

Criação de Modelos Embrionológicos Cardíacos para Impressão 3D para Ensino de Anatomia e Embriologia

Creation of Cardiac Embryological Models for 3D Printing to Teach Anatomy and Embryology

Davi Shunji Yahiro,^{1,2}  Juliana Cadilho da Silva Abrantes,^{2,3}  D'Angelo Carlo Magliano,^{1,4}  Claudio Tinoco Mesquita^{1,2,3} 

Universidade Federal Fluminense (UFF),¹ Niterói, RJ – Brasil

Health, Science & Education Lab - Hospital Universitário Antônio Pedro - EBSERH – UFF,² Niterói, RJ – Brasil

Programa de Pós Graduação em Ciências Cardiovasculares da Universidade Federal Fluminense (UFF),³ Niterói, RJ – Brasil

Núcleo de Pesquisa em Morfologia e Metabolismo,⁴ Niterói, RJ – Brasil

Introdução

Os estudantes de medicina têm uma grande dificuldade em visualizar as estruturas embrionológicas e entender o desenvolvimento morfológico. Estudos relatam que os alunos comumente consideram a Embriologia como uma disciplina difícil e não se sentem confiantes com o conhecimento obtido.^{1,2} O aprendizado de embriologia tradicional envolve a leitura de livros e interpretação de imagens planas, o que dificulta a percepção espacial e o entendimento do processo de formação embrionológica.

A tecnologia de modelagem tridimensional (3D) comumente oferece serviços para a engenharia, arquitetura, desenvolvimento de jogos e filmes.³ O desenvolvimento de modelos 3D consiste em criar e ligar vértices para formar malhas poligonais.³ A criação destas malhas permite a visualização em perspectiva, além de poder ser colorida, texturizada e animada pelo designer, e, posteriormente, poder ser impressas. A criação de modelos 3D pode ser muito vantajosa na Embriologia, uma vez que há estudos que mostram a tecnologia 3D como uma ferramenta auxiliadora para o ensino de anatomia e para o planejamento de cirurgias complexas.⁴⁻⁷

Levando em consideração a complexidade do desenvolvimento do coração e a dificuldade apresentada pela maioria dos estudantes no aprendizado da embriologia cardíaca, este trabalho relata o desenvolvimento de modelos 3D para facilitar o aprendizado médico, buscando demonstrar o looping cardíaco e a septação atrial e ventricular, pontos críticos do desenvolvimento do coração.

Métodos

Trata-se de um estudo descritivo e observacional. Relatamos os resultados da criação dos modelos 3D para

Palavras-chave

Medicina/embriologia; Coração/anatomia; Imagem tridimensional/tendências

Correspondência: Davi Shunji Yahiro •

Health, Science & Education Lab, Departamento de Radiologia, Hospital Universitário Antônio Pedro, Universidade Federal Fluminense - Rua Marquês do Paraná, 303, CEP 24220-900, Niterói, RJ – Brasil
E-mail: daviyahiro@id.uff.br

Artigo recebido em 06/09/2022, revisado em 14/12/2022, aceito em 14/12/2022

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20220632>

o ensino da embriologia cardíaca, considerando a evidência presente na literatura sobre os benefícios do uso da tecnologia 3D na compreensão da embriologia cardíaca.

O trabalho iniciou com uma revisão da literatura sobre a embriologia cardíaca para a criação dos modelos com imagens de livros textos da área, apostilas de ensino médico e artigos científicos. Por meio do Blender®, software de modelagem 3D de código aberto, foram criadas malhas, seguindo as referências obtidas, reproduzindo modelos embrionológicos cardíacos. Esses modelos foram criados, texturizados e animados num computador do tipo PC com placa gráfica de desempenho normal.

Posteriormente, dos 15 modelos criados, nove foram impressos através da impressora AnyCubic Kobra, com filamento PLA 1.75 mm na cor branca. A duração da impressão para cada modelo foi de aproximadamente 2,5 horas.

Os arquivos estão disponíveis para download gratuito no endereço eletrônico: <https://github.com/daviyahiro/cardiac-embryological-models>.

Resultados

Foram criados 15 modelos os quais mostram: junção dos tubos cardíacos, looping cardíaco, formação dos coxins endocárdicos, septação atrial, forame primário, forame oval e septação ventricular.

Além disso, com esses modelos, foi possível criar duas animações que demonstram o passo a passo do looping cardíaco e a septação atrial, semelhantemente às imagens de materiais didáticos, porém com profundidade. As animações, salvas em .mp4, podem ser encontradas no mesmo endereço eletrônico dos modelos. Posteriormente, os modelos foram impressos para melhorar a experiência de ensino, permitindo a interação concreta do objeto.

Na Figura 1, é possível ver a dobra do coração, desde a junção dos tubos, formação da curvatura em C e finalmente dobra, que também podem ser manipulados para alterar a perspectiva em um software adequado.

A Figura 2 apresenta a formação do septo atrial seguindo as suas devidas etapas, mostrando o septo primário, septo secundário, forame primário, forame secundário e forame oval. Apesar das imagens apresentar o mesmo ângulo, elas podem ser movidas de acordo com a necessidade do usuário.

Nas Figuras 3 e 4, estão os nove modelos, em estágios diferentes, impressos para a utilização no ensino.

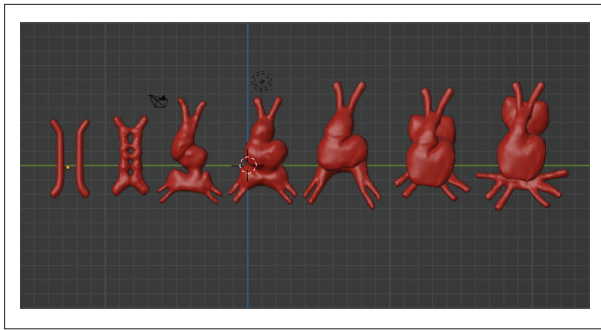


Figura 1 – Etapas do dobramento cardíaco.

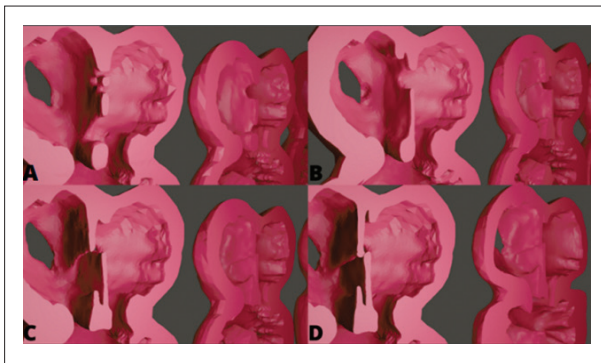


Figura 2 – Etapas da septação atrial.

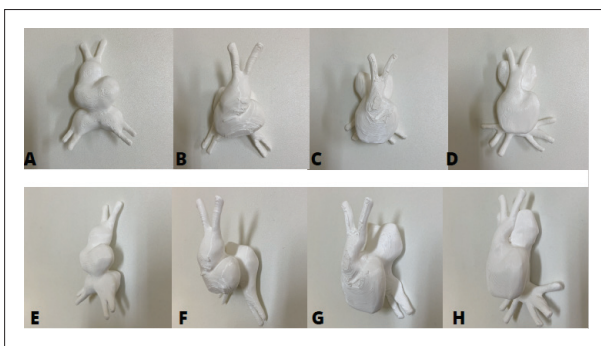


Figura 3 – Modelos impressos do dobramento.

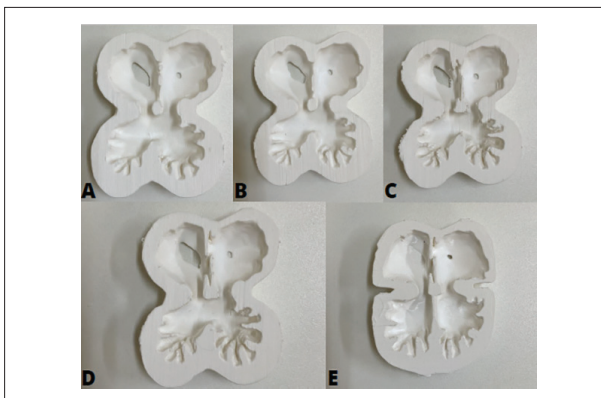


Figura 4 – Modelos da septação atrial.

Discussão

O correto entendimento do desenvolvimento cardíaco é passo fundamental para identificação e manejo das diversas malformações congênitas do sistema circulatório.⁸

Os modelos 3D mostram uma perspectiva e profundidade que não é possível em livros didáticos ou imagens. Esses modelos são de fácil acesso para visualização, uma vez que os arquivos são salvos em formato STL e podem ser manipulados por um celular, em aplicativos gratuitos como o ViewSTL®, ou um computador em sites online, possibilitando até mesmo importação para a tecnologia de Realidade Virtual, transformando-os em uma experiência mais rica.

Além disso, os modelos impressos possuem baixo custo, já que se utilizam filamentos de plástico PLA ou ABS para impressão. Dessa forma, é possível ver com detalhes auxiliando no ensino de graduação ou comunicação com os pacientes e familiares sobre as malformações cardíacas.

Há relatos na literatura de melhora no ensino através de modelos feitos de biscoito ou massa de modelar,⁹ porém as impressões 3D podem ser reproduzidas em maior quantidade e com menos desgaste. Além disso, as impressões oferecem uma possível solução para a dificuldade em obter peças anatômicas,¹⁰ que restringe algumas instituições de ensino.

Os modelos também são úteis na criação de animações e vídeos em que mostram a formação do septo atrial em uma visão de perspectiva, dando melhor entendimento da sequência do desenvolvimento embrionário. Estudos mostram que o uso de materiais visuais complementa o ensino e auxiliam no engajamento do aluno na disciplina de Embriologia,^{1,2} especialmente no âmbito da embriologia cardíaca.^{11,12}

Conclusões

Os modelos 3D apresentam vantagens quanto a sua reprodutibilidade e possibilidade de disponibilidade online para uso em diversas instituições. Esta técnica é muito versátil com a possibilidade de utilização em animações e criação de vídeos que auxiliem no aprendizado. A criação de modelos embriológicos de outras estruturas embriológicas ou até mesmo de modelos de doenças congênitas pode contribuir ainda mais na educação médica. Espera-se que os modelos 3D criados possibilitem a melhora na educação da embriologia cardíaca através da experiência visual e tátil que elas permitem.

Agradecimento

Aos alunos do Health, Science and Education Lab, CNPq, EBSERH, Fundação Euclides da Cunha, Prefeitura de Niterói, FAPERJ e CNPq que financiaram parcialmente este trabalho.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Yahiro DS, Abrantes JC, Magliano DC, Mesquita CT; Obtenção de dados: Yahiro DS, Abrantes JC, Mesquita CT; Análise e interpretação dos dados: Yahiro DS, Abrantes JC, Magliano DC; Obtenção de financiamento: Mesquita CT; Redação do manuscrito: Yahiro DS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Abrantes JC, Magliano DC, Mesquita CT.

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo.

Fontes de financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado por Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares/EBSERH, a Fundação Euclides da Cunha - Prefeitura de Niterói e a FAPERJ.

Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de mestrado de Juliana Cadilho da Silva Abrantes pelo Programa de Pós-graduação de Ciências Cardiovasculares da Universidade Federal Fluminense (PPGCCV UFF).

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Referências

1. Tait K, Poyade M, Clancy JA. eLearning and Embryology: Designing an Application to Improve 3D Comprehension of Embryological Structures. *Adv Exp Med Biol.* 2020;1262:19-38. DOI: 10.1007/978-3-030-43961-3_2
2. Alfalah SF, Falah JF, Muhaidat N, Elfalah M, Falah O. Investigating Learners' Attitudes Toward Virtual Reality Learning Environments in embryology education. *Modern Applied Science.* 2018;13(1):57. DOI:10.5539/mas.v13n1p57
3. Bergs T, Henrichs O, Wilms M, Prümmer M, Arntz K. Development of a voxelization tool for the calculation of vector-based workpiece representations. *Procedia CIRP.* 2021;100:7–12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.022>
4. Ammanuel S, Brown I, Uribe J, Rehani B. Creating 3D models from Radiologic images for virtual reality medical education modules. *J Med Syst.* 2019;43(6):166 DOI: 10.1007/s10916-019-1308-3
5. Trelease RB. From chalkboard, slides, and paper to e-learning: How computing technologies have transformed anatomical sciences education. *Anat Sci Educ.* 2016;9(6):583–602. DOI: 10.1002/ase.1620
6. Vukicevic M, Mosadegh B, Min JK, Little SH. Cardiac 3D printing and its future directions. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017;10(2):171–84. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.12.001
7. Pugliese L, Marconi S, Negrello E, Mauri V, Peri A, Gallo V, et al. The clinical use of 3D printing in surgery. *Updates Surg.* 2018 Sep;70(3):381-8. DOI: 10.1007/s13304-018-0586-5
8. Aiello VD, Mattos SS. Lista de Diagnósticos de Cardiopatias Congênitas da Classificação Internacional de Doenças 2011 (CID-11): Aspectos da Tradução para o Português. *Arq Bras Cardiol.* 2021;117(3):558-60. DOI: 10.36660/abc.20210143
9. Lu F-M, Eliceiri KW, Squirrell JM, White JG, Stewart J. Student learning of early embryonic development via the utilization of research resources from the nematode *Caenorhabditis elegans*. *CBE—Life Sci Educ.* 2008;7(1):64–73. DOI: 10.1187/cbe.07-09-0066
10. O'Reilly MK, Reese S, Herlihy T, Geoghegan T, Cantwell CP, Feeney RN, et al. Fabrication and assessment of 3D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine. *Am Anatomists.* 2016 Jan;9(1):71-9. DOI: 10.1002/ase.1538
11. Upson-Taboas CF, Montoya R, O'Loughlin VD. Impact of cardiovascular embryology animations on short-term learning. *Adv Physiol Educ.* 2019;43(1):55–65. DOI: 10.1152/advan.00121.2018
12. Yue C, Kim J, Ogawa R, Stark E, Kim S. Applying the cognitive theory of Multimedia learning: An analysis of medical animations. *Med Educ.* 2013;47(4):375–87. DOI: 10.1111/medu.12090



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons