

SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS INFRAVERMELHAS COM IMAGENS ANATÔMICAS DE ATLAS

A. P. Bueno*, G. B. Borba*, M. A. de Souza** e H. R. Gamba**

* Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica - PPGEb - UTFPR, Curitiba, Brasil

** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial - CPGEI - UTFPR, Curitiba, Brasil
e-mail: alpebu@gmail.com

Resumo: As imagens infravermelhas fornecem informações importantes sobre a distribuição de temperatura na superfície corpo, porém nenhum detalhe anatômico é fornecido. Para disponibilizar esse recurso adicional este trabalho propõe métodos de sobreposição de imagens infravermelhas com imagens anatômicas de atlas. As técnicas propostas baseiam-se no ajuste de área ocupada e no ajuste dos contornos dos objetos das mesmas. Os resultados obtidos permitem claramente distinguir as estruturas presentes no atlas com o mapa de temperaturas sobreposto.

Palavras-chave: Imagens infravermelhas, registro de imagens, atlas anatômico.

Abstract: *Infrared images provide important information about the temperature distribution on the body's surface; however any anatomical detail is available. This work presents methods for the overlapping of infrared images over anatomical atlas images. The proposed techniques are based on the adjustment of the surface area under analysis and the adjustment of the objects' borders. The results have shown that the structures from the atlas image can be clearly distinguished within the infrared image.*

Keywords: *Thermography, image registration, anatomical atlas.*

Introdução

As imagens infravermelhas, também chamadas de imagens térmicas, têm sido usadas na área da saúde para realizar diagnósticos baseados na distribuição de temperatura na superfície do corpo. O exame por imagem infravermelha tem sido estudado e difundido devido às suas vantagens em relação a outros métodos, tais como: exame não invasivo, inofensivo - por não usar nenhum tipo de radiação ionizante, barato e o resultado pode ser visualizado em tempo real. Exemplos de exames por imagem infravermelha, em fase de pesquisa ou já usados na comunidade médica são: diagnóstico precoce de câncer de mama [1], medição rápida de temperatura para detectar febre e possivelmente gripe [2], diagnóstico precoce de lesões por esforço em atletas [3, 4]. Além desses exemplos, vários outros estudos podem ser encontrados na literatura.

A sobreposição/fusão de imagens já é usada na medicina para integrar imagens anatômicas com imagens funcionais. Alguns exemplos são: a fusão de imagens de ressonância magnética ou ultrassom (anatômicas) com imagens de tomografia computadorizada (anatômicas) e com imagens de PET (funcionais) [5].

A sobreposição de imagens infravermelhas médicas com outros tipos de imagens vem sendo analisada. A projeção de imagens infravermelhas em imagens de ressonância magnética já foi estudada por [6, 7]. A sobreposição de imagens infravermelhas com imagens visíveis (fotografias digitais convencionais) obtidas do mesmo paciente/objeto foram estudadas por [8, 9]. O uso de sobreposição de imagens infravermelhas com imagens visuais, através de softwares proprietários [10], também pode ser encontrado em [11] e [3], onde a imagem infravermelha é usada para diagnosticar patologias relacionadas aos músculos. Já trabalhos envolvendo a sobreposição de imagens infravermelhas com imagens de atlas anatômicos, conforme proposto no presente trabalho, não foram encontrados.

A sobreposição de imagens infravermelhas com imagens de atlas é responsável por disponibilizar informações anatômicas importantes que não estão disponíveis na imagem infravermelha. Em [4], por exemplo, os autores utilizam as imagens infravermelhas para diagnóstico precoce de lesões musculares. Dados a respeito da temperatura da musculatura envolvida foram obtidos a partir de um processo manual de sobreposição da imagem infravermelha com a imagem de um atlas, como mostrado na Figura 1. Este processo, no entanto, é demasiadamente lento e trabalhoso, pois requer a impressão em diferentes escalas das imagens em papel transparente, para a posterior sobreposição manual. Por outro lado, com o auxílio de uma sobreposição automática entre a imagem infravermelha e uma imagem de atlas, o processo se torna mais rápido e uma eventual intervenção manual é facilitada, sendo esse o foco desse artigo.

Desse modo, esse artigo é organizado da seguinte forma: inicialmente é realizada uma revisão bibliográfica baseada na sobreposição de imagens; em seguida tanto a obtenção das imagens quanto as técnicas de sobreposição de imagens utilizadas são explicadas; e por fim os resultados obtidos são mostrados e analisados.



Figura 1: Processo de sobreposição manual da imagem infravermelha e de atlas, sem auxílio por software.

Sobreposição de imagens

A sobreposição de duas imagens é realizada através do registro das respectivas imagens. O registro de imagens é o nome dado às técnicas de combinação de imagens feitas em momentos, pontos de vista ou com sensores diferentes. O registro de duas imagens de origens diferentes traz várias complicações, principalmente devido às diferenças no método de captura e posicionamento do paciente/objeto [8]. Por essa razão existem incontáveis estudos/relatos sobre o assunto.

As técnicas estudadas, que mais se aproximam do objetivo aqui proposto, estão relacionadas à sobreposição de imagens infravermelhas e imagens visíveis [8, 9]. Há também softwares proprietários que realizam esse tipo de sobreposição [11, 3].

DiRomualdo [9] e Schaeffer [8] desenvolveram métodos de sobreposição usando técnicas distintas. DiRomualdo usa imagens adquiridas por câmeras na mesma posição e com marcadores na pele do paciente, o registro é feito por homografia. Já Schaeffer não usa marcadores e faz o registro baseado nas informações mútuas das duas imagens.

Para sobrepor as duas imagens já registradas, Schaeffer [8] faz simplesmente uma média ponderada do valor dos pixels correspondentes de cada imagem. Enquanto DiRomualdo [9] não especifica como isso é feito.

Materiais e métodos

A metodologia desse estudo consiste primeiramente na escolha das imagens anatômicas de atlas a serem utilizadas. Foram escolhidas imagens musculares de braço, pois têm aplicação na avaliação de várias lesões esportivas [3, 4]. As imagens foram obtidas de um atlas anatômico [12].

As imagens do atlas são consideradas como *vistas canônicas* e, portanto, são utilizadas como referência para a aquisição das imagens infravermelhas (posicionamento e angulação da câmera com relação ao

sujeito). A câmera usada é a FLIR modelo A-325. Essa câmera possui uma resolução de 320 x 240 pixels, com variação de temperatura de -20°C a $+120^{\circ}\text{C}$, resolução de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 2\%$ do valor obtido e resolução de $0,05^{\circ}\text{C}$ [10].

O método proposto de sobreposição é composto por três processos principais: (1) segmentação da imagem infravermelha; (2) registro; e (3) fusão das duas imagens. Os três processos são tratados como sendo independentes.

A segmentação da imagem infravermelha pode ser feita através de um algoritmo de limiarização global, assim como foi realizado por [8]. Visto que a coleta das imagens infravermelhas é realizada dentro de uma sala climatizada (de modo a evitar trocas de calor com o ambiente externo), isso também proporciona que a temperatura do corpo seja significativamente diferente da temperatura do ambiente da sala. Isso facilita bastante a segmentação da imagem, pois o algoritmo precisa somente procurar por pixels de baixa temperatura e considerá-los fundo, enquanto que o restante é considerado corpo/paciente.

A segmentação da imagem do atlas é realizada uma única vez e esta imagem é posteriormente armazenada como referência para a sobreposição com as imagens infravermelhas dos pacientes. Assim, esta segmentação pode ser realizada manualmente ou automaticamente de forma simples, caso o fundo seja composto por pixels de uma única cor, diferente das do objeto. Para esclarecer, será usado o termo “membro” para identificar os pixels do objeto/voluntário em análise nas imagens (corpo e não fundo), tanto para as imagens dos atlas anatômicos quanto para as imagens infravermelhas coletadas.

O primeiro método de registro, usando escala homogênea, é feito com base na área ocupada e no centro do membro dentro de cada imagem. O objetivo final é que os membros das duas imagens tenham o mesmo tamanho (número de pixels) e estejam posicionados com mesmo centro. A imagem infravermelha é mantida fixa, enquanto a imagem anatômica é redimensionada até que as duas tenham aproximadamente a mesma quantidade de pixels de membro (com uma diferença menor que 5%). Em seguida, com as duas imagens já do mesmo tamanho, o centro geográfico de cada imagem é calculado. Isso é feito calculando-se a média da posição horizontal e vertical de todos os pixels de membro de cada imagem. Em seguida a imagem de atlas é transladada de forma que seu centro coincida com o centro da imagem infravermelha.

O segundo método, usando escala não homogênea, é realizado mantendo-se fixa a imagem de atlas e colocando-se a imagem infravermelha no mesmo centro da imagem de atlas. Um algoritmo de detecção de borda é aplicado nas duas imagens e em seguida cada linha da imagem infravermelha é redimensionada através de interpolação linear para que o comprimento do segmento preenchido (entre duas bordas) tenha o mesmo comprimento do segmento preenchido da linha correspondente da imagem de atlas. No caso de uma

imagem onde seja necessário um reajuste na horizontal, as linhas são redimensionadas, já no caso de uma imagem com necessidade de reajuste na vertical as colunas devem ser redimensionadas.

No final do processo de registro entre as duas imagens, a infravermelha e de atlas, sofrem uma fusão. Foram testados dois métodos diferentes para fusão. No método de fusão completa, cada pixel da imagem final é resultado de uma média entre os pixels correspondentes nas duas imagens (é feita uma média para cada componente, o vermelho, o azul e o verde), esse método é usado em [8].

No método de fusão de contornos são usados somente os contornos da imagem de atlas, eliminando as cores, mas preservando as formas/geometrias. Esse método preserva a informação da imagem infravermelha, já que a cor dos pixels nela não é alterada durante a fusão (com exceção dos pixels que serão sobrepostos pelos contornos da imagem de atlas, que são poucos).

Resultados

A Figura 2 ilustra o método do registro usando escala homogênea e mostra as respectivas imagens (atlas (Figura 2(a)) e infravermelha (Figura 2(b))) utilizadas para a obtenção da imagem final sobreposta. Nesse registro, os contornos do membro do paciente não sofrem alteração, sendo portanto uma representação fiel do membro real. Porém, os contornos das duas imagens não coincidem. (Figura 2(c)).

Já a Figura 3 ilustra o registro através de escala não homogênea, para as mesmas imagens de entrada (Figuras 3(a) e 3(b)). Nessa situação, ao contrário do registro com escala homogênea, os contornos das duas imagens coincidem (Figura 3(c)).

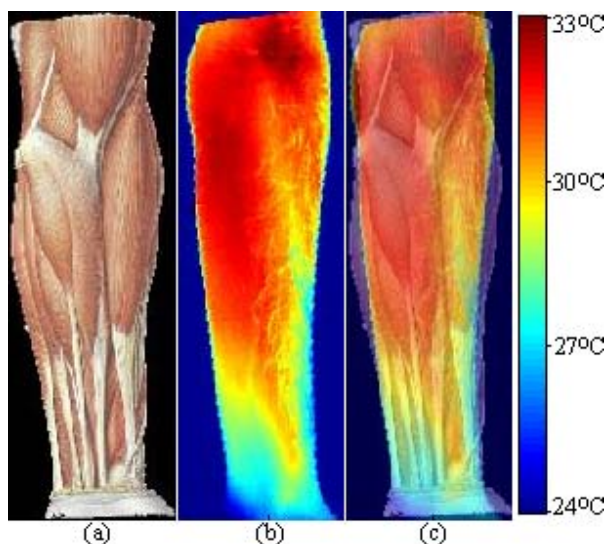


Figura 2: (a) Imagem muscular de atlas (modificada de [12]); (b) Imagem infravermelha com registro por escala homogênea; e (c) Imagens sobrepostas.

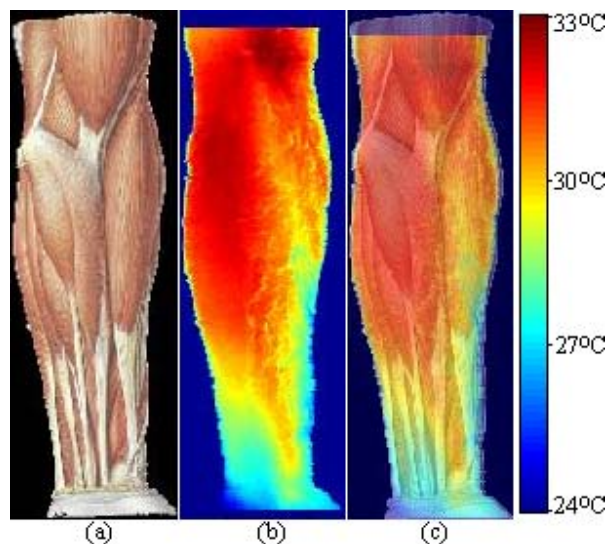


Figura 3: (a) Imagem muscular de atlas (modificada de [12]); (b) Imagem infravermelha com registro por escala não homogênea; e (c) Imagens sobrepostas.

É possível observar que, nas imagens sobrepostas (Figuras 2(c) e 3(c)), as distribuições de temperatura são mais difíceis de serem visualizadas, se comparadas à imagem infravermelha original. Assim, propõe-se ainda outra categoria de sobreposição, na qual somente os principais detalhes da imagem do atlas são incorporados à imagem infravermelha, conforme ilustrado na Figura 4. Neste exemplo, foram enfatizadas as fronteiras entre as estruturas musculares, privilegiando-se as informações de temperatura.

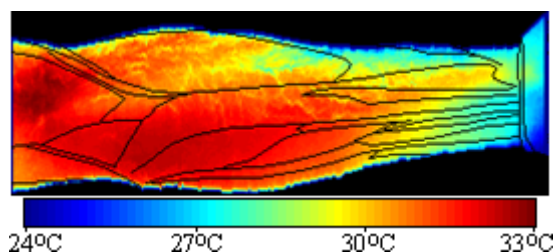


Figura 4: Sobreposição da imagem infravermelha com as fronteiras das estruturas musculares do atlas.

Discussão

O primeiro método de registro, com escala homogênea, resultou em imagens sobrepostas onde os contornos não ficam exatamente sobrepostos, pois o formato da imagem de atlas é (e será na maioria dos casos) diferente da imagem infravermelha. O segundo método, com uma escala não homogênea, apresentou melhores resultados, em virtude dos contornos das duas imagens ficarem coincidentes.

A imagem sobreposta usando a fusão total ficou com a informação da imagem infravermelha comprometida devido à mistura/fusão de cores com a imagem de atlas. Para alterar entre uma melhor precisão da imagem infravermelha e da imagem de atlas pode-se variar o

coeficiente de cada uma na média feita com os valores dos pixels durante a fusão. Já a imagem sobreposta usando a fusão apenas dos detalhes/seções mais importantes (Figura 4) preserva perfeitamente a informação da imagem infravermelha, mas perde a clareza da imagem de atlas colorida. No entanto, para muitas aplicações, este pode ser considerado um diferencial positivo, visto que as informações funcionais de temperatura são mantidas integralmente, juntamente com distinções estruturais.

Foram estudadas diferentes possibilidades para sobreposição de imagens infravermelhas às imagens anatômicas de atlas, tendo como objetivo facilitar diagnósticos, fornecendo informações anatômicas/estruturais. Os métodos testados mostraram que a sobreposição de imagens infravermelhas com imagens anatômicas de atlas pode resultar em imagens de boa qualidade e úteis para diagnósticos. Não foram encontrados outros trabalhos científicos envolvendo a sobreposição de imagens médicas infravermelhas com imagens anatômicas de atlas. Para trabalhos futuros e consequente melhoria da sobreposição, pretende-se utilizar algoritmos de registro de imagens capazes de compensar pequenas diferenças entre a imagem infravermelha adquirida e a imagem de atlas de referência, no que diz respeito ao ângulo e posição da câmera com relação ao objeto/voluntário.

Referências

- [1] Ng EK. A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences*. 2009; 48 (5):849–859.
- [2] Nguyen AV, Cohen NJ, Lipman H, Brown CM, Molinari MA, Jackson WL, Kirking H, Szymanowski P, Wilson TW, Salhi BA. Comparison of 3 infrared thermal detection systems and self-report for mass fever screening. *Emerging infectious diseases*, 2010; 16(11):1710.
- [3] Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. *Ultrasound*. 2012; 10:2.
- [4] Bandeira F, Moura MAMD, Souza MAD, Nohama P, Neves EB. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? *Rev. bras. med. Esporte*. 2012; 18(4):246–251.
- [5] Maintz J, Viergever MA. A survey of medical image registration. *Medical image analysis*. 1998; 2(1):1–36.
- [6] Brioschi ML, Sanches I, Traple F. 3D MRI/IR imaging fusion: a new medically useful computer tool. *Inframation Proceedings*, 2007; Las Vegas.
- [7] Sanches I. Sobreposição de imagens de termografia e ressonância magnética: uma nova modalidade de imagem médica tridimensional [dissertação]. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2009.
- [8] Schaefer G, Tait R, Zhu SY. Overlay of thermal and visual medical images using skin detection and image registration. In: *Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 2006 Aug 31- Sep 3; Nova Iorque, EUA. 2006.p. 965–967.
- [9] Di Romualdo S, Merla A, Romani GL. Superimposition of thermal imaging to visual imaging using homography. In: *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 2007 Aug 23-26; Lyon, França. 2007. p. 3365–3368.
- [10] FLIR Systems Inc. FLIR A325 (60 Hz) [internet]. 2010 [acessado em 26/05/2014]; versão 1.05. Disponível em: http://support.flir.com/DsDownload/Assets/48001-0101_en_40.pdf.
- [11] Haddad D, Brioschi M, Arita E. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2012; 41(8): 2012.
- [12] Sobotta J. Atlas de Anatomia Humana: Anatomia geral e sistema muscular. 23a ed. Guanabara Koogan; 2013.