

USO DE MÁQUINAS 3D E CORTADORES A LASER EM SIMULAÇÃO APLICADA À EDUCAÇÃO MÉDICA

USE OF 3D PRINTERS AND LASER CUTTERS FOR SIMULATION IN MEDICAL EDUCATION

Adail Orrith Liborio Neto¹ , Larissa Senna Rodrigues¹ ,
Izabel Feitosa da Mata Leite¹ , Adelina Mouta Moreira Neto¹ ,
Cintia Reis dos Santos da Silva¹ , Francisco Eduardo Silva¹ 

RESUMO

Introdução: As impressões tridimensionais (3D) têm obtido relevância em diversas áreas do conhecimento, especialmente na medicina. Com o advento da tecnologia, cada vez mais escolas médicas têm adotado o uso de prototipagem de estruturas humanas para aprimorar o treinamento dos estudantes, uma vez que a simulação produz um ambiente livre de riscos, no qual os alunos podem dominar com sucesso as habilidades relevantes para a prática clínica.

Métodos: O projeto foi estruturado a partir da pesquisa dos softwares de impressão; seleção dos segmentos anatômicos a serem impressos; análise de materiais para a confecção; estudo aprofundado das caixas de simulação usadas no treinamento em videocirurgia e, por fim, realização de um treinamento dos estudantes interessados no desenvolvimento das habilidades cirúrgicas.

Resultados: Por meio da impressão 3D, foram confeccionadas peças anatômicas para o ensino em anatomia, além de peças de silicone para treinamento de suturas manuais e videolaparoscópicas. O cortador a laser foi utilizado para fabricar caixas pretas, principalmente para simulações de cirurgia laparoscópica.

Conclusão: A utilização de materiais 3D no ensino médico tem se mostrado altamente promissora, com aumento da curva de aprendizado dos alunos envolvidos e ótima relação custo-benefício. Contudo, o acesso a essa tecnologia ainda é restrito no Brasil, o que dificulta a expansão do método para todas as escolas médicas nacionais.

Palavras-chave: *Simulação; impressão tridimensional; educação médica; procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos*

ABSTRACT

Introduction: Three-dimensional (3D) printing has become relevant in several areas of knowledge, especially Medicine. With the advent of technology, medical schools started using prototypes of human structures to improve student training, given that simulation provides a risk-free environment where students can successfully master relevant skills for clinical practice.

Methods: The present study consisted of research about printing software, selection of anatomical segments for printing, analysis of printing materials, study of simulation boxes used in video-assisted surgery training, and training of students interested in developing surgical skills.

Results: 3D printing was used to fabricate anatomical models for teaching anatomy and silicone models for manual and video-assisted laparoscopic suture training. Laser cutters were used to manufacture black boxes, mainly for laparoscopy simulation.

Clin Biomed Res. 2022;42(3):251-257

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé, RJ, Brasil.

Autor correspondente:

Adail Orrith Liborio Neto
adail_orrith@ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rua Aloízio da Silva Gomes, 50
27930-560, Macaé, RJ, Brasil.

Conclusion: The use of 3D printing in medical education is highly promising, with an improved learning curve among students and an excellent benefit-cost ratio. However, access to this technology is still limited in Brazil, which makes it difficult to expand the method to all national medical schools.

Keywords: *Simulation technique; printing, three-dimensional; education, medical; minimally invasive surgical procedures*

INTRODUÇÃO

Concebido inicialmente na década de 1980 por Charles Hull, o uso de materiais para formar estruturas tridimensionais, por meio de coordenadas cartesianas em software de computador em três dimensões (3D), tem, ao longo dos anos, avançado com a utilização de materiais bioinertes como hidrogéis, cerâmicas, polímeros e, até mesmo, vidros bioabsorvíveis¹. O interesse por sua aplicação na medicina tem aumentado, incluindo áreas da educação médica, planejamento cirúrgico, produção de instrumentos e confecção de próteses².

Existem, atualmente, muitos aplicativos de software disponíveis que funcionam como uma tela tridimensional para a qual um objeto pode ser projetado ou transposto. Esses programas de software podem converter seções transversais de imagens produzidas em tomografia computadorizada ou ressonância magnética nuclear em projetos para um computador tridimensional. As impressoras 3D, por sua vez, funcionam disparando sequencialmente camadas sobre camadas de um determinado material para obter uma estrutura tridimensional. O custo dessas impressões é variável, pois depende do tipo de material utilizado e do tamanho da estrutura. Todavia, avanços no desenvolvimento de materiais têm permitido a redução destes custos e, de igual modo, a curva de aprendizado neste campo tem evoluído, assim como a acessibilidade à tecnologia^{2,3}.

Nessa perspectiva, a impressão 3D revolucionou a prototipagem e encontrou aplicações em diversas áreas do conhecimento. Na medicina em particular, esta tecnologia tem importância notória em especialidades médicas como ortopedia, cirurgia maxilofacial, neurocirurgia, cirurgia cardíaca, entre muitas outras. Assim, mudanças em antigos padrões do trabalho médico e na cultura de segurança estão exigindo revisão fundamental do ensino médico e levando a maior demanda por treinamento não baseado no paciente^{4,5}.

Desse modo, algumas escolas médicas têm adotado o uso de prototipagem de estruturas humanas para aprimorar o treinamento dos estudantes. A simulação produz um ambiente livre de riscos, no qual os alunos podem dominar com sucesso as habilidades relevantes para a prática clínica. Além disso, permite que erros de diagnóstico ou gerenciamento sejam desenvolvidos e acompanhados até sua conclusão natural. Portanto, a simulação prática por meio de protótipos tridimensionais permite que os alunos consolidem habilidades práticas

e interpessoais básicas, para que possam maximizar as oportunidades de aprendizagem⁵.

MÉTODOS

Semanalmente, eram organizadas reuniões de equipe, que ocorriam no Laboratório Inovar e Aprender (LabInovar), situado no Polo Universitário de Macaé, para desenvolvimento das atividades de impressão 3D de segmentos anatômicos mediante o uso de material sintético de variadas características, como consistência e elasticidade, com objetivo de obter peças de elevada similaridade aos segmentos corporais reais.

O projeto foi estruturado de forma a contemplar as seguintes etapas: (1) pesquisa dos softwares de impressão; (2) escolha dos segmentos anatômicos a serem impressos; (3) pesquisa de materiais para confecção visando máxima similaridade com a realidade; (4) estudo aprofundado das caixas de simulação usadas no treinamento em videocirurgia, o que inclui os tipos de pinças utilizadas para o treinamento; (5) treinamento dos estudantes interessados no desenvolvimento das habilidades cirúrgicas.

RESULTADOS

O projeto contou com a fabricação de peças a serem utilizadas na simulação de procedimentos básicos em medicina e saúde, como cricotireoidostomia e traqueostomia. Além disso, foram confeccionadas peças anatômicas para o ensino e aprendizagem em anatomia, tais como vértebras, costelas e coração, pela universidade (Figura 1).

Uma máquina cortadora a laser foi utilizada para a fabricação de caixas pretas de simulação de técnicas cirúrgicas, em especial laparoscópica. Tratam-se de caixas confeccionadas em fibra de média densidade (MDF) com furações específicas para inserção das pinças laparoscópicas (Figura 2). Ainda, uma câmera foi inserida na caixa a fim de facilitar a visualização dos movimentos executados através de um computador portátil.

Ademais, foram desenvolvidas peças de silicone nas impressoras 3D para treinamento de suturas, tanto manuais como suturas laparoscópicas (Figura 3). Para tanto, utilizou-se um molde confeccionado pela impressão 3D e foi adicionado aos sulcos do material impresso uma quantidade de silicone industrial na confecção do protótipo utilizado para simular o tecido humano e auxiliar na aprendizagem de suturas.



Figura 1: Segmento de vértebra anatômica impresso em 3D.



Figura 2: Caixa de fibra de média densidade para simulação de técnicas cirúrgicas.



Figura 3: Protótipos de sutura moldados na impressora 3D e preenchidos com silicone para treinamento de suturas manuais e laparoscópicas.

As caixas pretas de simulação foram produzidas pela cortadora a laser e os protótipos de sutura foram moldados na impressora 3D e preenchidos com silicone. Os materiais cirúrgicos, como pinças laparoscópicas, que seriam descartados em cirurgias laparoscópicas reais foram doados para o projeto. Assim, fizemos uma busca ativa para encontrar tutoriais sobre a

técnica cirúrgica laparoscópica, replicando em nosso material esse conhecimento. Com o auxílio de uma câmera inserida em um espaço específico da caixa e com o uso das pinças laparoscópicas doadas foi possível realizar o treinamento e a simulação de procedimentos laparoscópicos, sendo os movimentos visualizados através de laptop (Figuras 4 e 5).



Figura 4: Uso da caixa e pinça com auxílio de câmera para simular técnicas cirúrgicas laparoscópicas.

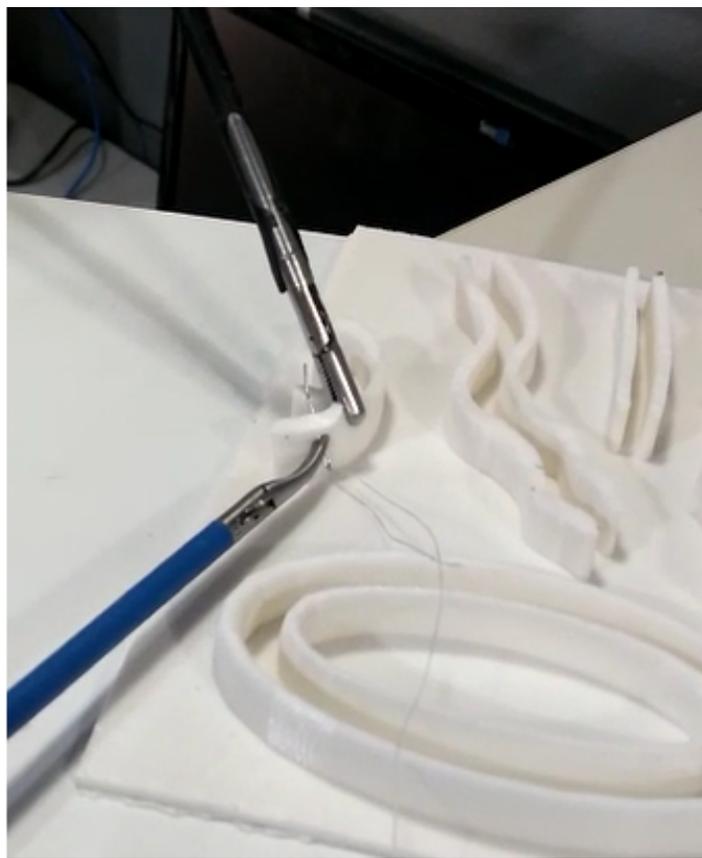


Figura 5: Treinamento de suturas através de pinças laparoscópicas.

Ao possibilitar a produção de alguns desses materiais, o Laboratório Inovar e Aprender proporcionou a oportunidade de aproximar essa tecnologia na graduação de modo menos dispendioso e replicável. Portanto, espera-se que essa construção de conhecimento seja difundida para outros estudantes do curso de Medicina bem como para outras áreas da saúde do campus Macaé, diminuindo a distância entre a graduação e a videocirurgia, sem que seja necessário aguardar que a residência seja o primeiro contato com essa técnica que, além de enriquecer a vivência dos estudantes em cirurgia, pode despertar tal habilidade ainda na graduação.

Assim, as simulações se tornaram possíveis graças à minuciosa pesquisa sobre materiais cuja relação custo-benefício foi primordial na tentativa de se obter materiais com elevada similaridade com tecidos humanos. Embora o objetivo final da simulação tenha sido alcançado, as peças confeccionadas possuíam algumas divergências de densidade e/ou supressão de especificidades em relação aos órgãos reais haja vista que os materiais utilizados não apresentavam a correlação desejável, especialmente devido à limitação dos recursos financeiros disponíveis para o projeto.

DISCUSSÃO

O estudo da anatomia nas universidades ocorre por meio do uso de cadáveres, do estudo de livros didáticos e de diagramas bidimensionais. No entanto, é sabido que o ensino médico baseado na dissecação de cadáveres tem reduzido, principalmente pelos altos custos de manutenção em laboratórios e depósitos, além da redução nas doações de corpos às universidades⁶. Nesse contexto em que as dissecações cadavéricas são limitadas, os alunos tornam-se mais dependentes de livros didáticos, explicações verbais e representações visuais bidimensionais, o que resulta em um aprendizado menos eficaz e menor retenção de conhecimento⁷.

Muitas faculdades de medicina têm buscado alternativas de suporte aos ensinamentos baseados em cadáveres, como o uso de plastinação, imagens formuladas a partir de softwares anatômicos 3D, além da tecnologia de impressão de protótipos 3D. Modelos anatômicos moldados tornaram-se mais facilmente disponíveis, mas, embora muito úteis para o aprendizado, podem agregar elevados custos. Por outro lado, peças plastinadas têm a vantagem de apresentar anatomia mais detalhada, embora dependam de preparo cuidadoso em sua confecção,

de profissionais qualificados e também possuem alto custo. A vantagem das reproduções impressas em 3D é que estão muito próximas à realidade em detalhamento anatômico, além de serem fáceis de reproduzir e, portanto, configuram uma alternativa viável a instituições de ensino cujo acesso a cadáveres é limitado, seja por razões locais, sociais ou mesmo culturais. Além disso, os modelos 3D permitem não só estudar a anatomia detalhada, mas também demonstrar diversas variações anatômicas^{6,7}.

No que diz respeito ao ensino da técnica operatória, simulações de procedimentos podem ser realizadas utilizando segmentos de órgãos como traqueia e laringe, para o procedimento de cricotireoidostomia e traqueostomia, por exemplo. Instrumentos cirúrgicos, como pinças e trocateres utilizados em videocirurgia, simulação em caixas pretas com órgãos de silicone a serem suturados são outros exemplos que podem ser utilizados pelo público-alvo. Com a tecnologia de impressão 3D personalizada, os modelos podem ser impressos em vários materiais, cujo custo depende principalmente do design do modelo e do tipo de material.

Dentro do ensino de anatomia ou cirurgia, os órgãos podem ser produzidos em softwares específicos e os materiais envolvidos na impressão desses órgãos na impressora 3D podem ser variados, de acordo com sua consistência e textura, proporcionando ao aluno o aprendizado em simulações de estruturas anatômicas com uma textura próxima da realidade, ajudando-o a aprender anatomia. Assim, a impressão 3D tem sido amplamente utilizada no meio educacional por fornecer simulações cada vez mais reais de situações práticas que envolvem gerenciamento adequado e treinamentos devidamente realizados^{2,3,8}.

É sabido que habilidades técnicas relacionadas à videolaparoscopia são específicas a tal e possui algumas peculiaridades quando comparadas à cirurgia aberta, mas ainda assim são consideradas essenciais para os aspirantes a residentes de cirurgia. É fundamental desenvolver uma boa percepção de profundidade, o que é dificultado pela visualização da imagem em uma tela bidimensional, feedback tátil limitado, além de instrumentos longos de difícil manuseio. Nesse campo, a simulação oferece a oportunidade de aprimoramento de habilidades básicas da técnica laparoscópica em um ambiente estruturado, de baixa pressão e livre de qualquer risco, especialmente quanto à segurança do paciente⁹⁻¹¹.

Nesse sentido, a utilização de caixas-pretas confeccionadas a partir de cortadores a laser para a simulação de técnicas laparoscópicas torna-se uma importante estratégia no âmbito da educação médica, principalmente por possibilitar treinamentos acessíveis e de qualidade. A confecção de segmentos anatômicos pelas impressoras 3D,

a fabricação de caixas pretas para videocirurgia e fórceps laparoscópicos podem auxiliar estudantes de medicina, residentes e médicos a desenvolverem a cognição necessária a essas práticas para aplicá-las com mais facilidade em situações reais. A realização e fabricação dessas peças para uso na simulação têm sido de grande interesse para alunos de graduação em medicina, com o auxílio de outras áreas de interesse como a engenharia.

O planejamento pré-operatório é outro importante item a ser explorado de modo mais fidedigno com a tecnologia 3D: uma cirurgia experimental, em modelos feitos de órgãos e tecidos com materiais diversos que simulam o tecido humano, torna o ambiente ainda mais real e permite que a cirurgia possa ser planejada com cautela, o que inclui posicionamento cirúrgico e paramentação pessoal.

Oussi et al.¹² avaliaram a diferença no treinamento laparoscópico para estudantes de medicina utilizando dois tipos de simuladores: um de baixo custo (semelhante ao usado em nosso projeto) e outro simulador de maior custo baseado em simulação de vídeo. Seus resultados indicaram um papel importante para o simulador laparoscópico de baixa tecnologia / baixo custo no aprendizado. Além disso, a experiência dos procedimentos em caixas pretas correlacionou-se com o desempenho dos alunos no simulador de vídeo. Nesse ínterim, o treinamento direcionado no simulador resulta em uma melhora significativa no desempenho das tarefas selecionadas. Isso sugere que a prática em um simulador de cirurgia, por exemplo, traduz-se em melhor desempenho com maior foco na segurança do paciente e permite que os cirurgiões desenvolvam habilidades para realizar uma atividade cirúrgica com segurança¹³.

Segundo Nogueira et al.¹⁴, médicos que realizaram treinamento em simuladores clínicos e / ou cirúrgicos apresentaram maior curva de aprendizado, uma vez que conseguiram realizar o mesmo procedimento várias vezes, aprimorando suas habilidades sem gerar risco para si ou para os pacientes. Portanto, a impressão 3D tem sido amplamente utilizada no meio educacional por fornecer simulações cada vez mais reais de situações práticas que envolvem gerenciamento adequado e treinamentos devidamente realizados. No nível de graduação em medicina, a quantidade de treinamento em habilidades clínicas aumentou significativamente, na tentativa de treinar médicos que estão cada vez mais preparados para a prática médica^{8,14}.

A impressão 3D de peças anatômicas para uso no ensino médico e na prática cirúrgica é promissora e possui excelente relação custo-benefício. Porém, a pouca acessibilidade a essa tecnologia no Brasil dificulta a ampliação do uso desse método nas

faculdades de medicina do país, fragilizando projetos que podem simular com mais precisão procedimentos médicos. Vale ressaltar que a simulação prática com peças produzidas em impressoras 3D não visa substituir a necessidade de aprendizado em um

ambiente clínico ou cirúrgico, mas sim, por meio de um ambiente de melhor preparo, ampliar a experiência clínica-cirúrgica do estudante de medicina/médico, além de aprimorar o atendimento e, especialmente, a segurança do paciente.

REFERÊNCIAS

1. Patel A, Cosman P, Desai S. Three-dimensional printing technology in surgery. *Surgery: Current Research*. 2015;6:1000255.
2. Jammalamadaka U, Tappa K. Recent advances in biomaterials for 3D printing and tissue engineering. *J Funct Biomater*. 2018;9(1):22.
3. AlAli AB, Griffin MF, Butler PE. Three-dimensional printing surgical applications. *Eplasty*. 2015;15:e37
4. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online*. 2016;15(1):115.
5. Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation – a continuum of medical education? *Med Educ*. 2003;37 Suppl 1:22-8.
6. McMenamin PG, Quayle MR, McHenry CR, Adams JW. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ*. 2014;7(6):479-86.
7. Preece D, Williams SB, Lam R, Weller R. "Let's get physical": advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy. *Anat Sci Educ*. 2013;6(4):216-24.
8. General Medical Council. *Tomorrow's doctors: recommendations on undergraduate medical education*. London: GMC; 1993.
9. Li MM, George J. A systematic review of low-cost laparoscopic simulators. *Surg Endosc*. 2017;31(1):38-48.
10. Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg*. 2004;91(12):1549-58.
11. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. 2004;13(Suppl 1):i2-10.
12. Oussi N, Enochsson L, Henningsohn L, Castegren M, Georgiou E, Kjellin A. Trainee performance after laparoscopic simulator training using a Blackbox versus LapMentor. *J Surg Res*. 2020;250:1-11.
13. Bric J, Connolly M, Kastenmeier A, Goldblatt M, Gould JC. Proficiency training on a virtual reality robotic surgical skills curriculum. *Surg Endosc*. 2014; 28(12):3343-8.
14. Nogueira JF Jr, Cruz DN. Modelos reais e simuladores virtuais em otorrinolaringologia: revisão da literatura. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010;76(1):129-35.

Recebido: 30 jan, 2022
Aceito: 14 abr, 2022