

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O USO DA TERMOGRAFIA NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DA BIOEQUAÇÃO.

Fernando Costa Malheiros, UFU, malheiros@doutorado.ufu.br

Luís Henrique da Silva Ignacio, UFU, luishenrique.meta@yahoo.com.br

Gilmar Guimarães, UFU, gguima@mecanica.ufu.br

Resumo. Este trabalho consiste em uma revisão sobre o uso da termografia como método adjuvante no diagnóstico do câncer de mama feminino. O avanço de um método de diagnóstico carece de uma melhor modelagem matemática do problema, e para isso, faz-se necessário a determinação de propriedades termofísicas dos tecidos biológicos. Logo este trabalho apresenta, também, uma revisão bibliográfica sobre a determinação destas propriedades termofísicas e seus comportamentos térmicos.

Palavras chave: termografia, tecidos biológicos, propriedades termofísicas, diagnóstico de câncer.

1. INTRODUÇÃO

A literatura apresenta investigações e trabalhos que apontam para a possibilidade de desenvolver um diagnóstico precoce ou método adjuvante de detecção do câncer de mama feminino usando parâmetros térmicos e a bioequação de calor. As imagens termográficas têm sido, dentre outros processos, o método mais estudado e em alguns lugares já é usada como método adjuvante. Entretanto há limitações no desenvolvimento dos modelos matemáticos e principalmente na obtenção de propriedades termofísicas necessárias para a solução destes modelos. Assim, este trabalho mostra uma breve revisão de métodos e técnicas de determinação de propriedades termofísicas de tecido biológicos, incluindo os tecidos da mama, que serão base para a proposição de um método de determinação de propriedades e posterior proposta de desenvolvimento de um modelo matemático do problema.

2. O CÂNCER DE MAMA FEMININO

O câncer de mama aparece, normalmente, nos dutos e lóbulos mamários Fig.(1). Os dutos são os tubos que conduzem o leite até o mamilo (bico do seio) e os lóbulos são as glândulas mamárias (Borchardt et al, 2013).

A mama é composta por várias partes como gordura, pele, pêlos, areola, vasos sanguíneos e vasos linfáticos. Cada uma destas partes tem propriedades termofísicas diferentes o que torna a modelagem deste corpo um problema complexo. Além disso, o corpo tem temperatura homeostática de 37°C e no estudo de um problema térmico, são as diferenças e variações de temperatura que possibilitam a modelagem deste fenômeno. Os exames em seres humanos devem ser não tóxicos, não invasivos e ter o mínimo de efeito colateral e dano aos tecidos vivos saudáveis. Estes e outros fatores contribuem para que a criação de um diagnóstico seguro não seja uma tarefa simples.

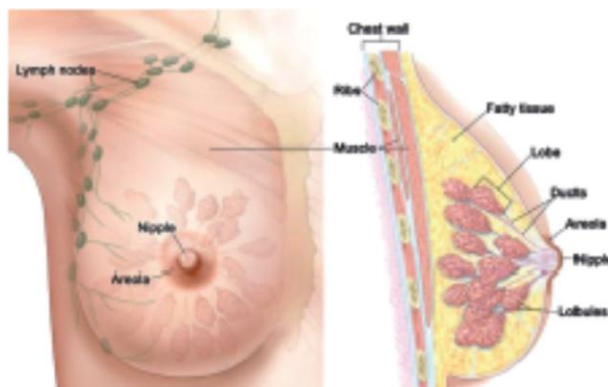


Figura 1. Anatomia simplificada de uma mama feminina. (Adaptada de (Borchardt et al, 2013)).

O quadro atual de diagnóstico de câncer tem a biópsia como única técnica que fornece 100% de precisão, porém, para realizá-la, é necessário detectar a existência e a localização precisa do nódulo a ser examinado.

A classificação de saudável e não saudável quando é analisado um diagnóstico de câncer de mama é um problema de classificação binária (4 possibilidades), Tab. (1), cuja resposta é comparada à biópsia.

Verdadeiro Positivo (VP) corresponde ao diagnóstico afirmar que o paciente era não saudável e a biópsia confirmar que o paciente era não saudável.

Falso Positivo (FP) corresponde ao diagnóstico afirmar que o paciente era não saudável e a biópsia confirmar que o paciente era saudável.

Verdadeiro Negativo (VN) corresponde ao diagnóstico afirmar que o paciente era saudável e a biópsia confirmar que o paciente era saudável.

Falso Negativo (FN) corresponde ao diagnóstico afirmar o paciente era saudável e a biópsia confirmar que o paciente era não saudável.

Tabela 1. Tabela de resultados de diagnóstico comparados à biópsia.

Classificação	Resultado do diagnóstico	Resultado da biópsia
Verdadeiro positivo	Não saudável	Não saudável
Falso positivo	Não saudável	Saudável
Verdadeiro negativo	Saudável	Saudável
Falso negativo	Saudável	Não saudável

Os padrões acima são utilizados para medir parâmetros que mostram a confiabilidade do diagnóstico avaliado.

1. Acuracidade, definido como $((V P) + (V N)) = (V P + V N + FP + FN)$
2. Precisão, definido como $(V P) = (V P + V N)$
3. Sensibilidade, definido como $(V P) = (V P + FN)$

3. USO DA TERMOGRAFIA COMO EXAME ADJUVANTE NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA

Atualmente os autores defendem que o diagnóstico de câncer de mama por imagem infravermelho é considerado um método adjuvante, ou seja, ele ainda deve ser usado junto a outro método já consolidado pela comunidade médica, logo, a imagem infravermelho não pode substituir nenhum outro diagnóstico. Entretanto, a imagem infravermelho pode ser considerado um método complementar, uma vez que aumenta a sensibilidade de detecção de câncer de mama mostrando anormalidades em estágios precoces.

The International Academy of Clinical Thermology propõe que a termografia pode atuar como um sistema "early warning" (de aviso antecipado), identificando sinais de possibilidade de câncer ou crescimento de células cancerígenas dez anos antes que qualquer outro método de escaneamento pode fazer.

Outra questão é que ainda não existe um protocolo ou padronização (amplamente difundido ou aceito) da termografia para dar suporte aos resultados clínicos e aos benefícios do uso do método por imagens infravermelho como diagnóstico adjuvante, logo, os resultados ainda não são usados nas decisões médicas.

Diversos autores propõem procedimentos padrão para aquisição de imagens infravermelho da mama. Koay, Herry e Frize (2004) propõem colocar os pacientes em um ambiente a 22°C, onde a mama deve ser resfriada por um ventilador por, aproximadamente, 20 min. Não especifica a posição ou o número de imagens, mas previne que o paciente evite consumo de bebida alcoólica, cafeína, medicamento para dor, loções ou creme sobre a região da mama e pare de fumar no mínimo duas horas antes da aquisição das imagens. Ng e Kee (2007) propõem colocar os pacientes em um ambiente com temperatura entre 20°C e 22°C e humidade de 60% por um tempo de 20min antes de iniciar a aquisição de imagens. Recomendam três imagens, uma frontal e duas laterais. Alerta sobre a redução de fontes quentes no ambiente da aquisição (luzes, reatores, computadores, etc ...), sobre o consumo de álcool, cigarros e uso produtos de pele (creme hidratante, protetor solar, etc ...) sobre a região da mama. Além dos procedimentos de aquisição, autores apresentam tratamentos das imagens coletadas. Lipari e Head (1997) consideram a assimetria entre as mamas e entre os quadrantes nos quais as mamas são divididas como forma de diagnóstico. Qi, Kuruganti e Snyder (2008) usam dois métodos. O primeiro é um histograma térmico com 10 níveis de cinza, destes histogramas retiram-se médias e decidem o diagnóstico. O segundo método usam média, variância, skewness, kurtosis, correlação e entropia para diagnóstico. Achary et al. (2010) aplicam o SVM para classificação automática de imagens para diagnóstico de normal ou maligno. Seu sistema obteve 88; 1% de acuracidade, 85; 7% de sensibilidade e 90; 4% de especificidade.

4. MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS EM TECIDOS BIOLÓGICOS

A medição de propriedades dos tecidos biológicos vivos tem sido um grande desafio para a ciência. Os conselhos de ética são cada mais ativos na sociedade e exigem que as pesquisas e experimentos em seres vivos sejam cada vez menos agressivas (física e psicologicamente), invasivas e destrutivas, tornando esta linha de pesquisa cada vez mais desafiadora.

No estudo de Paruch e Majchrack (2007) é feito a estimativa dos parâmetros térmicos e geométricos da região do tumor, usando a técnica dos algoritmos evolutivos e o método dos elementos de contorno na equação de Pennes, para os casos 2D e 3D. O problema inverso é solucionado para três situações distintas: a primeira estima-se os parâmetros térmicos; a segunda identifica-se o tamanho e a localização do tumor; e a terceira solução, estima-se todos os parâmetros simultaneamente. A técnica se mostrou eficiente, sendo a localização do tumor o procedimento mais sensível a erros (9%).

Mishrae Das (2013) realizaram a estimativa da taxa de perfusão sanguínea e da localização do tumor através do método dos volumes finitos acoplado com a técnica de algoritmos genéticos em uma geometria retangular bidimensional. Os resultados para a estimativa dos parâmetros individualmente apresentaram erros em torno de 1,5%, porém, para a estimativa simultânea dos parâmetros, os erros entre os valores obtidos do problema direto e o problema inverso chegaram a 5,5%.

Hamilton (1998) apresenta em sua tese um método de medição de propriedade térmicas “in vitro” usando termistores. Compara os resultados obtidos para a condutividade térmica com o decaimento de um sinal de radiofrequência para a mesma amostra. Os teste são realizadas em amostras retiradas de cadáveres com, no máximo, 48 horas após sua morte. O mesmo método foi aplicado em tecido de outros animais como porco e boi a fim de encontrar semelhanças, além de testes em amostra de agar gel e polímeros. Os resultados encontrados nos experimentos são apresentados em forma de tabelas e mostra-se que a condutividade térmica dos tecidos analisados é muito próxima da condutividade térmica da água.

Valvano, Cochran e Diller (1985) apresentam um método experimental de medição de propriedades térmicas em tecidos biológicos usando um termistor que foi aplicado em amostras de tecidos humanos, de coelho, de porco e de cachorro para várias partes do corpo como fígado, coração, cérebro e outros. Foram usadas 65 amostras testadas em temperaturas de 3, 10, 17, 23, 30, 37 e 45°C. Os resultados dos experimentos foram apresentados em tabelas e os autores concluem que os valores das propriedades térmicas dos tecidos biológicos são próximos das propriedades térmicas da água.

Song et al (2008) apresentam em seu trabalho imagens termográficas de uma mastectomia e cinco lumpectomia usando uma máquina FLIR E45 de sensibilidade 0,10°C. No experimento eles expuseram a amostra a um fluxo de ar quente por 1 minuto e monitoraram o decaimento da temperatura com a câmera infravermelho. Como resultado, mostram que a região superficial da amostra que contém o tumor tem menor temperatura que a região de tecido saudável, chegando a variações de 12°C a 20°C. Este trabalho mostra que há diferenças entre as propriedades térmicas dos tecidos tumorais e dos tecidos saudáveis para um mesmo organismo.

Liu (2007) apresenta uma avaliação teórica do comportamento térmico de um tecido vivo sujeito a fluxos de calor constante, sinusoidal e step em sua superfície usando um modelo de onda para a equação da bio-transferência de calor. Considera os casos em que o calor se propaga perpendicular à aplicação do fluxo, avalia a variação das propriedades térmicas e compara os resultados com a literatura. Conclui que a perfusão sanguínea tem a função de resfriar o tecido, mas sua ação não interfere na velocidade de propagação do calor no meio, ou seja, a perfusão não interfere na difusividade térmica.

A medição de propriedades em tecido humanos tem outros complicadores como a variedade de comportamentos, hábitos alimentares, prática de atividades físicas, uso de tabaco e consumo de álcool. Além disso, humanos do sexo feminino passa por oscilações hormonais periódicas que afetam a temperatura da mama, como apresenta em seu trabalho May, Smith e Hanson (1981) mostrando que ocorre um aumento significativo da temperatura da mama de duas a quatro dias antes da ovulação e uma queda de temperatura um dia após a ovulação.

5. REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U. R. et al. Thermography based breast cancer detection using texture features and support vector machine. *Journal of Medical Systems*, p. 01-08, 2010.
- BORCHARTT, T. B. et al. Breast thermography from an image processing viewpoint: A survey. *Signal Processing*, v. 93, p. 2785-2803, 2013.
- HAMILTON, G. Investigations of the thermal properties of human and animal tissues. Tese (PhD) University of Glasgow, 1998.
- KOAY, J.; HERRY, C.; FRIZE, M. Analysis of breast thermography with an artificial neural network. *Engineering in Medicine and Biology Society, IEMBS 1*, n. 1, p. 1159-1162, 2004.
- LIPARI, C.; HEAD, J. Advanced infrared image processing for breast cancer risk assessment. *Proceedings for 19th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, v. 2, p. 673-676, 1997.
- LIU, K. C. Thermal propagation analysis for living tissue with surface heating. *International Journal of Thermal Sciences*, v. 47, p. 507-513, 2007.
- MAY, J. A.; SMITH, R. E.; HANSON, F. W. Temperature and heat flow variations during the menstrual cycle: Breasts and extremities. *Journal of thermal Biology*, v. 6, p. 161-167, 1981.
- MISHRA, S. C.; DAS, K.; SINGH, R. Numerical analysis for determination of the presence of a tumor and estimation of its size and location in a tissue. *Journal of Thermal Biology*, v. 38, n. 1, p. 32-40, January 2013.

- NG, E. Y. K.; KEE, E. C. Integrative computer-aided diagnostic with breast thermogram. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2007.
- PARUCH, M.; MAJCHRAK, E. Identification of tumor region parameters using evolutionary algorithm and multiple reciprocity boundary element method. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 20, n. 5, p. 647-655, August 2007.
- QI, H.; KURUGANTI, P. T.; SNYDER, W. E. Detecting breast cancer from thermal infrared images by asymmetry analysis. in: N.a. diakides and j. d. bronzino. *Medical Infrared Imaging*, p. 11.1-11.14, 2008.
- SONG, C. et al. Dynamic response to heat - a novel physical characteristic of breast cancer. *International journal of surgery*, v. 6, p. 357-358, 2008.
- VALVANO, J. W.; COCHRAM, J. R.; DILLER, K. R. Thermal conductivity and diffusivity of biomaterials measured with self-heated thermistors. *International Journal of Thermophysics*, v. 6, n. 3, 1985.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro à pesquisa..

7. ABSTRACT

This work consists in a review of the use of thermography as an adjunctive method in female breast cancer diagnostic. The advance of a diagnostic method requires an improvement of the mathematical model of the problem, and for this, it is necessary to determine thermo physical properties of biological tissues. So, this paper shows a review of determination of these thermo physical properties and their thermal behavior.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.