

MODELAMENTO TRIDIMENSIONAL DE ÓRTESE PARA DISPLASIA DO DESENVOLVIMENTO DO QUADRIL POR FOTOGRAMETRIA

R. Munhoz*, C. A. C. Moraes**, M. E. Kunkel***, H. Tanaka*

*Engenharia Biomédica, Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil

** 3D Designer, Arc-Team, Cles, TN, Itália

***Engenharia Biomédica, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, Brasil
munhozrodrigo@yahoo.com.br

Resumo: A Displasia do Desenvolvimento do Quadril (DDQ) é uma doença que acomete o recém-nascido caracterizada por uma deformidade anatômica do quadril. O tratamento requer um diagnóstico ágil e uma intervenção ortopédica adequada, seja pelo uso do colete de Pavlik ou gesso pelvipodálico. As formas de tratamento adotadas tem apresentado complicações como, dor, controle de temperatura, cuidado com a pele entre outras. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da técnica de fotogrametria na obtenção da geometria da superfície do quadril aplicada a construção de órteses. Uma seqüência de fotos foram tiradas de um boneco para o processamento por fotogrametria. O *software* PPT GUI foi utilizado para o escaneamento tridimensional, resultando em uma nuvem de pontos que foi convertida em uma malha usando MeshLab. O mesmo boneco passou por escaneamento por um *scanner* laser comercial resultando em uma malha similar a obtida anteriormente. As duas malhas foram comparadas com o *software* CloudCompare. A diferença entre as malhas foi menor que 10mm. A fotogrametria demonstrou-se uma técnica satisfatória para obter a geometria da superfície do quadril e pode ser usada como uma alternativa ao escaneamento laser.

Palavras-chave: Quadril, displasia, fotogrametria, órtese.

Abstract: *Developmental dysplasia of the hip (DDH) is a childhood disease characterized by an anatomical deformity that affects the hip. The treatment requires an early diagnostic and suitable orthopedics interventions, by using Pavlik harness or hip spica cast. The common treatment has shown several complications, pain, temperature control, skin care and others. This study presents the development of a photogrammetry technique to obtain the hip surface geometry for orthosis construction. A sequence of pictures was taken from a doll model to use in the photogrammetry process. The software PPT GUI was used to three-dimensional scanning, and the resulting point cloud was converted into a mesh using MeshLab. The same doll was scanned using a commercial laser Scanner resulting and similar mesh was obtained. These two meshes were compared with CloudCompare software. The difference between the meshes was lower than 10 mm. The photogrammetry is a satisfactory technique to obtain the geometry hip*

surface, and can be used as an alternative to laser scanning.

Keywords: *hip, photogrammetry, orthosis.*

Introdução

A Displasia do Desenvolvimento do Quadril (DDQ) consiste em uma anormalidade anatômica do quadril em crescimento que pode acometer o recém-nascido. A anormalidade pode ocorrer no tamanho, morfologia, orientação anatômica, organização da cabeça femoral, cavidade acetabular ou ambas [1]. A prevalência é de 1 em cada 1.000 casos de quadril luxado. No Brasil, segundo o Ministério da Saúde, 1 em cada 100.000 recém-nascidos apresentam deformidade congênita do quadril. Os fatores de risco para a DDQ incluem sexo feminino (60-80%), etnia branca, mãe jovem, recém-nascido de peso maior que 4000g ou altura elevada, histórico familiar (12-33%) entre outros [2].

O diagnóstico precoce da DDQ é primordial para a escolha e sucesso do tratamento. Esse diagnóstico é realizado por meio de manobras de Ortolani e Barlow. A primeira consiste em um teste de recolocação e redução do quadril, enquanto que a segunda consiste no deslocamento e luxação do quadril. Em ambos os casos busca-se por um ressaltado na articulação patológica e pelo som de um estalo durante a manobra. Exames de ultrassom são utilizados como apoio após avaliação física [1 e 3]. O tipo de tratamento a ser adotado depende da idade do recém-nascido. Até 3 meses de vida, a rotina consiste no uso do colete de Pavlik, e após este período utiliza-se o aparelho gessado pelvipodálico, adotado pós intervenção de redução incruenta (fechada) ou cruenta (aberta). Os dois tipos de tratamento posicionam o quadril em flexão (90-100°) e abdução (40-60°), por um período que pode variar de 6 semanas a 6 meses em média, garantindo o seu desenvolvimento natural (Figura 1).

Os métodos atuais de tratamento possibilitam sucesso em aproximadamente 80% dos casos. No entanto, os aparelhos de auxílio utilizados podem causar uma série de complicações ao usuário como desconforto, dor, necrose avascular, limitações de higiene e limpeza, ruptura da pele, posicionamento da criança, condição de amamentação, formação de pontos de pressão, controle de temperatura, dependência do acompanhamento médico, entre outras [4].



Figura 1: Recém-nascido submetido ao uso do gesso pelvopodálico para DDQ. (Fonte: [3])

Frente às complicações apresentadas, deseja-se desenvolver uma órtese anatômica que possa ser usada como substituta ou alternativa ao tratamento atual. A geometria da órtese foi obtida por meio do modelamento 3D por fotogrametria, para otimização e impressão por prototipagem rápida (impressão 3D). A fotogrametria, embora ainda pouco explorada, é uma técnica de baixo custo que permite a obtenção de uma nuvem de pontos de um objeto por meio da detecção de pontos coincidentes entre si obtidos de uma sequência de fotos [5]. O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de uma técnica de baixo custo, baseada em fotogrametria, para obtenção da geometria da superfície do quadril aplicada à construção de órteses. Esse modelo tridimensional poderá ser usado para desenvolvimento de uma órtese aplicada a DDQ.

Materiais e métodos

Foi utilizado para a fotogrametria um boneco de plástico simples com marcações sobre pernas e quadril, uma câmera de celular Sony Xperia R800a (Sony Corporation, Tokyo, Japão), uma placa não reflexiva com marcações de 5 x 5cm, e um computador. O computador utilizado possui configuração de hardware com 16GB-RAM, processador Intel i7. 3,4 GHz e sistema operacional Windows 8.1 com *softwares* Python Photogrammetry Toolbox com interface gráfica (PPT-GUI) [6], MeshLab [7], Blender [8] e CloudCompare [9]. Para a validação da técnica de fotogrametria na obtenção da geometria do boneco foi realizado um escaneamento do mesmo com um *Scanner* a Laser comercial Artec 3D MHT™ (Artec Group Inc, Luxemburgo). A comparação com técnica de escaneamento laser se deu devido a acurácia que pode chegar a 98% [10]. Com o boneco posicionado no centro da placa não reflexiva, uma sequência de 55 fotos foram tiradas contornando o boneco em uma trajetória

espiral (Figura 2). As fotos foram retiradas em um ambiente fechado com iluminação artificial sem a utilização de flash ou recursos de aproximação da câmera. Nenhum tipo de calibração da câmera foi necessária. A sequência de fotos iniciou com câmera posicionada sobre o boneco a uma distância de aproximadamente 50 cm, e ângulo de aproximadamente 45°. As demais fotos foram tiradas a cada 15° aproximadamente, seguindo a trajetória espiral. Ao final da sequência de fotos, a câmera estava a uma distância de 50 cm do objeto, porém com a câmera posicionada perpendicularmente à linha horizontal. O mesmo procedimento foi realizado com o *scanner* a laser comercial.

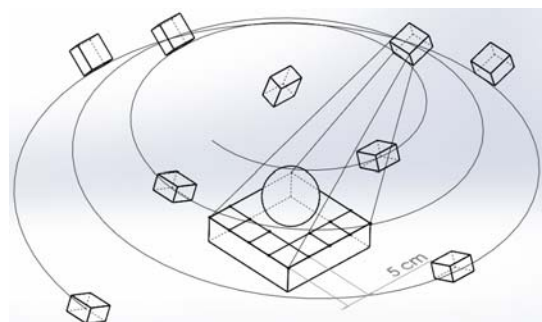


Figura 2: Descrição esquemática do protocolo adotado para se obter a sequência de fotos do modelo usando a técnica de fotogrametria. Os cubos menores representam a posição da câmera em relação ao objeto no centro.

As fotos coletadas foram processadas em três etapas, via programa PPT-GUI. Na primeira etapa foi realizada a calibração da câmera pelo fornecimento do valor do tamanho do sensor de 3.8 mm da câmera. Na segunda etapa realizou-se a formação da nuvem de pontos esparsa via algoritmo Bundler [6]. A terceira foi o cálculo da nuvem de pontos densa via algoritmo de otimização. Essa etapa garante o refinamento da nuvem de pontos. Os traços no boneco auxiliam o algoritmo na identificação dos pontos coincidentes entre si. A base com traços de referência de 5 x 5 cm foi mantida para o redimensionamento em escala real. O arquivo da nuvem de pontos densa obtido em formato ply foi importado como um novo projeto no editor de malhas MeshLab. Os pontos indesejados da nuvem foram excluídos. Utilizando a referência da placa demarcada, foi realizado o redimensionamento da nuvem de pontos para a escala real. Esse redimensionamento foi feito por um fator de escala definido pela dimensão real do boneco sobre a dimensão presente na malha, até se obter uma escala de 1:1, onde 1 equivale a 1 mm para o MashLab. Após a obtenção da nuvem de pontos redimensionada, os demais pontos fora de interesse, ou utilizados apenas para ajustar a escala, foram retirados, e um algoritmo de *Poisson* foi aplicado para gerar a malha do modelo. O processo para obtenção do modelo com o *scanner* a laser comercial ocorreu de maneira automática sem interação com o usuário, visto que há um programa próprio para a geração da malha (Artec Studio

9.2, Artec Group Inc, Luxemburgo). A coleta de fotos e escaneamento via laser foi realizada uma única vez com o boneco em posição única e estática.

As malhas obtidas, via fotogrametria e escaneamento a laser, foram comparadas pelo programa CloudCompare que promove alinhamento auxiliado pelo operador, e posterior superposição das malhas, gerando um mapa topográfico das distâncias entre as regiões. Apenas as regiões de interesse foram selecionadas e um novo modelo foi gerado pelo mesmo processo de fotogrametria, agora com 157 fotos para desenvolvimento da órtese.

Resultados

A primeira etapa do processo de fotogrametria resultou em uma nuvem de pontos descrevendo a geometria do boneco (Figura 3a e b). A nuvem de pontos ainda com estruturas de referência e superfícies indesejadas possui 142.975 vértices.

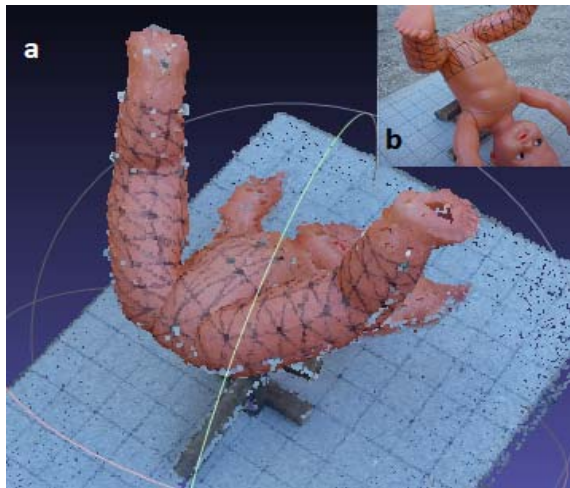


Figura 3: (a) Nuvem de pontos (ainda com base de referência para redimensionamento em escala). (b) Fotografia do boneco usado.

O resultado da reconstrução dos pontos da nuvem de pontos por algoritmo de *Poisson* é apresentado (Figura 4). Os pontos fora de interesse foram eliminados, assim como a base de referência, visto que o modelo foi redimensionado antes da reconstrução. O modelo passa a constituir uma malha com 9.002 vértices e 18.000 faces. Este número pode alterar de acordo com a eliminação de pontos indesejados.

O resultado obtido pelo escaneamento laser, apenas com pontos de interesse e em escala real, é apresentado na Figura 5. A malha obtida pelo escaneamento possui 268.139 vértices e 524.044 faces, embora este número possa ser levemente alterado pela eliminação das regiões indesejadas.

A comparação entre os modelos obtidos por fotogrametria e escaneamento a laser apresentou uma amplitude de diferença de 10 mm (Figura 6). O mapa topográfico apresentou diferenças por meio de picos e vales superpostos sobre o modelo de fotogrametria, onde a transição do verde para o vermelho representam

elevações, e do verde para o azul representam depressões. A média das diferenças entre os modelos gerados pelas duas técnicas é de 4 mm.

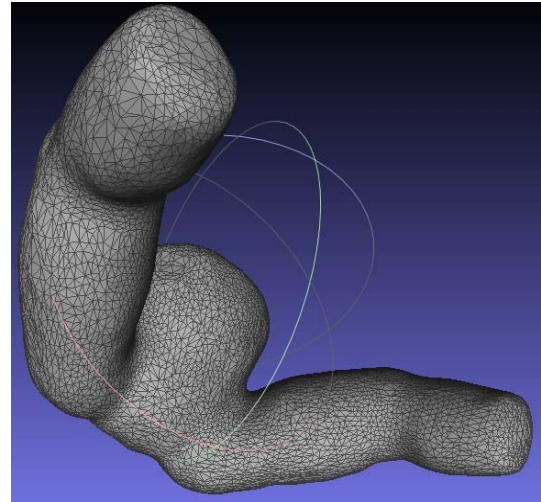


Figura 4: Malha obtida por algoritmo de *Poisson*.

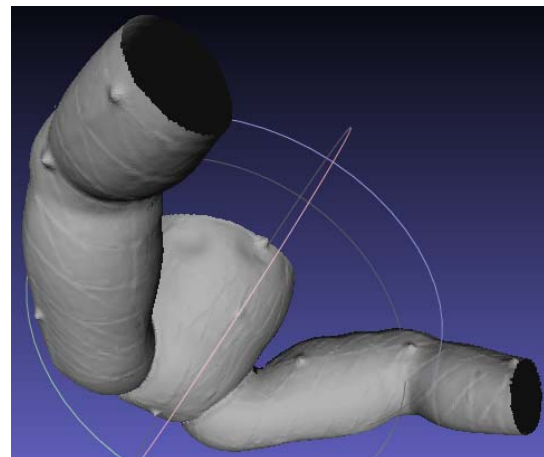


Figura 5: Modelo obtido por escaneamento laser.

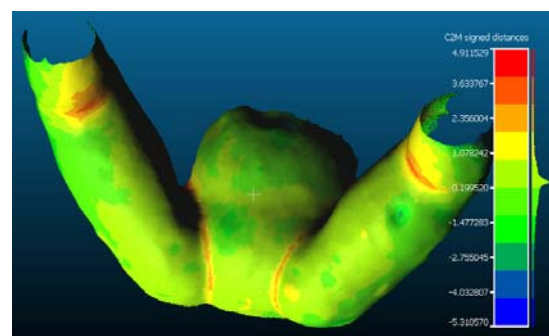


Figura 6: Mapa topográfico de comparação entre modelo obtido por fotogrametria e por escaneamento laser.

Discussão

A fotogrametria mostrou-se uma técnica satisfatória na obtenção da geometria da superfície do quadril do boneco. O resultado da comparação entre as malhas viabiliza a utilização da fotogrametria para a produção

de modelo de órtese aplicada a DDQ. Embora a malha obtida pelo escaneamento seja mais detalhada, este detalhamento não se faz necessário para tal aplicação. Os modelos foram comparados com um processamento de 55 fotos obtidas por uma câmera de celular, sendo possível melhorar o resultado da comparação com maior número de fotos e câmera de melhor qualidade. Usando-se a mesma técnica de fotogrametria em um estudo para reconstrução facial forense a partir de um crânio humano por fotogrametria e escaneamento a laser, a diferença em amplitude entre as malhas após a comparação foi de 1 mm [2].

Comparando as duas técnicas, é possível dizer que a utilização da fotogrametria se apresenta como uma alternativa para geração do modelo quando não há recursos financeiros para a aquisição de um *scanner* laser comercial. O custo para a aquisição de um *scanner* laser está em torno de R\$33.000,00, enquanto que para a geração do modelo obtido neste estudo por fotogrametria, considerando todos os dispositivos, com exceção ao computador utilizado para o processamento, o custo foi de aproximadamente R\$ 1.000,00. O tempo para obtenção de um modelo entre as duas técnicas também se compara, com uma pequena vantagem para a reconstrução via escaneamento laser, visto que com a fotogrametria é preciso de 4 a 6 horas para a obtenção do resultado apresentado. O processo de fotogrametria necessita de mais passos para atingir o resultado final e também de maior tempo de treinamento, porém todo o trabalho pode ser desenvolvido em programas livres.

Tomando a fotogrametria como técnica adotada para geração do modelo, ainda há desafios para confecção da órtese. O modelo foi obtido a partir de um boneco estático que não reproduz a condição real para a aplicação da técnica. Porém, constitui-se de um ponto de partida para o desenvolvimento do protocolo e estudo de melhorias, bem como viabiliza o desenvolvimento do modelo, até que este esteja pronto para teste em condições reais. Estudos com dispositivo Kinect (Microsoft Corporation, Redmond, WA) também tem se apresentado como uma alternativa a reconstrução 3D sem a necessidade de redimensionamento em escala real pode se apresentar como alternativa de melhoria [11].

Como passo seguinte à validação do presente método, temos a confecção da órtese em trabalhos futuros. A órtese será submetida a um processo de otimização topológica. Após a otimização a órtese poderá ser confeccionada por prototipagem rápida. Espera-se obter uma órtese leve e que permita um conforto maior tanto para o paciente com DDQ como para o seu cuidador.

Conclusão

Foi apresentado o modelamento tridimensional de órtese infantil para quadril usando uma técnica de fotogrametria, demonstrando resultado satisfatório quando comparado o método por escaneamento a laser. Os resultados demonstram uma amplitude de diferença de 10 mm entre as malhas obtidas pelas duas técnicas. A

fotogrametria se mostrou como boa alternativa ao escaneamento laser, quando considerados os recursos financeiros e o tempo de processamento.

Agradecimentos

Ao Dr. Rodrigo de Faria Valle Dornelles, Cirurgião Crânio-Maxilo-Facial do F.A.C.E-Facial Anomalies Center pela disponibilização do *Scanner* Laser comercial utilizado neste estudo.

Referências

- [1] Guarniero R. Displasia do desenvolvimento do quadril:atualização. Rev. bras. Ortop. [online], 2010; 45(2): 116-121.
- [2] Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). Levantamento de dados de deformidade congênita do quadril para crianças até 4 anos de idade, 2008-2013, Brasil, Morb CID-10:Deformidades congênicas do quadril.
- [3] Campion JC, Benson MKD. Developmental dysplasia of the hip. Orthopaedic IV: Degenerative/Paediatric disorders. Surgery. 2007; 25:4.
- [4] Clarke S, McKay M. An audit of spica cast guidelines for parentes and professionals caring for children with developmental dysplasia of the hip Journal of Orthopaedic Nursing,2006; 10:128-137.
- [5] Moraes CAC, Dias PEM, Melani RFH. Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry. JDR-Journal of Research in Dentistry, Tubarão, 2004; 2(1).
- [6] Moulon P, Bezzi A. Python Photogrammetry Toolbox with graphic Interface PPT-GUI [computer program]. Version 2.0. Napoli: Arc-Team, 2011.
- [7] Cignoni P, Ranzuglia G, Callieri M, et al. MeshLab [computer program]. Version 1.3.3_64 bits. Pisa: Visual computing Lab-ISTI-CNR, 2005-2013.
- [8] Rosendaal T, Babahin A, Kuznetsov A, et al. Blender [computer program]. Version 2.67. Amsterdam: Blender Foundation, 1998.
- [9] Girardeau-Mountaut D, Bougacha S, Bey A, Marc R. CloudCompare [computer program]. Version 2.1 Paris: ENST Telecom, 2004.
- [10] Igathinathane C, Davis J D, Purswell J L, Columbus E P. Application of 3D scanned imaging methodology for volume, surface area, and envelope density evaluation of densified biomass. Bioresource Technology 101 (2010) 4220-4227.
- [11] Henseler H, Kuznetsova A, Vogt P, Rosenhahn B. Validation of the Kinect device as a new portable imaging system for three-dimensional breast assessment. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2014 Apr;67(4):483-8.