

REGISTRO TÉRMICO DIGITAL POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE DISFUNÇÃO ENDOTELIAL

I. J. Sanches*, E. B. Neves**, M. L. Brioschi***, H. R. Gamba*, M. A. Souza*

*CPGEI/UTFPR, Curitiba, Brasil

**UNIANDRADE, Curitiba, Brasil

***HC/FMUSP, São Paulo, Brasil

ijsanches@gmail.com

Abstract: Digital Thermal Monitoring (DTM) is a non-invasive provocative assessment of vascular reactivity, as a potential indicator of endothelial dysfunction and cardiovascular disease risk. This test is based on temperature changes of the fingertips, after brachial artery decompression. In this work we studied the thermal response employing infrared (IR) thermography images of the upper extremities. For this it was applied brachial pneumatic compression and decompression. Two subjects, with and without high cardiovascular risk, were studied. Initially, they remained seated for two minutes and the IR images of the fingertips started to be registered. Then, the right arm brachial artery was compressed by inflating the blood pressure device for five minutes. Next, the brachial artery was decompressed and thermal images were acquired for more five minutes. Thermal pattern curves responses were obtained during compression and decompression periods. Palavras-chave: Termografia, hiperemia reativa, doença cardiovascular, imagem infravermelha.

Introdução

A doença arterial coronariana é a principal causa de morte no mundo ocidental sendo que em muitos casos a primeira manifestação clínica é o infarto agudo do miocárdio [1]. Diversos estudos têm demonstrado o potencial do teste de registro térmico digital (*Digital Thermal Monitoring* - DTM) como meio de avaliar o risco de doença cardiovascular [2-9], permitindo assim prevenir este tipo de doença.

O DTM é um teste provocativo não-invasivo de avaliação da reatividade vascular baseado nas mudanças de temperatura dos dedos após decompressão da artéria braquial (*brachial test*). Ele mensura um fenômeno de vasodilatação conhecido na Medicina como hiperemia reativa, que ocorre tanto na microcirculação quanto na grande circulação das extremidades examinadas.

Esta resposta de hiperemia reativa é mediada por substâncias vasodilatadoras cardioprotetoras, especialmente o óxido nítrico, que são liberadas pelo endotélio após a súbita decompressão do membro insuflado pela braçadeira de um esfigmomanômetro. A

temperatura dos dedos é afetada durante a compressão e decompressão da artéria braquial e subsequente hiperemia reativa. A mudança de temperatura é o resultado direto das variações do fluxo sanguíneo nos tecidos, mais especificamente, das substâncias vasodilatadoras cardioprotetoras produzidas no endotélio [10, 11].

Diversos autores identificaram uma correlação entre disfunção vascular medida pelo registro térmico dos dedos das mãos (DTM) e o índice de risco de Framingham (*Framingham Risk Score* - FRS), bem como calcificação da artéria coronária [2-9]. Tarján *et al.* [12] relataram que, nos pacientes com dor torácica, o valor mais inferior da curva de temperatura dos dedos das mãos (*low fingertip temperature rebound*) está fortemente associado com infarto do miocárdio.

Este trabalho visa estudar a resposta térmica das extremidades superiores por termografia infravermelha, após compressão e decompressão pneumática braquial, como potencial indicador de disfunção endotelial e risco de doença cardiovascular.

Materiais e Métodos

Na realização deste estudo foi utilizado uma câmera infravermelha ThermaCAM® A325 (FLIR, EUA), com resolução de imagem de 320 x 240 *pixels*, sensibilidade térmica de 0,05°C, resolução espacial de 1,36 mrad e frequência de imagem de 60 Hz para a aquisição das imagens termográficas das mãos.

Para fazer a aquisição das imagens térmicas, foram observadas as recomendações da Associação Brasileira de Termologia Médica (ABRATERM) [13]. Para isso, manteve-se a sala fechada durante a realização do exame termográfico, de modo a evitar correntes de ar. A temperatura ambiente foi mantida constante a 23°C, com variação de $\pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa menor que 60% e a emissividade cutânea foi configurada em 0,98.

A preparação dos voluntários para o exame também foi realizada seguindo o guia da ABRATERM. Os voluntários permaneceram em repouso na sala por um período de aproximadamente 15 minutos, antes de iniciar o teste, para permitir o equilíbrio térmico com a temperatura da sala.

Ao iniciar a filmagem termográfica, o indivíduo permaneceu com o braço estendido sobre apoio durante 2 minutos para estabilização da medida térmica, e em seguida ocorreu a compressão da artéria braquial do braço direito pela insuflação da braçadeira do esfigmomanômetro e permanência desta compressão por 5 minutos. Por fim, realizou-se a descompressão pneumática braquial imediata e a continuidade da aquisição das imagens por mais 5 minutos, totalizando 12 minutos de registro.

O aparelho foi insuflado até 200 mmHg durante 5 minutos, levando a oclusão do fluxo distal à compressão com consequente isquemia do membro. Os mecanismos auto-regulatórios vasodilatadores endoteliais, resultantes do cisalhamento (*shear stress*), são acionados após a deflação da braçadeira levando a um estado de maior fluxo proveniente da artéria braquial, que recebe o nome de hiperemia reativa (reatividade endotelial).

Os dois braços foram utilizados na realização do exame uma vez que o membro contralateral é utilizado como controle das mudanças sistêmicas vasculares (reatividade neurovascular).

A temperatura de recuperação (*temperature rebound* - T_R) é a diferença entre a temperatura máxima (T_{max}) e a temperatura no momento da compressão (T_i), ou seja [11]:

$$T_R = T_{max} - T_i \quad (1)$$

A análise dos resultados se deu por observação do padrão de resposta da curva térmica da extremidade dos quirodáctilos, ao longo do período de compressão e dos 5 minutos após a descompressão.

Resultados

A Tabela 1 apresenta as temperaturas obtidas em diversos momentos durante a análise do DTM.

Tabela 1: Comparativo das temperaturas médias durante o procedimento em indivíduo normal.

Momentos	Mão Direita (°C)	Mão Esquerda (°C)
Início da análise	36,1	36,3
Compressão (T_i)	36,1	36,6
Descompressão (T_{min})	33,7	36,8
Ponto máximo (T_{max})	36,8	36,9
Fim da análise	36,6	36,6
Recuperação (T_R)	0,7	0,3

A Figura 1 ilustra as imagens térmicas das mãos, no início, Figura 1(a), e no fim, Figura 1(b), do procedimento realizado em uma mulher de 18 anos, atleta, sem clínica ou fatores de risco clássicos para doença cardiovascular. Embora a oclusão arterial tenha sido realizada somente na mão direita, ambas tiveram aumento de temperatura.

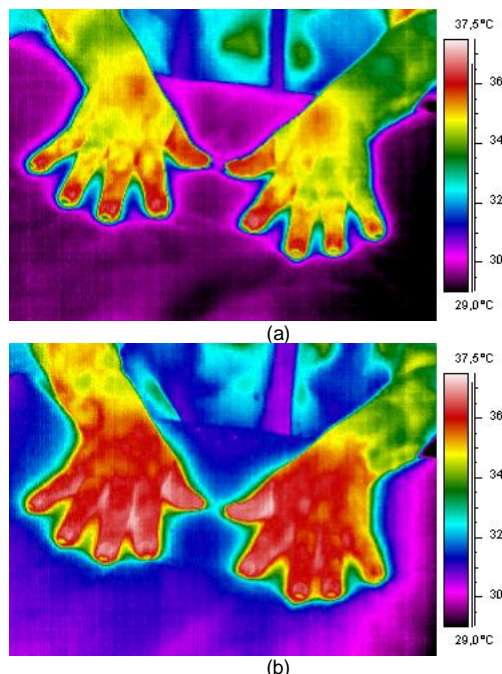


Figura 1: Termogramas das mãos durante o teste braquial. (a) Primeira e (b) última imagens adquiridas.

A Figura 2 apresenta as variações de temperaturas dos 2º quirodáctilos (dedos indicadores).

A linha vermelha refere-se a temperatura do dedo de estudo (reatividade endotelial da mão direita), antes, durante e após a compressão e a linha azul é referente a temperatura do dedo de controle (reatividade neurovascular da mão esquerda). O padrão dessa curva é um indicativo de uma resposta cardiovascular normal para o teste braquial.

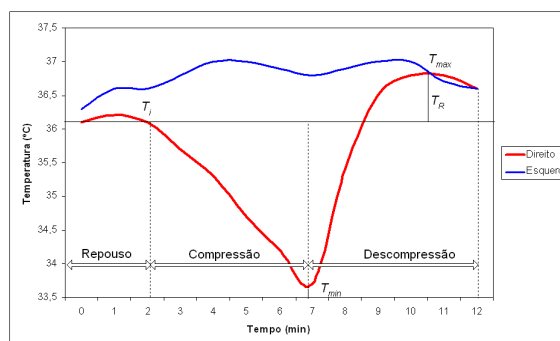


Figura 2: DTM por termografia infravermelha obtida em voluntário assintomático cardiovascular. No período de descompressão o valor da T_R está associado com a reatividade vascular normal.

A Figura 3 apresenta as variações de temperaturas nos 2º quirodáctilos com a reatividade endotelial e neurovascular de uma mulher de 64 anos, tabagista, com hipertensão arterial e diabetes, sem queixas cardiovasculares.

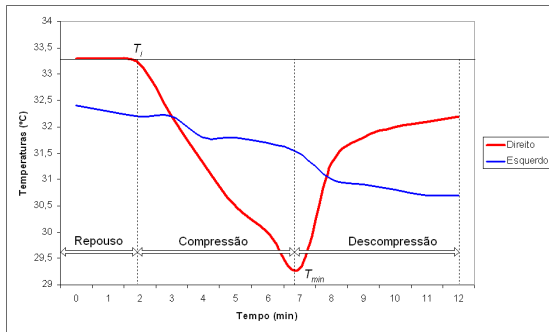


Figura 3: DTM por termografia infravermelha obtida de voluntário com risco cardiovascular. No período de descompressão observa-se uma baixa reatividade vascular.

Discussão

Neste estudo verificou-se o DTM, nas extremidades superiores, durante o teste braquial, utilizando termografia infravermelha. As imagens termográficas foram obtidas em voluntários com e sem risco cardiovascular.

Por meio da termografia infravermelha é possível realizar o DTM sem nenhum tipo de contato e interferência com a região de análise, diferente de sensores térmicos que podem produzir alteração térmica local devido o contato direto com a região de estudo.

Os gráficos das variações de temperaturas permitem analisar a resposta da reatividade vascular à oclusão braquial. Após a descompressão, se a temperatura atingir um valor superior a do início da compressão isso é um indicativo de que o indivíduo apresenta boa reatividade endotelial e, conseqüentemente, baixo risco cardiovascular [2-12]. Caso contrário, apresenta uma reatividade vascular ruim e alto risco cardiovascular.

Novas pesquisas estão sendo realizadas com diferentes grupos de indivíduos, entre eles, portadores de diabetes e pé diabético, tabagistas, hipertensos, atletas e sedentários. Com isso, pretendem-se determinar e avaliar variáveis mais significativas na análise da curva do DTM como meio potencial de avaliar risco de doença cardiovascular.

Conclusão

Os resultados preliminares indicam que a DTM por termografia infravermelha é uma opção na avaliação da reatividade endotelial e neurovascular sistêmica, conforme já demonstrado na literatura. Entretanto, outras variáveis obtidas a partir da curva de variação da temperatura do DTM podem ser associadas com grupos de indivíduos, tais como portadores de pé diabéticos, hipertensos, diabéticos, tabagistas, atletas e sedentários.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

e a Uniandrade pelo suporte financeiro, bem como a InfraredMed pela aquisição das imagens infravermelhas.

Referências

- [1] Murray, C. J., Lopez, A. D. (1997), "Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study", *Lancet*, v. 349, n. 9061, pp. 1269-1276.
- [2] Ahmadi, N., Hajsadeghi, F., Gul, K., Leibfried, M., DeMoss, D., Lee, R., Flores, F., Nasir, K., Hecht, H., Naghavi, M., Budoff, M. J. (2009), "Vascular Function Measured by Fingertip Thermal Reactivity Is Impaired in Patients With Metabolic Syndrome and Diabetes Mellitus", *The Journal of Clinical Hypertension*, v. 11, n. 11, Nov..
- [3] Liu, S., Bluemke, D., A. (2009), "Can a Simple Fingertip Temperature Measurement Predict a Cardiac Event?", *International Journal of Cardiovascular Imaging*, v. 25, n. 8, pp. 867-868.
- [4] Gul, K. M., Ahmadi, N., Wang, Z., Jamieson, C., Nasir, K., Metcalfe, R., Hecht, H. S., Hartley, C. J., Naghavi, M. (2009), "Digital Thermal Monitoring of Vascular Function: a Novel Tool to Improve Cardiovascular Risk Assessment", *Vascular Medicine*, v.14, pp. 143-148.
- [5] Ahmadi, N., Nabavi, V., Nuguri, V., Hajsadeghi, F., Flores, F., Akhtar, M., Kleis, S., Hecht, H., Naghavi, M., Budoff, M. (2009), "Low Fingertip Temperature Rebound Measured by Digital Thermal Monitoring Strongly Correlates with the Presence and Extent of Coronary Artery Disease Diagnosed by 64-Slice Multi-Detector Computed Tomography", *International Journal of Cardiovascular Imaging*, v. 25, pp. 725-738.
- [6] McQuilkin, G. L., Panthagani, D., Metcalfe, R. W., Hassan, H., Yen, A. A., Naghavi, M., Hartley, C. J. (2009), "Digital Thermal Monitoring (DTM) of Vascular Reactivity Closely Correlates with Doppler Flow Velocity", *Proceedings of the International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 1100-1103.
- [7] Van Der Wall, E. E., Schuijf, J. D., Bax, J. J., Jukema, J. W., Schalij, M. J. (2010), "Fingertip Digital Thermal Monitoring: a Fingerprint for Cardiovascular Disease?", *International Journal of Cardiovascular Imaging*, v. 26, pp. 249-252.
- [8] Akhtar, M. W., Kleis S. J., Metcalfe, R. W., Naghavi, M. (2010), "Sensitivity of Digital Thermal Monitoring Parameters to Reactive Hyperemia", *Journal of Biomechanical Engineering*, v. 132, n. 5.
- [9] Wang, X., He, Y. (2010), "Experimental Study of Vascular Reactivity in the Fingertip: An Infrared Thermography Method", *3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)*, pp. 1180-1184., oct.
- [10] Zhang, H-D., He, Y., Wang, X., Shao, H-W., Mu, L-Z., Zhang, J. (2010), "Dynamic Infrared Imaging for Analysis of Fingertip Temperature After Cold Water Stimulation and Neurothermal Modeling Study", *Computers in Biology and Medicine*, v. 40, pp. 650-656.
- [11] Deshpande, C. (2007), *Thermal Analysis of Vascular Reactivity*. Master's Thesis, University of Pune, India, 131 p., may.
- [12] Tarján, J., Nagy, L., Kovács, I., Kovács, E., Árvai, F., Dobai, F. (2005), "Flow Mediated Change of Finger-Tip-Temperature in Patients with High Cardiovascular Risk", *Cardiologia Hungarica*, v. 35, pp. 11-16.
- [13] Brioschi, M. L., Teixeira, M. J., Silva, F. M. R. M., Colman, D. (2010), *Princípios e Indicações da Termografia Médica*, São Paulo: Andreoli, v. I, 277 p.