

AVALIAÇÃO DE INDIVÍDUOS DIABÉTICOS ATRAVÉS DA TERMOGRAFIA NO INFRAVERMELHO

Raíssa Monteiro de Siqueira¹; Leandro de Lima Azevedo²; Leandro Procópio Alves,
Prof. Dr.³ (orientador)

RESUMO

A termografia é uma técnica baseada na medição de radiação infravermelha e pode ser uma importante ferramenta para diagnóstico precoce de neuropatias e alterações vasculares oriundos da Diabetes Mellitus. Arelada a essa tecnologia, é viável a utilização a fotobiomodulação (FBM). A vasodilatação local provocada pela FBM resulta no aumento do fluxo sanguíneo e consequente aumento da irradiação de infravermelho. Ao associar a FBM com a termografia torna-se possível investigar a interação entre a radiação e o tecido biológico com foco na avaliação da circulação periférica. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de revascularização pós estímulo óptico em pacientes idosos diabéticos. Com o acompanhamento periódico, o protocolo proposto demonstrou capacidade de evidenciar a ação da comorbidade, podendo subsidiar alterações na conduta terapêutica de forma a evitar uma piora do quadro clínico.

INTRODUÇÃO

A termografia é uma tecnologia baseada na medição de radiação infravermelha emitida por qualquer objeto que esteja acima do zero absoluto. A relação entre a energia irradiada por um objeto e sua temperatura é descrita pela lei de Stefan-Boltzmann e desta forma, qualquer ponto da pele pode ter sua radiação infravermelha medida e convertida em valores de temperatura [1]. O uso da termografia, para o diagnóstico clínico médico, detecta através de padrões de calor e fluxo sanguíneo nos tecidos do corpo, a resposta vasomotora que ocorre secundariamente a um processo fisiológico anormal, e tem despertado interesse da comunidade médica como uma ferramenta de diagnóstico complementar de patologias [2]. Suas principais vantagens são: não invasiva, não emitir

1- Acadêmica de Biomedicina; raissamonteirodesiqueira@gmail.com

2- Doutorando em Engenharia Biomédica; leandrolazevedo@gmail.com

3- Doutor em Engenharia Biomédica; Laboratório de Termografia; leandro.procopio@ulife.com.br

radiação, não demandar insumos, sem contato físico e de baixo custo. O Diabetes Mellitus do tipo 2 (DM-2) é uma doença crônica, não transmissível que pode ser caracterizada como uma síndrome metabólica que acarreta múltiplas comorbidades para seus portadores [3]. Dentre essas comorbidades, destacam-se a vasculopatia e neuropatia, sendo mais comum a neuropatia simétrica distal, que pode levar a distúrbios sensoriais, incluindo a diminuição da sensibilidade, tornando os pacientes propensos a lesões [4]. A Neuropatia possui características térmicas nas regiões periféricas afetadas no indivíduo com DM-2, entretanto, um instrumento que detecte alterações de temperatura possibilitaria um diagnóstico precoce dessas condições de comorbidades. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica de revascularização pós estímulo óptico, de forma a caracterizar um perfil térmico para cada grupo de estudo.

Palavras-chave: Termografia; Neuropatia; Diabetes Mellitus.

METODOLOGIA

Foram recrutados voluntário-pacientes com faixa etária entre 60 e 80 anos e portadores de DM-II durante triagem para atendimento nos Hospitais integrantes do Centro de Inovação Tecnológica em Saúde (CITS), arranjo de saúde do Parque Tecnológico de São José dos Campos, além de voluntários que participem de atividades na Casa do Idoso, centro de referência na atenção a saúde do idoso de São José dos Campos. Os critérios de inclusão estabelecidos para a pesquisa são: Faixa etária entre 60 e 80 anos; Gênero masculino e feminino; Diagnóstico negativo para DM-II, ou DM-II diagnosticada previamente; Não fumantes; Não consuma bebidas alcoólicas, ou que o consumo não exceda o volume determinado pela Sociedade Americana de Diabetes. Os critérios de exclusão estabelecidos para a pesquisa são os diagnósticos positivos para: Insuficiência Venosa Crônica; Trombose Venosa Profunda; Pé Diabético; Doença Arterial Obstrutiva Periférica. A pesquisa tem aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) n° 3.218.166 e assegura a preservação da identidade das pessoas participantes. Para coleta de dados termográficos em idosos é apresentado o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) com detalhamento da pesquisa e procedimentos experimentais, bem como os riscos aos quais serão submetidos. O ambiente onde foram realizados os experimentos teve os parâmetros ambientais controlados de forma a manter a temperatura média atmosférica em 23°C e umidade relativa em 50%. A aferição dos valores foi realizada

utilizando um termo-higrômetro digital (Tomate, PD002). Um tripé foi instalado de forma a manter a câmera termográfica a uma altura de 75 cm do chão e distância de 1 metro do objeto de análise. O voluntário foi orientado a posicionar-se em decúbito dorsal sobre a maca para aferição da Pressão arterial sistêmica, Teste de percepção térmica, Avaliação do Índice TornozeloBraço para avaliação do fluxo sanguíneo nas artérias tibial posterior e artéria dorsal. Para o procedimento de aclimatação o voluntário permaneceu em repouso na posição decúbito dorsal por 10 minutos, de forma a estabilizar a temperatura das plantas dos pés às condições climáticas do ambiente e, ao final deste período, o termograma basal foi registrado. Após a aclimatação, o voluntário, ainda em decúbito dorsal, foi submetido ao estímulo óptico. Este procedimento experimental compreendeu irradiar a região plantar por 300 segundos com o dispositivo de irradiação posicionado a 1 cm da superfície da pele. Após o período de estímulo, foram

registrados termogramas automaticamente a cada 30 segundos por um período de 10 minutos totalizando 20 registros. Todos os dados foram organizados em planilha de Excel a fim de separar os indivíduos em seus respectivos grupos e com seus respectivos resultados. Após a separação dos pacientes em grupos, os termogramas adquiridos são pré-processados no software Research IR e mapeados, conforme definição de regiões de interesse ROI. Baseado nos dados de temperatura de cada termograma, o restabelecimento da temperatura basal pós-estímulos é avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira abordagem para o desenvolvimento do protocolo foi construir o dispositivo óptico composto por 180 LEDs no comprimento de onda do infravermelho próximo ($\lambda = 940$ nm) distribuídos em uma área útil de 360 cm². A potência óptica mensurada em cada LED resultou em aproximadamente 16 mW totalizando uma potência óptica de 2,88W. Baseado na potência óptica total calculada, a densidade de potência estimada foi de 8 mW/cm² que, associado ao período de 10 minutos de irradiação na região plantar do voluntário-paciente, resultou em uma densidade de energia equivalente a 4,8 J/cm². A Figura 1 exibe a imagem do dispositivo óptico.



(a)

(b)

Figura 1: Dispositivo óptico desenvolvido para estimular a região plantar dos indivíduos idosos. Dispositivo ligado na fonte de energia visto (a) a olho nu e (b) com auxílio de uma câmera de celular para observar a luz na região do infravermelho.

Ao final da aclimação, foi aplicada a fotobiomodulação nos indivíduos utilizando o dispositivo óptico construído, conforme exibido na Figura 2. O estímulo óptico foi aplicado por 10 minutos para garantir a dosagem estimada durante o desenvolvimento.



Figura 2: Aplicação da fotobiomodulação no idoso voluntário por 10 minutos.

Após aplicação da fotobiomodulação foi monitorado por 10 minutos a resposta fisiológica resultante ao estímulo. Foi observada a vasodilatação forçada provocada pelo efeito vibracional das moléculas e consequente dissipação de calor por conta do aumento do fluxo sanguíneo na região. A intensidade de infravermelho emitido na região hiperradiante, representa o perfil térmico resultante de cada voluntário.



Figura 3: Mapeamento térmico registrado do voluntário após aplicação da fotobiomodulação.

A Figura 3 demonstra em tempo real, a resposta fisiológica do indivíduo perante o estímulo aplicado. Ao final do período de monitoramento, após 10 minutos, foi feita a comparação dos registros termográficos nas etapas pré estímulo óptico, imediatamente após o estímulo e após 10 minutos de monitoramento, o qual resultaram nos termogramas exibidos na Figura 4.

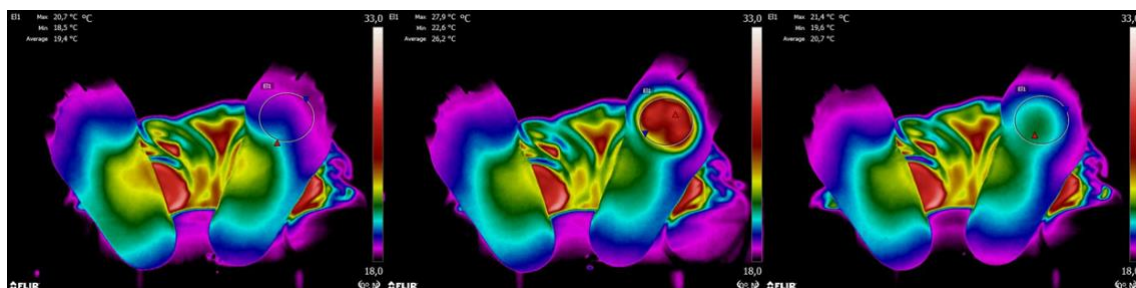


Figura 4: Registros termográficos capturados com a câmera exibindo as etapas (a) Inicial - pré estímulo óptico, (b) Imediatamente após aplicação do estímulo e (c) Após 10 minutos de monitoramento.

Os voluntários com comprometimento vascular e/ou neurológico, diagnosticados previamente, apresentaram perfil térmico diferente comparado aos indivíduos considerados saudáveis (Figura 5). O efeito observado, demonstra regiões hiperradiantes por toda extensão plantar podendo evidenciar, pela termografia, os possíveis pontos acometidos pela doença.

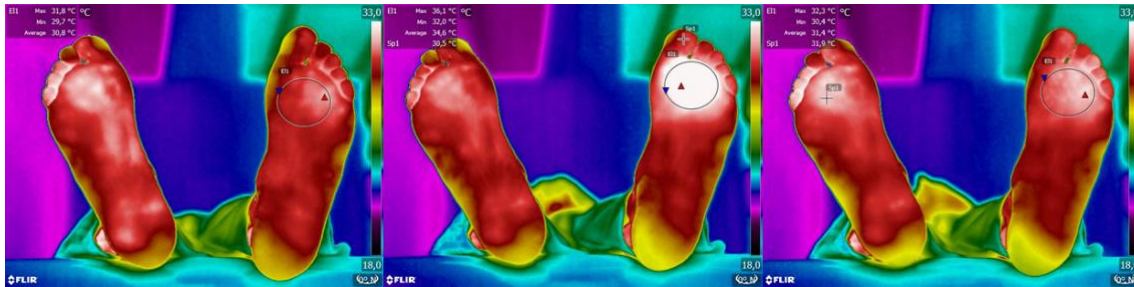


Figura 5: Registros termográficos capturados com a câmera exibindo as etapas (a) Inicial - pré estímulo óptico, (b) Imediatamente após aplicação do estímulo e (c) Após 10 minutos de monitoramento.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho demonstram que a termografia é uma técnica de alta sensibilidade capaz de avaliar a circulação periférica em membros inferiores de indivíduos idosos, tanto diabéticos quanto não diabéticos, e indicar alterações fisiológicas. Com o acompanhamento periódico, o protocolo proposto demonstra capacidade de evidenciar a ação da comorbidade, podendo subsidiar alterações na conduta terapêutica de forma a evitar uma piora do quadro clínico. O projeto se encontra em desenvolvimento e avançará para a fase 2, onde mais dados serão coletados para consequente validação estatística.

REFERÊNCIAS

1. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2012;55(4):221–35..
2. Balbinot LF, Robinson CC, Achaval M, Zaro MA, Brioschi ML. Repeatability of infrared plantar thermography in diabetes patients: A pilot study. *J Diabetes Sci Technol*. 2013;7(5):1130–7.

3. Gomes BF, Accardo C de M. Immunoinflammatory mediators in the pathogenesis of diabetes mellitus. *Einstein (Sao Paulo)*. 2019;17(1):eRB4596.
4. Zakin E, Abrams R, Simpson DM. Diabetic Neuropathy. *Semin Neurol*. 2019;39(5):560–9.

FOMENTO

Raíssa Monteiro de Siqueira agradece pela concessão de Bolsa pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica e Inovação (PIBITI), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Leandro Procópio Alves agradece ao Instituto Ânima pela concessão de Bolsa de Pesquisa via edital 38/2023.