

CONSTRUÇÃO DE BIOMODELOS POR IMPRESSÃO 3D PARA USO NA PRÁTICA CLÍNICA: EXPERIÊNCIA DO INSTITUTO DANTE PAZZANESE DE CARDIOLOGIA

B. Utiyama*[‡], C. Hernandez*, T. Senra**, M. Gospos**, R. Sá*, J. Leme*[‡], J. Fonseca*, E. Drigo*, T. Leão*[‡], I. Pinto**, A. Andrade*

*Divisão de Bioengenharia - Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, Brasil

[‡]Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

** Departamento de Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética – Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, Brasil

e-mail: bruno.silva@dantepazzanese.org.br

Resumo: A impressão 3D aplicada à medicina é uma tecnologia em expansão. Este tipo de técnica possibilita um novo meio para tomada de decisão na prática clínica, de uma forma individualizada a cada paciente. Este trabalho consiste em apresentar a experiência do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia no desenvolvimento do método de construção e aplicação de biomodelos construídos por impressão 3D a partir de imagens de exames de tomografia computadorizada. Dois estudos de caso são reportados, um caso onde o modelo foi usado para planejamento cirúrgico em um paciente neonato com cardiopatia congênita e um caso de análise de intervenção via acesso periférico onde o biomodelo foi usado para analisar o posicionamento de um dispositivo de filtragem. Os biomodelos foram bem aceitos na prática clínica e apresentam um novo método de tomada de decisão, em ambos os casos os biomodelos permitiram outra perspectiva de visualização e contribuíram significativamente para o caso.

Palavras-chave: Biomodelo, impressão 3D, cardiologia.

Abstract: *3D printing applied to medicine, is a technology in expansion which allows a new decision making process with patient-specific models. This study presents the experience from Institute Dante Pazzanese of Cardiology in developing a construction method using 3D printing from computed tomography scan and application of these biomodels. Two case studies are presented, one where the biomodel was used for surgical planning in a neonate patient with a congenital heart disease and, other of a peripheral access intervention analysis. Biomodels have been well accepted in clinical practice promoting a new decision making process, in both situations the biomodels permitted another view perspective and significantly contributed to the case.*

Keywords: Biomodel, 3D printing, cardiology.

Introdução

O uso de modelos personalizados construídos por impressão 3D a partir de exames médicos, tem sido usado na medicina, especialmente na ortopedia e traumatologia [1,2].

Nas últimas décadas, os assim chamados biomodelos, têm sido usados para: interação paciente-médico; treinamento cirúrgico; pesquisa médica e ensino, mais recentemente esta tecnologia tem avançado em relação a sua aplicação, sendo empregada de maneira mais direta, em: planejamento de cirurgias de alta complexidade; engenharia de tecidos; dispositivos de liberação de drogas; apoio ao diagnóstico; entre outras [2,3,45,6,7].

No Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC), foi desenvolvido um processo de construção de biomodelos específico para cardiologia. O objetivo destes biomodelos é uso no auxílio a tomada de decisão na prática clínica, no planejamento cirúrgico e apoio ao diagnóstico.

Este trabalho tem com objetivo descrever a metodologia do processo de construção, para dois tipos de tecidos distintos, (vasos e músculos) que compreendem artérias, veias e o miocárdio, apresentando um caso de aplicação dos biomodelos para uso no planejamento cirúrgico e outro como apoio ao diagnóstico.

Materiais e métodos

As imagens para construção dos biomodelos no IDPC são provenientes de exames de Tomografia Computadorizada (TC), adquiridas na própria instituição, nenhum paciente foi submetido à TC exclusivamente para construção do biomodelo. A seleção dos pacientes se deu conforme a solicitação do corpo clínico, com base na relevância do biomodelo para o caso, os arquivos utilizados já se encontravam disponíveis no banco de dados. As imagens foram coletadas diretamente no banco de dados, conforme a indicação, o procedimento do exame não foi

acompanhado. O presente trabalho recebeu autorização do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia.

Segmentação do biomodelo – Para converter as imagens do exame de TC, em um arquivo de extensão STL, transformando as imagens em um sólido tridimensional da região de interesse para cada caso, foram usados dois softwares específicos, o software de código aberto InVesalius (CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas Brasil) e o software Mimics® (versão de avaliação, Materialise®, Leuven, Bélgica). Ambos os softwares possuem recursos para segmentação das imagens da TC, contudo o Mimics® possui alguns recursos exclusivos como uma ferramenta para execução de álgebra booleana, que podem ser importantes em alguns casos.

Para construção de artéria foi usada como referencia a região da luz do vaso, diferenciada pela injeção de contraste durante o exame, o resultado da segmentação é então, o interior do vaso.

Para segmentação do miocárdio foram usados dois métodos de segmentação principais: um que consiste em segmentar todo o sangue numa determinada região torácica, obtendo-se assim o modelo do interior das câmaras do coração e dos vasos e outro método, onde são segmentados os tecidos musculares que constituem o coração. No exame de TC a diferenciação exata das bordas dos músculos é dificultada pela falta de contraste entre na região onde ocorre o limiar entre o tecido muscular e o sangue. Para minimizar este erro, após uma segmentação inicial é feita uma subtração destas partes usando um algoritmo para álgebra booleana, a máscara contendo o sangue é subtraída da máscara do miocárdio. Como a máscara do sangue possui uma diferenciação facilitada pelo uso do contraste na aquisição do exame, realizando esta operação é possível obter um modelo com melhor definição morfológica da parte interna do coração.

Construção do biomodelo – Os biomodelos foram construídos usando a impressora 3D Connex 350® (Stratasys® Edén Praire, EUA). Nos casos apresentados os biomodelos foram construídos em FullCure 720® e foi utilizada escala real.

Resultados

Caso 1 – Paciente com septo ventricular e atresia da artéria pulmonar

Este caso se trata de um paciente do sexo feminino de 14 anos que apresenta um septo ventricular (uma comunicação entre os ventrículos) e atresia (ausência) da artéria pulmonar, ambos de origem congênita.

A figura 1 mostra a imagem da TC da paciente, num corte onde é possível visualizar o septo (comunicação) ventricular, na figura 2 é mostrado o biomodelo de uma seção com um corte similar.



Figura 1 – Imagem do exame de tomografia computadorizada mostrando o septo ventricular.



Figura 2 – Fotografia do biomodelo, o corte numa posição similar a imagem da tomografia computadorizada.

Neste caso o biomodelo foi usado no planejamento cirúrgico, além da peça mostrada na figura 2, foram feitas mais quatro peças: duas completando as seções do modelo da fig. 2, uma peça do coração mostrando o miocárdio e outra do sangue mostrando o posicionamento e forma dos vasos.

Os biomodelos foram usados no planejamento cirúrgico.

Caso 2 – Paciente com estenose na válvula aórtica, indicada para colocação de prótese valvar via cateter.

Neste caso o objetivo do biomodelo foi analisar o posicionamento de um filtro que seria posicionado no arco aórtico, para evitar que partículas de cálcio pudessem se deslocar para o cérebro.

A paciente tratava-se de uma mulher de 87 anos, indicada para colocação de uma válvula via TAVI (*Transcatheter Aortic Valve Implantation*), um procedimento onde é implantada uma prótese de válvula aórtica via cateter.

Havia duas complicações neste caso: a paciente apresentava uma grande quantidade de placas de cálcio

acumulada nas paredes das artérias (Figura 3), o procedimento comumente adotado nesta situação é a colocação de um filtro cuja função é servir como barreira física para que os fragmentos das placas não possam se deslocar para o cérebro, contudo, a paciente também apresentava um desalinhamento da saída das carótidas no arco aórtico (Figura 4).



Figura 3 – Imagem do exame de tomografia computadorizada, os círculos destacam as placas de cálcio na parede da aorta.



Figura 4 – Imagem do exame de tomografia computadorizada mostrando o arco aórtico, as marcas em forma de X mostram o centro aproximado, nota-se nesta vista que as saídas do tronco braquiocefálico e artéria carótida comum esquerda não estão dispostos de maneira alinhada.

Havia uma preocupação sobre o risco do filtro não preencher de maneira adequada o arco aórtico, foi feito um biomodelo da aorta da paciente (Figura 5), o filtro foi posicionado no modelo para verificar o preenchimento.

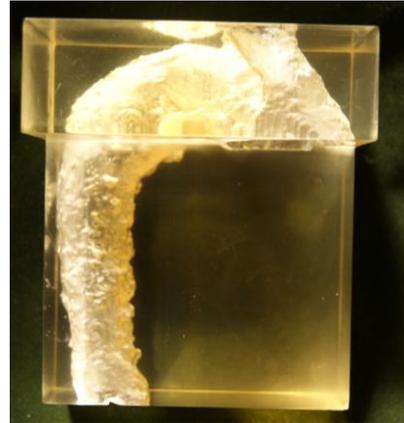


Figura 5 – Biomodelo da aorta.

Na análise do filtro, realizada no modelo, foi verificado que o filtro não era capaz de preencher completamente as saídas dos vasos que levam o sangue para o cérebro, sendo assim, o procedimento não foi realizado devido ao risco e a paciente foi tratada por outros métodos.

Discussão

Atualmente os biomodelos tem grande aplicação principalmente na ortopedia e traumatologia, a aplicação em outras áreas da medicina ainda está em desenvolvimento. Esta é a situação onde se encontra a cardiologia, um dos motivos é a complexidade do processo de segmentação e a variabilidade dos tecidos [2,3,4,6].

O uso do biomodelo se mostrou principalmente importante em casos de cardiopatia congênita, isto se dá pelo fato de que nestas doenças existem diversas alterações morfológicas que são únicas para cada paciente isto torna o modelo personalizado muito importante. Apesar da visualização que o exame de TC permite, a interpretação do exame depende de um médico especializado que deve reportar os seus achados ao médico cirurgião, com o uso do biomodelo o cirurgião ganha uma visão própria da anatomia do paciente.

O segundo caso mostra que existe, além do planejamento cirúrgico, outras possibilidades de aplicação clínica direta para os biomodelos. Conforme o caso descrito, se não houvesse o biomodelo a visualização de que o filtro não seria adequado neste caso só ocorreria durante o procedimento. O fato de visualizar este evento antes de submeter um paciente de 87 anos ao cateterismo traz um grande benefício a sua qualidade de vida.

Conclusão

A experiência com o uso dos biomodelos tem mostrado que esta tecnologia pode contribuir significativamente na prática clínica na cardiologia. A aceitação e necessidade dos biomodelos têm aumentado

a cada caso. Na cardiologia ainda há um grande potencial inexplorado de uso dos biomodelos.

A tecnologia de impressão 3D ainda é subutilizada na medicina, o potencial que esta técnica apresenta grande não somente na cardiologia, mas como em outras áreas da medicina.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Adib Jatene, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP e a Associação do Sanatório Sírio – Hcor, pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Winder, J. Medical rapid prototyping and 3D CT in the manufacturing of custom made cranial titanium plates. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 1999, 23(1): 26-28.
- [2] Rengier F; Mehndiratta, A; Giesel, L; et al. 3D printing based on imaging data: a review of medical applications. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2010, 5(4): 335-41.
- [3] Gibson, I; Cheung, L. K; Chow, S. P; et al. The use of rapid prototyping to assist medical applications. *Rapid Prototyping Journal*. 2006, 12(1): 53-58.
- [4] Ginnatsis, J; Dedoussis, V. Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: a review. *Int J Adv Manuf Technol*. 2009, 40: 116-127.
- [5] Yildirim, Y; Pecha, S; Hakmi, S; et al. Development of recipient-matched engineered heart tissue using 3D printing. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2014, 62(OPS1).
- [6] Gerstle, T; Ibrahim A; Kim, P; et al. A plastic surgery application in evolution: Three-dimensional printing. *Plastic & reconstructive surgery*. 2014, 133(2):446-51.
- [7] Khaled, S; Burley, J; Alexander, R; Roberts, C. Desktop 3D printing of controlled release pharmaceutical bilayer tablets. 2014, 461(1-2): 105-111.