clinical breast examinations. *N Engl J Med.* 1998; 338:1089-1096.

Elmore, J.G.; Wells, C.F.; Carol, M.P.H. et al. Variability in radiologists interpretation of mammograms. *NEJM* 331(22):1994; 1493.

Engel, J.M.; Flesch, U.; Stuttgarten, G. *Thermologische Meßmethodik.* (1983) notamed, Baden-Baden.

Esserman, L.; Shieh, Y.; Thompson, I. Rethinking Screening for Breast Cancer and Prostate Cancer. *JAMA.* 2009; 302:1685-1692.

Fernandez-de-Las-Penas, C.; Alonso-Blanco, C.; Cuadrado, M.L.; Gerwin, R.D.; Pareja, J.A. Myofascial trigger points and their relationship to headache clinical parameters in chronic tension-type headache. *Headache.* 2006;46:1264-72.

Fernandez-de-Las-Penas, C.; Simons, D.; Cuadrado, M.L.; Pareja, J. The role of myofascial trigger points in musculoskeletal pain syndromes of the head and neck. *Curr Pain Headache Rep.* 2007; 11:365-72.

Fischer, A.A.; Chang, C.H. Temperature and pressure threshold measurements in trigger points. *Thermology*. 1986;1(4):212-5.

Fischer, A.A. Diagnosis and management of chronic pain in physical medicine and rehabilitation. In: *Ruskin - Current Therapy in Physiatry*. pp. 123-145, 1984.

Fischer, A.A. Advances in documentation of pain and soft tissue pathology. *J Fam Med*, 24-31, Dec. 1983.

Fishbain, D.A.; Goldberg, M.; Meagher, B.R.; Steele, R.; Rosomoff, H. Male and female chronic pain patients categorized by DSM-III psychiatric diagnostic criteria. *Pain*. 1986; 26:181-97.

Foerster, J.; Kuerth, A.; Niederstrasser, E.; Krautwald, E.; Pauli, R.; Paulat, R.; Eweleit, M.; Riemekasten, G.; Worm, M. A cold-response index for the assessment of Raynaud's phenomenon. *J Dermatol Sci*. 2007; Feb; 45(2):113-20.

Foerster, J.; Wittstock, S.; Fleischanderl, S.; Storch, A.; Riemekasten, G.; Hochmuth, O.; Meffert, B.; Meffert, H.; Worm, M. Infrared-monitored cold response in the assessment of Raynaud's phenomenon. *Clin. Exp. Dermatol*. 2006; Jan; 31(1):6-12.

Friedenson, B. Is mammography indicated for women with defective BRCA genes? Implications of recent scientific advances for the diagnosis, treatment, and prevention of hereditary breast cancer. *MedGenMed*. 2000; 2:E9.

Friedlander, A.H. and Gratt, B.M. Panoramic dental radiography and thermography as an aid in detecting patients at risk for stroke. *J. Oral Maxillofac. Surg.* (1994) 52:1257-1262.

Galassi, F.; Giambene, B.; Corvi, A.; Falaschi, G. Evaluation of ocular surface temperature and retrobulbar haemodynamics by infrared thermography and colour Doppler imaging in patients with glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2007; Jul; 91(7):878-81.

Galvin, E.M.; Niehof, S.; Medina, H.J.; Zijlstra, F.J. Van Bommel, J.; Klein, J.; Verbrugge, S.J. Thermographic temperature measurement compared with pinprick and cold sensation in predicting the effective-

ness of regional blocks. *Anesth Analg*. 2006; Feb; 102(2):598-604.

Gamagami, P. Indirect signs of breast cancer: Angiogenesis study. In: *Atlas of Mammography*, Cambridge, MA: Blackwell Science, pp. 231-258, 1996.

Gamigami, P. *Atlas of Mammography: New Early Signs in Breast Cancer*. Blackwell Science, 1996.

Gat, Y.; Zukerman, Z.; Chakraborty, J.; Gornish, M. Varicocele, hypoxia and male infertility. Fluid Mechanics analysis of the impaired testicular venous drainage system. *Hum Reprod*. 2005; Sep; 20(9):2614-9. Epub 2005, Jun.; 2.

Gautherie, M. and Gros, C. Breast thermography and cancer risk prediction. *Cancer*, 1980; 45(1): 51-56.

Gautherie, M. Thermobiological Assessment of Benign and Malignant Breast Diseases. *Am J Obstet Gynecol*. 1983; (8)147:861-869.

Gautherie, M. Improved system for the objective evaluation of breast thermograms. In *Biomedical Thermology*. Alan R. Liss, Inc., New York, 897-905, 1982.

Gautherie, M. Thermobiological Assessment of Benign and Malignant Breast Diseases. *Am J Obstet Gynecol*. (1983) (8) 147:861-869.

Gautherie, M. Thermopathology of Breast Cancer; Measurement and Analysis of In-Vivo Temperature and Blood Flow. *Ann NY Acad Sci* 365:383, 1980.

Gerwin, R.D. A study of 96 subjects examined both for fibromyalgia and myofascial pain (Abstract). *J Musculoske Pain*. 3(suppl 1):121, 1995.

Gerwin, R.D. Classification, epidemiology, and natural history of myofascial pain syndrome. *Curr Pain Headache Rep*. 2001; 5:412-20.

Ghazal, G.F.; Benatti, R.M.; Brioschi, M.L. Análise dos efeitos imediatos da terapia craniossacra em portadores de disfunções craniomandibulares através do exame de termografia e avaliação fisioterapêutica. *Terapia Manual*, v. 6, p. 206-211, 2008.

Goetz, C.G. *Textbook of clinical neurology*. 2<sup>nd</sup> ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2003. p. 359.

Gratt, B.M. and Sickles, E.A. Electronic facial thermography: an analysis of asymptomatic adult subjects. *J. Orofacial Pain* (1995) 9: 222-265.

Gratt, B.M.; Halse, A.; and Hollender, L. A pilot study of facial infrared thermal imaging used as a screening test for detecting elderly individuals at risk for stroke. *Thermol. Int.* (2002) 12:7-15.

Gratt, B.M.; Sickles, E.A.; and Wexler, C.E. Thermographic characterization of osteoarthritis of the temporomandibular joint. *J. Orofacial Pain* (1994) 7:345-353.

Gros, C. and Gautherie, M. Breast thermography and cancer risk prediction. *Cancer*, 45, 51, 1980.

Gros, C.; Gautherie, M. Breast Thermography and Cancer Risk Prediction. *Cancer* (1980) 45:51-56.

Guidi, A.J. and Schnitt, S.J. Angiogenesis in preinvasive lesions of the breast. *The Breast J* 2:364-369, 1996.

Gulevich, S.J.; Conwell, T.D.; Lane, J.; Lockwood, B.; Schwettman, R.S.; Rosenberg, N. et al. Stress infrared telethermography is useful in the diagnosis of complex regional pain syndrome, Type 1 (formerly reflex sympathetic dystrophy). *Clin J Pain*. 1997;13(1):50-9.

Haberman, J. An overview of breast thermography in the United States. In: Abernathy M, Uematsu S (Eds): *Medical Thermography*. Washington, DC: American Academy of Thermology, pp. 218-223, 1986.

Harris, J.R.; Lippman, M.E.; Veronesi, U.; Willett, W. Breast cancer (1). *N Engl J Med*. 1992; 327:319-328.

Hayes Brief™. Digital infrared imaging (thermography) for detection of breast cancer. Lansdale, PA: HAYES, Inc.; ©2006 Winifred S. Hayes, Inc. Jul; 7, 2006.

Hayes Medical Technology Directory™. Thermography. Lansdale, PA: HAYES, Inc.; ©1997. Winifred S. Hayes, Inc. 1997 Jul 31.

Hayes Search and Summary™. Digital infrared imaging (thermography) for detection of breast cancer. Lansdale, PA: HAYES, Inc.; ©2006 Winifred S. Hayes, Inc. 2006; Apr., 2.

Head, J.F.; Elliott, R.L. Breast Thermography. *Cancer*, 79:186-8, 1995.

Head, J.F.; Wang, F. and Elliott, R.L. Breast thermography is a noninvasive prognostic procedure that predicts tumor growth rate in breast cancer patients. *Ann NY Acad Sci*. 698:153-158, 1993.

Hobbins, W.B. Autonomic vasomotor skin changes in pain states: significant or insignificant? *Thermol. Österr.*, 5, 5, 1995.

Hoekstra, P. Quantitive digital thermology: 21<sup>st</sup> century imaging systems. Paper presented at: OAND Conference; 2001; Hamilton, Ontario.

Ho-Yeol Zhang. Carpal tunnel syndrome: Correlation between thermal differences and severity in EMG study. *Kor J Thermology*. 2009; 2:113-117.

Ho-Yeol Zhang, JY Park, SE Kim, BJ Kim. The pilot study of IR camera for detection of the traveler liable to committing crime. *J Kor Thermology* 2009; 2:118-122.

Ho-Yeol Zhang, BY Cho, HS Kim, YE Cho. Thermographic diagnosis of whiplash injury with/without radiculopathy. *Key Engineering Materials*. 2006; 321-323:845-848.

Ho-Yeol Zhang, YE Cho, YS Kim. Thermal asymmetry of the low back area in degenerative lumbar diseases. *Kor J Thermology*. 2006; 7:69-73.

Ho-Yeol Zhang, BY Cho, HS Kim, YE Cho. Thermographic diagnosis of whiplash injury with/without radiculopathy. *Kor J Thermology*. 2005; 6:19-22.

Ho-Yeol Zhang, DK Chin, YE Cho, YS Kim: Correlation between pain scale and infrared thermogram in lumbar disc herniations. *J Kor Neurosurg Soc*. 1999; 28:253-258.

Ho-Yeol Zhang, YE Cho: Correlation between thermography and discography in multiple HLD. *Kor J Thermology*. 2007; 8:23-27.

Hyo Jin Park, Joon Sik Nah, Ho Yeol Zhang, Yong Eun Cho, Sang In Lee, In Suh Park: Digital infrared thermographic imaging in patients with gastroesophageal reflux disease. *J Korean Med Sci*. 1998; 13:291-294

Hsieh, C.Y.; Hong, C.Z.; Adams, A.H. et al. Interexaminer reliability of the palpation of trigger points in the trunk and lower limb muscles. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81:258-64.

Ikegawa, S. et al. Use of thermography in the diagnosis of obstetric palsy (abstract). *Thermol. Österr.*, 7, 31, 1997.

Inaba, H. Coherent detection imaging for medical laser tomography, In G. Muller (ed.) *Medical Optical Tomography: Functional Imaging and Monitoring.*, 317, 1993.

Infrared Sciences Corp. Sentinel BreastScan. 2006. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.infraredsciences.com/pdf/r5\\_ISC25001\\_Br.pdf](http://www.infraredsciences.com/pdf/r5_ISC25001_Br.pdf)

International Academy of Clinical Thermography (IACT). Thermography guidelines. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.iact-org.org/professionals/thermog-guidelines.html#definition>

International Academy of Clinical Thermography (IACT). What is breast thermography. 2003. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.iact-org.org/patients/breastthermography/what-is-breast-therm.html>

Isard, H.J. Other imaging techniques. *Cancer* 53: 658-664, 1984.

Isard, H.J.; Becker, W.; Shilo, R. et al. Breast thermography after four years and 10,000 studies. *Am J Roentgenol* (1972) 115, 811-821.

Jain, R.; Gullino, P. Thermal Characteristics of Tumors: Applications in Detection and Treatment. *Ann NY Acad Sci*, 335:1-21, 1980.

Jansen-van Der Weide, M. Radiological Society of North America (RSNA) 95th Scientific Assembly and Annual Meeting: RO22-04. Presented. November, 30, 2009.

Jay, E. and Karpman, H. Computerized breast thermography. In *Thermal Assessment of Breast Health*. MTP Press Ltd., 98-109, 1983.

Jesensek Papez, B.; Palfy, M.; Mertik, M.; Turk, Z. Infrared thermography based on artificial intelligence as a screening method for carpal tunnel syndrome diagnosis. *J Int Med Res*. 2009, May-Jun; 37(3):779-90.

JY Park, Ho-Yeol Zhang. Pre-and Postoperative thermal change after lumbar sympathectomy in Buerger's disease. *Kor J Thermology*. 2007; 8:45-48.

Kedar, R.P.; Cosgrove, D.O. et al. Breast carcinoma: measurement of

tumor response in primary medical therapy with color doppler flow imaging. *Radiol*, 190:825-830, 1994.

Keyserlingk, J.R.; Ahlgren, P.D.; Yu, E. and Belliveau, N. Infrared imaging of the breast: Initial reappraisal using high-resolution digital technology in 100 successive cases of Stage I and II breast cancer. *The Breast Journal* (4):245-251, 1998.

Keyserlingk, J.R.; Ahlgren, P.D.; Yu, E.; Belliveau, N.; Yassa, M. Functional infrared imaging of the breast. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* (2000) May/June, 30-41.

Khalkhali, I.; Cutrone, J.A. et al. Scintimammography: the complementary role of Tc-99m sestamibi prone breast imaging for the diagnosis of breast carcinoma. *Radiol*, 196:421-426, 1995.

Khalkhali, I.; Vargas, H. Practical use of ultrasound at a dedicated breast center. *Breast J*. 2005; 11:165-166.

Kim, Y.S. and Cho, Y.E. Pre-and postoperative thermographic imaging of lumbar disk herniations. *Biomed. Thermol.*, 13, 265, 1993.

Kolata, G. Cancer society in shift, has concerns on screening. *New York Times*, Oct. 20, 2009, page A1.

Lamey, P.J.; Biagioni, P.A.; Al-Hashimi, I. The feasibility of using infrared thermography to evaluate minor salivary gland function in euhydrated, dehydrated and rehydrated subjects. *J Oral Pathol Med*. 2007, Mar; 36(3):127-31.

Law, J.; Faulkner, K.; Young, K.C. Risk factors for induction of breast cancer by x-rays and their implications for breast screening. *Br J Radiol*. 2007; 80:261-266.

Laya, M.B. Effect on estrogen replacement therapy on the specificity and sensitivity of screening mammography. *J Natl Cancer Inst*. 88:643-649, 1996.

Leclaire, R.; Esdaile, J.; Jequier, J.C.; Hanley, J.; Rossignol, M.; Bourdouxhe, M. Diagnostic accuracy of technologies used in low back pain assessment: thermography, triaxial dynamometry, spinoscopy, and clinical examination. *Spine*. 1996, Jun; 21(11):1325-30.

Lee, J.G.; Kim, S.G.; Lim, K.J.; Choi, K.C. Thermographic assessment of inferior alveolar nerve injury in patients with dentofacial deformity. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007, Jan; 65(1):74-8.

Li, C.-Y.; Shan, S.; Huang, Q.; Braun, R.; Lanzen, J.; Hu, K.; Lin, P.; Dewhirst, M.W. Initial stages of tumor cell-induced angiogenesis: Evaluation via skin window chambers in rodent models. *J Natl Cancer Inst.* 2000.92,143-147.

Lieberman, L.; Abramson, A.F.; Squires, F.B.; Glassman, JR.; Morris, EA.; Dershaw, DD. The breast imaging reporting and data system: positive predictive value of mammographic features and final assessment categories. *AJR*, 1998; 171:35-40.

Lieberman, L. Clinical management issues in percutaneous core breast biopsy. *Radiol Clin North Am*, 2000; 38:791-807.

Lloyd-Williams, K.; Handley, R.S. Infra-red thermometry in the diagnosis of breast disease. *Lancet* (1961) 2, 1378-1381.

Louis, K.; Walter, J.; Gautherie, M. Long-Term Assessment of Breast Cancer Risk by Thermal Imaging. *Biomedical Thermology*. Alan R. Liss Inc. (1982) 279-301.

Love, SM.; Barsky, SH. Breast Cancer: An interactive Paradigm. *Breast J* 3: 171-5,1996.

Love, T. Thermography as an Indicator of Blood Perfusion. *Proc NY Acad Sci J* 335:429-437, 1980.

Lucas, K.R. The impact of latent trigger points on regional muscle function. *Curr Pain Headache Rep.*, 2008; 12:344-9.

Malafaia, O.; Brioschi, M.L.; Aoki, S.M.S.; Dias, F.G.; Gugelmin, B.S.; Aoki, M.S.; Aoki, Y.S. Infrared imaging contribution for intestinal ischemia detection in wound healing. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 23, p. 511-519, 2008.

Mariel, L.; Sarrazin, D.; Daban, A. et al. The value of mammary thermography. A report on 655 cases. *Sem Hop*, 57:699-701, 1981.

Matias, J.E.F.; Morais, F.A.; Kato, D.M.P.; Koziak, V.; Brioschi, M.L.; Tambara, E.M.; Agulham, M.A.; Coelho, J.C.U. Prevenção de isquemia hepática normotérmica durante perfusão hepática in situ com três diferentes soluções de preservação: análise experimental através de termografia

por radiação infravermelha em tempo real. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias (Impresso)*, v. 37, p. 211-217, 2010.

McBeth, S.B.; Gratt, B.M. Thermographic assessment of temporomandibular disorders symptomology during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 109(5):481-8.

Mehta, S.H.; Lindenfeld, T.N. Complex regional pain syndromes including reflex sympathetic dystrophy and causalgia. In: DeLee, JC.; Drez, D.; editors. *DeLee and Drez's Orthopedic Sports Medicine*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Saunders; 2003. p. 441-467.

Menachem, A.; Kaplan, O.; Dekel, S. Levator scapulae syndrome: an anatomic-clinical study. *Bull Hosp Jt Dis.* 1993; 53(1):21-4.

Moore, G. Breast cancer: early detection needed. *Bus Health.* 2001; 19:39.

Moskowitz, M. Breast imaging. In: Donegan WL, Spratt IS (Eds): *Cancer of the Breast*. New York: Saunders, pp. 206-239, 1995.

Moskowitz, M. Screening for breast cancer. How effective are our tests? *CA Cancer J Clin*, 33:26, 1983.

National Cancer Institute (NCI). Breast Cancer: Screening and Testing. Jan 9, 2008. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.cancer.gov/cancertopics/screening/breast>

National Comprehensive Cancer Network (NCCN). Breast cancer screening and diagnosis guidelines. 2007. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/PDF/breast-screening.pdf](http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/PDF/breast-screening.pdf)

National Heart Lung and Blood Institute (NHLBI). Raynaud's disease. Jun 2006. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.nhlbi.nih.gov/health/dci/Diseases/raynaud/ray\\_what.html](http://www.nhlbi.nih.gov/health/dci/Diseases/raynaud/ray_what.html)

National Institute of Dental and Craniofacial Research (NIDCR). TMJ disorders. Jun, 2006. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.nidcr.nih.gov/HealthInformation/DiseasesAndConditions/TMDTMJ/TmjDisorder.htm>

National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS). Headache: hope through research. Jan 10, 2008a. Accessed Jan 30, 2008.

Available at URL address: [http://www.ninds.nih.gov/disorders/headache/detail\\_headache.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/headache/detail_headache.htm)

National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS). Peripheral neuropathy fact sheet. Jan 10, 2008b. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.ninds.nih.gov/disorders/peripheralneuropathy/detail\\_peripheralneuropathy.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/peripheralneuropathy/detail_peripheralneuropathy.htm)

National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS). Low back pain fact sheet. Jan 10, 2008c. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.ninds.nih.gov/disorders/backpain/detail\\_backpain.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/backpain/detail_backpain.htm)

National Screening Unit, Cancer Society of New Zealand, New Zealand Breast Cancer Foundation. Position statement. The use of thermography as a breast cancer screening or diagnostic tool. Jan, Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.cancernz.org.nz/Uploads/CSNZ\\_PS\\_Thermography.pdf](http://www.cancernz.org.nz/Uploads/CSNZ_PS_Thermography.pdf)

Niehof. S.P.; Beerthuisen, A.; Huygen, F.J.; Zijlstra, F.J. Using skin surface temperature to differentiate between complex regional pain syndrome type 1 patients after a fracture and control patients with various complaints after a fracture. *Anesth Analg*. 2008. Jan; 106(1):270-7, table of contents.

Niehof, S.P.; Huygen, F.J.; Van Der Weerd, R.W.; Westra, M.; Zijlstra, F.J. Thermography imaging during static and controlled thermoregulation in complex regional pain syndrome type 1: diagnostic value and involvement of the central sympathetic system. *Biomed Eng Online*. 2006, May, 12; 5:30.

Notter, G.; Melander, O. *Int. Conf., Electronics in Medicine*; Ljubljana; 1968.

Nyirjesy, I. and Billingsley, F.S. Detection of breast carcinoma in a gynecological practice. *Obstet Gynecol*, 64:747-751, 1984.

Oestreicher, N.; Lehman, C.D.; Seger, D.J.; Buist, D.S.; White, E. The incremental contribution of clinical breast examination to invasive cancer detection in a mammography screening program. *AJR Am J Roentgenol*. 2005; 184:428-432.

Ohsumi, S.; Takashima, S.; Aogi, K.; Usuki, H. Prognostic value of thermographical findings in patients with primary breast cancer. *Breast Cancer Res Treat*. (2002) 74, 213-220.

Orel, S.G.; Kay, N.; Reynolds, C.; Sullivan, D.C. *Radiology*. 1999; 211:845-850.

Osako, T.; Iwase, T.; Takahashi, K. et al. Diagnostic mammography and ultrasonography for palpable and nonpalpable breast cancer in women aged 30 to 39 years. *Breast Cancer*. 2007; 14:255-259.

Pappalardo, A.; Di Girolamo, F.; Brignone, G.; Pindaro, L.; Caradonna, E.; Vitale, P.; Asaro, R.; Buccheri, C. Telethermography in the diagnosis of lumbo-sciatica syndromes. *Clin Ter*. 1992 Sep;141(9):193-7.

Parisky, Y.R.; Sardi, A.; Hamm, R.; Hughes, K.; Esserman, L.; Rust, S. et al. Efficacy of computerized infrared imaging analysis to evaluate mammography suspicious lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2003, Jan; 180(1):263-9.

Park, J.Y.; Hyun, J.K.; Seo, J.B. The effectiveness of digital infrared thermographic imaging in patients with shoulder impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007, Sep-Oct; 16(5):548-54.

Reflex Sympathetic Dystrophy Syndrome Association (RSDSA). About RSD. Fact & fiction? 2008. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.rsds.org/2/fact\\_fiction/index.html](http://www.rsds.org/2/fact_fiction/index.html).

Reflex Sympathetic Dystrophy Syndrome Association (RSDSA). Clinical guidelines. Complex regional pain syndrome: treatment guidelines. 2008. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.rsds.org/3/clinical\\_guidelines/index.html](http://www.rsds.org/3/clinical_guidelines/index.html).

Reflex Sympathetic Dystrophy Syndrome Association (RSDSA). What is RSD? 2008. Accessed Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.rsds.org/2/what\\_is\\_rsd\\_crps/index.html](http://www.rsds.org/2/what_is_rsd_crps/index.html).

Reflex Sympathetic Dystrophy Syndrome Association (RSDSA). What is RSD? 2008. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: [http://www.rsds.org/2/what\\_is\\_rsd\\_crps/index.html](http://www.rsds.org/2/what_is_rsd_crps/index.html).

Ribeiro, H.D.W.; Da Silva, G.A.P.; Brioschi, M.L.; Nascimento, A. J.; Biondo-Simoes, M.L.P.; Matias, J.E.F. Termografia infravermelha em tempo

real como método de avaliação da viabilidade do baço em modelo de esplenectomia parcial em porcos. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões (Impresso)*, v. 36, p. 438-441, 2009.

Rodenberg, D.A.; Chaet, M.S.; Bass, R.C.; Arkovitz, M.D. and Garcia, BF. Nitric Oxide: An overview. *Am J Surg*, 170:292-303, 1995.

Rosomoff, H.L.; Fishbain, D.A.; Goldberg, M.; Santana, R.; Rosomoff, R.S. Physical findings in patients with chronic intrac pain of the neck and/or back. *Pain*, 1989; 37:279-87.

Salhab, M.; Al Sarakbi, W.; Mokbel, K. The evolving role of the dynamic thermal analysis in the early detection of breast cancer. *Int Semin Surg Oncol*. 2005; 2:8.

Schartelmuller, T. and Ammer, K. Infrared thermography for the diagnosis of thoracic outlet syndrome. *Thermol. Österr.*, 6, 130, 1996.

Schartelmuller, T. and Ammer, K. Thoracic outlet syndrome, in *The Thermal Image in Medicine and Biology*. Ammer, K. and Ring, E.F.J., Eds., Uhlen Verlag, Wien, 1995, p. 201.

Schartelmuller, T.; Melnizky, P. and Engelbert, B. Infrarotthermographie zur Evaluierung des Erfolges physikalischer Therapie bei Patienten mit klinischem Verdacht auf Thoracic Outlet Syndrome. *Thermol. Int.*, 9, 20, 1999.

Schmitt, A.; Corey, R. and Saulnier, P. Imaging through random media by use of low-coherence optical heterodyning. *Optics Letters*, 20, 404, 1995.

Sciarra, J. Breast Cancer: Strategies for Early Detection. Thermal Assessment of Breast Health. (Proceedings of the International Conference on Thermal Assessment of Breast Health). MTP Press LTD. pp. 117-129, 1983.

Scudds, R.A.; Heck, C.; Delaney, G. A comparison of referred pain, resting skin temperature and other signs in fibromyalgia (FM) and myofascial pain syndrome (MPS). *J Musculoske Pain*. 1995; 3(S1):97.

Shah, J.P.; Danoff, J.V.; Desai, M.J. et al. Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008; 89:16-23.

Shah, J.P.; Phillips, T.M.; Danoff, J.V.; Gerber, L.H. An in vivo microanalytical technique for measuring the local biochemical milieu of human skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 2005; 99:1977-84.

Sickles, E.A. Mammographic features of "early" breast cancer. *Am J Roentgenol* 143:461, 1984.

Sikdar, S.; Shah, J.P.; Gebreab, T.; Yen, R.H.; Gilliams, E.; Danoff, J.; Gerber, L.H. Novel applications of ultrasound technology to visualize and characterize myofascial trigger points and surrounding soft tissue. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009, Nov; 90(11):1829-38.

Sikdar, S.; Shah, J.P.; Gilliams, E.; Gebreab, T.; Gerber, L.H. Assessment of myofascial trigger points (MTrPs): a new application of ultrasound imaging and vibration sonoelastography. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2008; 1:5585-9.

Simons, D.G.; Travell, J.G.; Simons, P.T. Travell and Simons' myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. I. Upper half of body. 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1999.

Simons, D.G. New views of myofascial trigger points: etiology and diagnosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89:157-9.

Skootsky, S.A.; Jaeger, B.; Oye, R.K. Prevalence of myofascial pain in general internal medicine practice. *West J Med*. 1989; 151:157-60.

Sobti, A.; Sobti, P.; Keith, L.G. Screening and diagnostic mammograms: why the gold standard does not shine more brightly. *Int J Fertil Womens Med*. 2005; 50:199-206.

Spitalier, J.M.; Ayme, Y.; Brandone, H.; Duarte, J.; El-Ghazawy, I.M.H. et al. The importance of infrared thermography in the early suspicion and detection of minimal breast cancer. Thermal Assessment of Breast Health (Proceedings of an International Conference), MTP Press Ltd., pp. 173-179, 1983.

Spitalier, H.; Giraud, D.; Amalric, R. et al. Does infrared thermography truly have a role in present-day breast cancer management? In *Biomedical Thermology*. Alan R. Liss, Inc., NewYork, NY, pp. 269-278, 1982.

Spitalier, J.; Amalric, D. et al. The Importance of infrared thermography in the early suspicion and detection of minimal breast cancer. In *Thermal Assessment of Breast Health*. MTP Press Ltd., 173-179, 1983.

Stanton-Hicks, M. Complex regional pain syndrome: manifestations and the role of neurostimulation in its management. *J Pain Symptom Manage*. 2006, Apr; 31(4 Suppl):S20-4.

State of Colorado. Department of Labor and Employment. Division of Workers' Compensation. Complex Regional Pain Syndrome/Reflex Sympathetic Dystrophy: Medical Treatment Guidelines, 2006.

Stefanadis, C.; Tsiamis, E.; Vaina, S.; Toutouzas, K.; Boudoulas, H.; Gialafos, J. et al. Temperature of blood in the coronary sinus and right atrium in patients with and without coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2004, Jan., 15; 93(2):207-10.

Sterns, E.E.; Zee, B.; SenGupta, S.; Saunders, F.W. Thermography: its relation to pathologic characteristics, vascularity, proliferation rate, and survival of patients with invasive ductal carcinoma of the breast. *Cancer*. 1996, Apr;77(7):1324-8.

Sucher, B.M. Thoracic outlet syndrome – a myofascial variant: Part 1. Pathology and diagnosis. *J Am Osteopath Assoc*. 1990; 90(8):686-96, 703-4.

Sun, P.C.; Jao, S.H.; Cheng, C.K. Assessing foot temperature using infrared thermography. *Foot Ankle Int*. 2005. Oct; 26(10):847-53.

Tchou, S. and Costich, J.F. Thermographic study of acute unilateral carpal tunnel syndromes. *Thermology*, 3, 249-252, 1991.

Thomas, D.; Cullum, D.; Siahamis, G.; Langlois, S. Infrared thermographic imaging, magnetic resonance imaging, CT scan and myelography in low back pain. *Br J Rheumatol*. 1990, Aug; 29(4):268-73.

Thomas, D.B.; Gao, D.L.; Self, S.G. et al. Randomized trial of breast self-examination in Shanghai: Methodology and Preliminary Results. *J Natl Cancer Inst*. 5:355-65, 1997.

Thomsen, L.L.; Miles, D.W.; Happerfield, L.; Bobrow, L.G.; Knowles, R.G. and Mancada, S. Nitric oxide synthase activity in human breast cancer. *Br J Cancer*. 72(1);41-4, July, 1995.

U.S. Food and Drug Administration (FDA). 510(k) summary. Dorex Spectrum 9000ob. Mar 9, 2004. Accessed Jan 29, 2007. Available at URL address: <http://www.fda.gov/cdrh/pdf3/k033967.pdf>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). 510(k) summary. Infrared Sciences BreastScan IR™ System. Feb 20, 2004. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.fda.gov/cdrh/pdf3/k032350.pdf>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). Obstetrical and gynecological devices. Telethermographic system. Accessed Jan 29, 2007. Available at URL address: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/search/search.cfm?db=CFR&id=884.2980>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). Universe of devices used in the diagnosis and/or treatment of temporomandibular joint disorders and related myofascial pain dysfunction. Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.fda.gov/cdrh/fr/tmj.html>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). Obstetrical and gynecological devices. Liquid crystal thermographic system. Accessed Jan 29, 2008. Available at URL address: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/search/search.cfm?db=CFR&id=884.2982>

Uematsu, S.; Jankel, W.R.; Edwin, D.H.; Kim, W.; Kozikowski, J.; Rosenbaum, A.; Long, D.M. Quantification of thermal asymmetry. Part 2: Application in low-back pain and sciatica. *J Neurosurg*. 1988, Oct; 69(4):556-61.

Uematsu, S. Thermographic imaging of cutaneous sensory segment in patients with peripheral nerve injury. Skin-temperature stability between sides of the body. *J Neurosurg*. 1985, May; 62(5):716-20.

Usuki, H. Evaluation of the thermographic diagnosis of breast disease – relation of thermographic findings and pathologic findings of cancer growth. *Nippon Gan Chiryō Gakkai Shi*. 23:2687-2695, 1988.

Usuki, H.; Ohsumi, S.; Takashima, S.; Aogi, K. Prognostic value of thermographical findings in patients with primary breast cancer. *Breast Cancer Res Treat*. 2002 Jun;74(3):213-20.

Usuki, H.; Murakami, M.; Komatsubara, S. et al. A case of inflammatory breast cancer well treated with intraarterial infusion chemotherapy--

evaluation of therapy by contact thermography. *Gan To Kagaku Ryoho*. 1991 Jun;18(7):1191-4.

Usuki, H.; Takashima, S.; Saeki, H.; Moriwaki, S. Thermographic diagnosis of breast disease. *Gan No Rinsho*. 1986. Aug; 32(9):958-60.

Vargas, J.V.C.; Brioschi, M.L.; Dias, F.G.; Parolin, M.B.; Mulinari-Brenner, F.A.; Ordonez, J.C.; Colman, D. Normalized methodology for medical infrared imaging. *Infrared Physics & Technology*, v. 52, p. 42-47, 2009.

Vargas, J.V.C.; Vlassov, D.; Colman, D.; Brioschi, M.L. A thermodynamic model to predict the thermal response of living beings during pneumoperitoneum procedures. *Journal of Medical Engineering & Technology*, v.29, p.75-81, 2005.

Viacava, P.; Gasperi, M.; Acerbi, G.; Manetti, L.; Cecconi, E.; Naccarato, A.F. Angiogenesis and VEGF expression in pre-invasive lesions of the human breast. *J. Pathol.* (2004) 204(2), 140-146.

Wang, C.; Long, X.; Zhu, X. A study on the clinical curative effect by acupuncture for myofascial pain dysfunction syndrome. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 1998; 33(5):273-5.

Wasner, G.; Schattschneider, J.; Baron, R. Skin temperature side differences-a diagnostic tool for CRPS? *Pain*. 2002; 98:19-26.

Weinreb, J.C.; Newstead, G. MR imaging of the breast. *Radiol*, 196:593-610, 1995.

Weinstein, G. The diagnosis of trigger points by thermography. *Academy of Neuro-Muscular Thermography Clinical Proceedings*. Postgrad. Med. pp. 96-99, 1985.

Wheeler, A.H. Myofascial pain disorders: theory to therapy. *Drugs*, 2004; 64:45-62.

Wood, E.H. Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease: preliminary report. *Radiology* (1964) 83:540-546.

Wood, E.H. Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease. *Radiology* (1965) 85:207-215.

Work Loss Data Institute. Neck and upper back (acute & chronic). *Corpus Christi (TX): Work Loss Data Institute; 2007 Jul 5*. 266 p. Accessed

Jan 30, 2008. Available at URL address: [http://www.guidelines.gov/summary/pdf.aspx?doc\\_id=9841&stat=1&string=thermography](http://www.guidelines.gov/summary/pdf.aspx?doc_id=9841&stat=1&string=thermography)

Yahara, T.; Koga, T.; Yoshida, S.; Nakagawa, S.; Deguchi, H.; Shirouzu, K. Relationship between microvessel density and thermographic hot areas in breast cancer. *Surg Today*. 2003; 33:243-8.

YE Cho, Ho-Yeol Zhang. Infrared thermography of the various spinal diseases. *Kor J Thermology* 2006;7:23-34

YE Cho, YS Kim, Ho-Yeol Zhang. Clinical Efficacy of Digital Infrared Thermographic Imaging in Multiple Lumbar Disc Herniation. *J Kor Neurosurg Soc* 1998;27:237-245

Zaproudina, N.; Ming, Z.; Hanninen, O.O. Plantar infrared thermography measurements and low back pain intensity. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006, Mar-Apr; 29(3):219-23.

Zhang, H.Y.; Kim, Y.S.; and Cho, Y.E. Thermatomal changes in cervical disc herniations. *Yonsei Med. J.*, 40, 401, 1999.



impressão e acabamento:



Fones: (11) 3951-5240 / 3951-5188  
E-Mail: [expressaoearte@terra.com.br](mailto:expressaoearte@terra.com.br)  
[www.expressaoearteeditora.com.br](http://www.expressaoearteeditora.com.br)