

Reconstrução tridimensional e registro de imagens de equimoses dos membros inferiores

Three-dimensional reconstruction and image registration of ecchymoses of the lower limbs

Ricardo L. Thomaz¹, Ana C. L. Tannús², Ana C. Patrocinio¹, Miguel T. Jorge², João M. Tannús Filho² e Alcimar B. Soares¹

¹Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia (MG), Brasil.

²Faculdade de Medicina, UFU – Uberlândia (MG), Brasil.

Resumo

Este trabalho apresenta um sistema de reconstrução tridimensional a partir de imagens fotográficas, assim como uma proposta de um sistema para registro de imagens de equimoses multifacetadas dos membros inferiores. A reconstrução tridimensional é dada através da extração de características de diversas silhuetas de imagens pertencentes ao mesmo objeto. As imagens devem ser registradas radialmente em um passo angular conhecido. Para facilitar o registro, um sistema eletromecânico automatizado é proposto, sendo constituído por uma câmera, por um sistema de trilhos, por um sistema de apoio e pelo objeto, o qual permanece estático durante o registro. Através de imagens simuladas, os protótipos desenvolvidos para a reconstrução tridimensional foram testados, apresentando resultados satisfatórios quanto ao método utilizado.

Palavras-chave: equimose, instrumentação, extremidade inferior, processamento de imagem assistida por computador.

Abstract

This paper presents a system for three-dimensional reconstruction of an object based on photographic images, also proposes a system to acquire multifaceted lower limb ecchymosis images. The three-dimensional reconstruction is done through the feature extraction of several silhouettes from images of the same object. These images must be registered radially with a known angular step. In order to facilitate the acquisition, an automatized electro-mechanic system is proposed, having a camera, a trail system, a support system and the object, which stays steady during the acquisition. Through simulated images, the developed prototypes for tridimensional reconstruction were tested, presenting satisfying results.

Keywords: ecchymosis, instrumentation, lower extremity, computer-assisted image processing.

Introdução

As equimoses são caracterizadas por manchas de coloração variável presentes na superfície da pele, resultante de traumas ou distúrbios de coagulação¹. Estas lesões, estudadas no âmbito dermatológico e plástico²⁻⁴, são avaliadas através de técnicas como a fotogrametria^{2,5,6}, bem estabelecida para equimoses de pequenas dimensões e restritas a um plano^{7,8}.

Para casos específicos, como o pós-operatório de safenectomia⁹, as equimoses são observadas em grande extensão e em múltiplas faces, inviabilizando alguns métodos para análise. Assim, é necessária a utilização de um método adequado onde não haja fatores de confusão.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema eletromecânico em conjunto com um sistema de reconstrução tridimensional para auxiliar na

visualização, análise e estudo das equimoses multifacetadas dos membros inferiores.

Material e Métodos

Este tópico foi dividido em três partes, onde serão apresentados os métodos para o sistema de aquisição e para o sistema de reconstrução tridimensional separadamente, além da simulação e testes preliminares.

Para o desenvolvimento dos protótipos foi utilizado o software de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2010 em conjunto com o XNA, programados na linguagem C# na plataforma .Net. Já para a obtenção de resultados preliminares, foi utilizado o software Google Sketchup para simular a aquisição de imagens de um objeto tridimensional.

Sistema de aquisição de imagens

O método atualmente utilizado pelos pesquisadores para registro de imagens de equimoses dos membros inferiores consiste na utilização de uma câmera fotográfica fixa (observador) e o paciente (objeto) que se move para variar a região da fotografia, conforme a sequência de quatro vistas da Figura 1.

De forma a reduzir a influência de fatores externos, como a variação incorreta da posição do paciente ou a sobreposição dos membros, um sistema eletromecânico automatizado para registro das imagens foi proposto, conforme Figura 2.

Este sistema é constituído por um sistema móvel de câmera, onde a mesma é movida radialmente por um trilho, em conjunto com um sistema de apoio ao paciente, de forma a permitir que o mesmo fique estático com apenas um membro sobre o campo de visão da câmera.

Um sistema eletromecânico será responsável pela movimentação mecânica, pelo controle da posição angular e pelo sistema de registro de imagens, desta forma automatizando o processo.

Reconstrução tridimensional

A partir das imagens registradas pelo sistema proposto, é possível a aplicação de métodos para a reconstrução tridimensional do objeto e para a extração de sua textura. Estes métodos são baseados na extração de informações de silhuetas de imagens⁹.

A partir das imagens originais, é feito o pré-processamento para a extração de suas silhuetas ou bordas. Pela extração do eixo de rotação do objeto é possível determinar uma profundidade para cada ponto da borda através do cálculo da distância entre o ponto e a reta.

Os pontos extraídos através deste método são representados em coordenadas cilíndricas, contendo uma distância, um ângulo e uma altura, e são posteriormente convertidos para coordenadas cartesianas, conforme a Equação 1.

$$f(\Delta, \theta, N) = [\Delta \cdot \cos(\theta), \Delta \cdot \sin(\theta), N] \quad (1)$$

Este conjunto de pontos é conhecido como nuvem de pontos¹⁰, conforme exemplo da Figura 3A, e é posteriormente submetido a um algoritmo de triangulação de pontos¹¹, responsável pela reconstrução da superfície do objeto, conforme Figura 3B.

Logo após a reconstrução da superfície, um método de extração de textura é aplicado sobre as imagens para posteriormente ser aplicada na superfície através do método conhecido como Texture Mapping¹², finalizando assim a reconstrução tridimensional do membro.

Simulação e testes preliminares

A partir dos métodos de reconstrução tridimensional citados em conjunto com a lógica de registro de imagens, foram desenvolvidos protótipos para testar os sistemas propostos.

Através do software Google Sketchup, um modelo tridimensional de uma perna foi aberto e, posteriormente, foi realizada a simulação do sistema de registro de imagens registrando imagens a um passo angular de 3,6°, totalizando em cem imagens do modelo.

Posteriormente, as imagens registradas foram aplicadas nos protótipos e os resultados foram coletados, observando se o funcionamento era adequado ao proposto.

Resultados

A partir das imagens simuladas e da aplicação nos protótipos desenvolvidos, foi possível obter resultados dos métodos propostos. A Figura 4 representa as silhuetas extraídas e utilizadas para reconstrução do modelo, enquanto a Figura 5 representa a textura extraída das imagens originais e, finalmente, a Figura 6 representa o modelo tridimensional reconstruído com a textura aplicada.



Figura 1. Fotografia de quatro faces de paciente com equimoses extensas multifacetadas⁶.

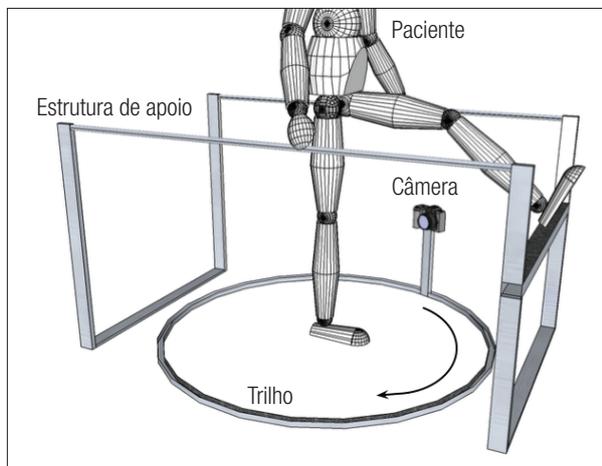


Figura 2. Esboço do sistema de apoio e da instrumentação para o registro de imagens dos membros inferiores.

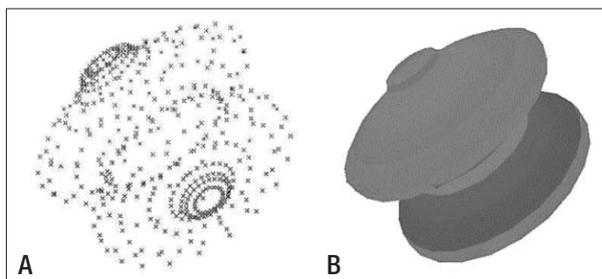


Figura 3. Nuvem de pontos (A) e resultado obtido após aplicação de um algoritmo de triangulação (B)¹¹.

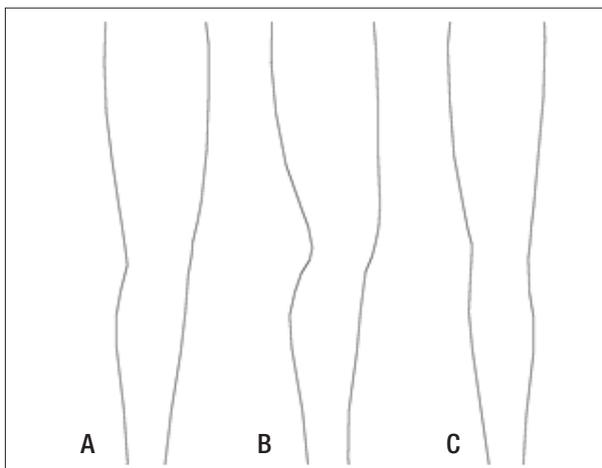


Figura 4. Resultado da extração de silhuetas das amostras de aquisição em (A) zero, (B) noventa e (C) cento e oitenta graus.

Discussão e Conclusões

Os resultados apresentados representam os passos propostos para o método de reconstrução tridimensional do membro inferior, assim como a extração da textura das imagens originais.

A extração do eixo de rotação a partir das silhuetas das imagens se mostrou um processo importante para a extração das texturas e, principalmente, para a reconstrução

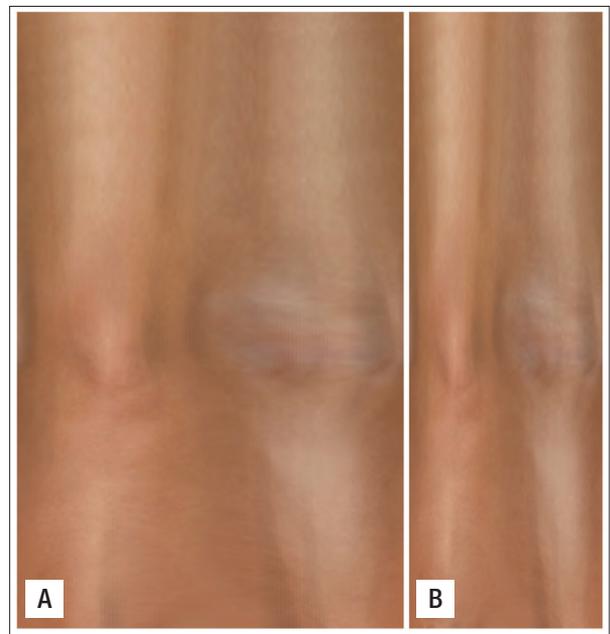


Figura 5. Resultado da extração de textura uniforme com (A) oito e (B) quatro pixels de amostra.



Figura 6. Resultado da reconstrução tridimensional através de silhuetas de imagens simuladas.

do modelo. As texturas possuem dependência ao passo angular de registro utilizado, interferindo diretamente na quantidade de pixels amostrados.

De acordo com os resultados, é possível concluir que os métodos propostos funcionaram conforme esperado pelos autores, onde foi possível, através da simulação do sistema de aquisição, reconstruir um modelo tridimensional do membro inferior.

Como trabalho futuro, é necessário o desenvolvimento completo do instrumento de registro fotográfico para a aplicação real dos métodos propostos. Também, o desenvolvimento de ferramentas computacionais para auxiliar na análise objetiva é necessário, de tal forma a remover qualquer subjetividade da análise médica, permitindo o estudo científico quantitativo das equimoses multifacetadas dos membros inferiores.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho são gratos a CAPES pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

1. Alcântara HR. Perícia Médica Judicial. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006.
2. Seeley BM, Denton AB, Ahn MS, Maas CS. Effect of homeopathic Arnica Montana on bruising in facelifts. *Arch Facial Plast Surg*. 2006;8(1):54-9.
3. Defatta RJ, Krishna S, Williams EF. Pulsed-dye laser for treating ecchymosis after facial cosmetic procedures. *Arch Facial Plast Surg*. 2009;11(2):99-103.
4. Tacani RE, Tacani PM, Lievano RE. Intervenção fisioterapêutica nas sequelas de drenagem linfática manual iatrogênica: relato de caso. *Fisioter Pesqui*. 2011;18(2):188-94.
5. Guimarães CMD. Avaliação com fotografia digital polarizada: estudo piloto da pele brasileira. *Surg Cosmet Dermatol*. 2010;2(4):76-80.
6. Tannús ACL, Tannús Filho JM, Ribeiro LMF, Oliveira RA, Baraúna MA. Efeito da drenagem linfática manual no tempo de absorção das sufusões hemorrágicas em pacientes submetidos à safenectomia radical. *Fisioterapia Ser*. 2011;6(4):244-7.
7. Kotlus BS, Heringer DM, Dryden RM. Evaluation of homeopathic Arnica Montana for ecchymosis after upper blepharoplasty: a placebo-controlled, randomized, double-blind study. *Ophthal Plast Reconstr Surg*. 2010;26(6):395-7.
8. Miller PJ, Dayan SH. Effect of perioperative hyperbaric oxygen on bruising in face-lifts. *Arch Facial Plast Surg*. 2010;12(5):356-8.
9. Plaenkers R, Fua P. Model-Based Silhouette Extraction for Accurate People Tracking. In: *European Conference on Computer Vision, Copenhagen*. 2002;2(2):325-39.
10. Kramer J, Parker M, Burrus N, Echter F. Point Clouds, Part 1. In: *Hacking the Kinect*, Ed.: Kramer J. New York: Apress, 2012; p. 127-34.
11. Jin J. Delaunay Refinement. In: *Three Novel Algorithms for Triangle Mesh Processing: Progressive Delaunay Refinement Mesh Generation, MLS-based Scattered Data Interpolation and Constrained Voronoi-based Quadrangulation*, Ann Arbor: ProQuest. 2008;5-30.
12. Szeliski R. Image Based Rendering, In: *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Ed.: Gries D, London: Springer. 2011; p. 547-8.