

O emprego da impressão tridimensional no planejamento cirúrgico

The use of tridimensional printing in surgical planning

Ana Paula Aparecida dos Santos Varela¹, Deivid Ramos dos Santos¹, Iasmin Maia Soares de Araújo¹, Daniela Ferreira Tramontin², Ana Carolina Cunha Costa², Charles Alberto Villacorta de Barros¹

Resumo **Objetivo:** Revisão integrativa da literatura sobre o emprego da impressão tridimensional no planejamento cirúrgico. **Método:** Caracteriza-se como revisão de literatura, de caráter descritivo-analítico que buscou artigos publicados em bases nacionais e internacionais, no período de 2009 a 2019. **Resultados:** Foram encontradas 15 artigos científicos que abordam a temática. Procedeu-se leitura prévia dos textos encontrados e eliminação das duplicidades, resultando em 12 artigos na íntegra que permitiram identificar os diversos enfoques da temática. **Conclusão:** O uso da impressão tridimensional no planejamento cirúrgico contribui significativamente para procedimentos pré-operatórios mais seguros e precisos além da vasta aplicabilidade no processo de simulação realística em diversos casos.

Descritores: impressão tridimensional; treinamento com simulação de alta fidelidade; procedimentos cirúrgicos eletivos.

Summary Purpose: To conduct integrative literature review on the use of three-dimensional printing in surgical planning. **Methods:** It is characterized as a descriptive-analytical literature review that sought articles published in national and international databases, from 2009 to 2019. **Results:** 15 scientific articles were found that address the theme. Previous reading of the texts found and elimination of duplicates were performed, resulting in 12 full articles that allowed the identification of the various approaches of the theme. **Conclusion:** The use of three-dimensional printing in surgical planning contributes significantly to safer and more accurate preoperative procedures and the wide applicability in the realistic simulation process in several cases.

Keywords: tridimensional printing; high fidelity simulation training; elective surgical procedures.

¹Universidade do Estado do Pará – UEPA, Programa de Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental – CIPE, Belém, PA, Brasil

²Universidade do Estado do Pará – UEPA, Laboratório de Cirurgia Experimental – LCE, Belém, PA, Brasil

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Recebido: Janeiro 06, 2020

Aceito: Abril 29, 2020

Trabalho realizado no Laboratório de Cirurgia Experimental – LCE, Universidade do Estado do Pará – UEPA, Belém, PA, Brasil.

 Copyright Varela et al. Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Introdução

A impressão tridimensional (3D) é usada em diversas áreas da engenharia mas somente nos últimos anos está ganhando espaço no campo da saúde, em especial, na medicina cujas aplicações englobam tanto pesquisas experimentais em nível acadêmico quanto em procedimentos cirúrgicos^{1,2}.

As impressoras 3D são empregadas na produção de protótipos tridimensionais, conhecidos como biomodelos, utilizados para auxílio no planejamento de cirurgias complexas, na confecção de ferramentas e próteses ou órteses personalizadas. O uso do modelo físico tridimensional, utiliza o *software* de processamento de dados de CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*) para a fabricação de biomodelos de alta precisão^{1,3}.

Para que esse processo ocorra é necessário seguir sequência de etapas que começam desde à aquisição das imagens radiográficas do paciente, seguidas de imagens diagnósticas adicionais (ressonância magnética, tomografia axial computadorizada ou tomografia volumétrica computadorizada) e conversão CAD, obtendo, uma imagem 3D do objeto a ser reproduzido. Logo após, realiza-se o armazenamento e transferência de arquivos de imagem para o *software InVesalius*, usado para manipulá-los e convertê-los e, finalmente, na impressão de biomodelos¹⁻⁴.

Os biomodelos são reproduções precisas, réplicas de alta fidelidade de órgãos ou tecidos, empregados no planejamento cirúrgico⁴. Ou seja, podem ser manipulados antes dos procedimentos cirúrgicos programados de modo a permitir simulações realísticas da cirurgia, para que a equipe cirúrgica estabeleça memória espacial antes de executá-la no paciente⁵.

Nesse sentido, o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer é um dos maiores difusores da impressão 3D no Brasil e também um dos pioneiros no país. Em 2014 já imprimia modelos tridimensionais que reproduziam partes do corpo humano, possibilitando intervenções mais rápidas, menos arriscadas e com custos menores⁶⁻⁸.

O objeto impresso apresenta as mesmas proporções do órgão do paciente, sendo usados para o planejamento, treinamento e teste de dispositivos cirúrgicos são confeccionados de diferentes materiais, representando ossos, órgãos e tecidos moles são produzidos em um único processo de impressão. Além desses benefícios podem ser utilizados para melhorar a comunicação médico / paciente e redução dos custos com diminuição do tempo cirúrgico, desperdício de materiais e medicamentos⁸⁻¹⁰.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão integrativa da literatura sobre o emprego da impressão tridimensional no planejamento pré-operatório.

Método

O presente estudo caracteriza-se como revisão integrativa de literatura, de caráter descritivo-analítico realizado nas seguintes bases de dados: *PubMed* e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *SciELO*, *Medline* e a *Lilacs*. A busca ocorreu por meio de descritores: impressão tridimensional; biomodelo; prototipagem rápida e suas traduções correspondentes refinados por meio da associação das palavras chave e o fator *booleano* "AND" ou "OR" nos mecanismos de pesquisa das próprias bases de dados. Essas palavras-chave foram determinadas por meio da pesquisa de termos DeCS em português e inglês.

Assim, o mapeamento ocorreu através da coleta de informações existentes nos artigos encontrados com posterior análise e extração de informações relacionadas ao ano de publicação, tipo de estudo, resultados encontrados e limitações da pesquisa. Cada documento foi estudado e a partir das informações de interesse, foram devidamente interpretados por todos os pesquisadores. Os critérios de inclusão foram artigos completos encontrados nas bases de dados em inglês e português sobre "impressão tridimensional" e "procedimentos cirúrgicos eletivos" publicados no período de 2009 a 2019, tendo como resultado amostra final de 10 artigos (Tabela 1).

Resultados

Após a pesquisa nas bases de dados, foram encontradas 25 produções científicas que abordaram a temática. Após aplicação dos critérios de inclusão/exclusão, restaram 15 artigos. Procedeu-se leitura prévia dos textos encontrados e eliminação das duplicidades, resultando em 12 artigos na íntegra que permitiram identificar os diversos enfoques da temática. Os estudos incluídos no presente trabalho podem ser analisados na Tabela 2.

Tabela 1. Método de busca eletrônica nas bases de dados, de 2009 a 2019

Base de dados	PubMed	Biblioteca Virtual em Saúde	Total
Descritores	<i>impressão tridimensional; procedimentos cirurgicos eletivos</i>		
Artigos encontrados	8	17	25
Artigos selecionados	6	9	15
Amostra final	6	4	10

Tabela 2. Artigos incluídos na presente pesquisa, estratificados por ano de publicação, tipo de estudo, resultados e limitações. Belém, Pará Brasil (2019)

Estudos	Tipo de estudo	Resultados	Limitações
Itagaki et al. ²	Relato de caso	Mulher 62 anos, portadora de múltiplos aneurismas da artéria esplênica, tratada cirurgicamente após uso de modelo vascular impressos em 3D para planejamento pré-operatório e orientação intra-operatória.	Modelos podem não ter a mesma suavidade, resistência, fragilidade da parede e fluxo endovascular de um sistema arterial real, e essas limitações devem ser consideradas durante o teste.
Waran et al. ³	Relatório original	Criação de vários modelos da cabeça de um paciente com uma pequena lesão talâmica profundo, utilizado como ferramenta de ensino em cirurgia.	Sem relato
Tam et al. ⁴	Artigo original	Descrever a prototipagem rápida de aneurismas na aorta com anatomia complexa do pescoço para facilitar o reparo do aneurisma endovascular, confirmando sua viabilidade e auxílio na tomada de decisões e na entrega do dispositivo.	Necessário mais trabalho para testar o valor das réplicas 3D nos procedimentos de planejamento e seu impacto no tempo do procedimento e custos.
Biglino et al. ⁶	Artigo original	Foi modelada em 3D a partir de imagens de ressonância magnética cardiovascular e prototipada rapidamente a anatomia da aorta descendente de um voluntário. O modelo de aorta hipoplásica compatível com o paciente, adequado para conexão em uma alça circulatória simulada para testes in vitro.	A principal limitação descrita foi pequeno número de amostras, devido ao número limitado de modelos disponíveis.
Olivieri et al. ⁵	Relato de caso	Utilização de imagens não invasivas para criar modelos 3D anatomicamente corretos de anatomia cardíaca complexa com transposição de grandes artérias podem ajudar no planejamento de procedimentos cirúrgicos e intervencionista.	Não descritas
Morawski et al. ¹⁰	Relatos de casos	Apresentaram relatos de casos em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial em paciente com osteorradionecrose associado à fratura patológica, ameloblastoma multicístico, sendo utilizada a prototipagem para adaptação da placa cirúrgica de reconstrução e por último um paciente com tumor epitelial calcificante.	Não descritas
Defagó et al. ¹¹	Relatos de casos	Relataram dois casos de crianças onde utilizaram biomodelo evidenciando a mal formação torácica para estudo. Primeiro caso, síndrome do desconforto respiratório por malformação vascular e segundo recém-nascido com malformação torácica.	Não descritas
Mothes et al. ¹²	Artigo original	Descrevem o uso da prototipagem rápida em resina acrílica na criação de modelos sintéticos tridimensionais para facilitar o entendimento das deformidades ósseas do ombro.	O número pequeno de casos e da ausência de um grupo controle.
Corrêa et al. ¹³	Relato de caso	Apresentaram relato de caso modelo de ressecção segmentar da mandíbula para tratamento de um ameloblastoma.	Não descritas
Assis et al. ¹⁴	Relato de caso	Relato da utilização do biomodelo no pré-operatório em um caso de uma ameloblastoma maxilar de natureza sólida.	Não descritas

Discussão

Modelos realísticos precisos são cada vez mais importantes para a medicina, principalmente, a partir do uso de modelos tridimensionais no planejamento cirúrgico. Para isso, usa-se *softwares*, dentre os quais destaca-se o *InVesalius*, o primeiro *soft* de código aberto no mundo que reconstrói imagens oriundas de aparelhos de tomografia computadorizada ou ressonância magnética, e faz a integração com as impressoras 3D^{6,11}, permitindo a impressão de biomodelos com as alterações apresentadas por cada paciente a ser abordado cirurgicamente¹².

A impressão 3D tem papel fundamental no treinamento da equipe pois permite a criação de modelos tridimensionais com propriedades físicas e morfológicas equivalentes às de tecidos biológicos, permitindo à equipe simular cada uma das etapas cirúrgicas, reduzindo riscos envolvidos no procedimento e melhor planejamento^{15,16}.

Tal fato tem contribuído para a elaboração de novas abordagens terapêuticas, mas também a dinamização de procedimentos cirúrgicos^{10,11}. Onde o uso do modelos de prototipagem auxiliam no entendimento do paciente sobre sua condição, possibilitando uma maior clareza diagnóstica e otimizam o plano de tratamento¹⁷.

Na ortopedia, podem ser utilizadas para obtenção de próteses personalizadas de alto desempenho, dispositivos biomédicos para casos especiais, soluções de guias e suporte a execução de procedimentos cirúrgicos, dispositivos de órtese otimizados, onde tem-se a possibilidade de traçar estratégias terapêuticas individualizadas com maior facilidade aumento a eficiência e reduzindo a possibilidade de erro^{4,13,18}.

O resultado disso é o melhor planejamento de modo a reduzir o risco de complicações pós-cirúrgicas, principalmente em procedimentos mais complexos e delicados. Como tem sido usado em casos de cardiopatias congênita, o biomodelo é impresso e realiza-se o treinamento de reparo mais adequado¹⁴. Como exemplo, tem-se o relato de caso de transposição de grandes artérias cuja abordagem só ocorreu após várias tentativas de passagem de cateter para o átrio venoso pulmonar em modelo impresso em 3D, planejando adequadamente a inserção do *stent*. Este caso demonstra como um modelo impresso de cardiopatia estrutural pode ajudar a planejar a abordagem intervencionista^{5,9}. Na cirurgia bucomaxilofacial, a impressão tridimensional é usada para produzir modelos anatômicos, guias e modelos cirúrgicos, implantes e moldes. As principais vantagens relatadas foram as possibilidades de planejamento pré-operatório, a precisão do processo utilizado e o tempo economizado na sala de cirurgia¹⁹⁻²¹.

Há relato da utilização do biomodelo na área de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial em caso de tumor intra-ósseo envolvendo ramo ascendente e corpo mandibular. Segundo os autores, o biomodelo foi utilizado com o intuito de minimizar a morbidade e otimizar o resultado. Permitiu, no pré-operatório, planejar e realizar o ensaio da ressecção parcial do osso da mandíbula, e a partir da osteotomia realizada no modelo e realizou-se a mensuração do enxerto ósseo a ser utilizado para a correção do defeito e, conseqüentemente, a escolha do sítio doador^{17,19}.

O alto custo da fabricação de biomodelos e o tempo necessário para produzir dispositivos pela atual tecnologia 3D, ainda limitam seu uso generalizado em hospitais²¹⁻²³.

Os modelos também podem ser usados em oficinas para ensinar alunos de cirurgia sobre procedimentos complexos, como a correção de aneurismas cerebrais. Por exemplo, modelos realísticos foram impressos e os estagiários foram avaliados quanto à realização bem-sucedida do procedimento de correção, bem como a duração e o número de tentativas para aprendê-los. Ao final da avaliação, todos os candidatos foram capazes de aprender o básico do procedimento cirúrgico. O uso desses modelos para simulação de treinamento cirúrgico permite que os treinados pratiquem esses procedimentos repetidamente em um ambiente seguro, até que possam dominá-lo^{3,8,9,16}.

Conclusão

O uso da impressão 3D no planejamento cirúrgico contribui significativamente para atos operatórios com boa aceitação da equipe, apresentando potencial crescente de uso no processo de tomada de decisão da equipe, corroborando para procedimentos cirúrgicos mais seguros e precisos, além da vasta aplicabilidade da impressão 3D no processo de simulação realística em diversos casos.

Referências

1. Barros AWP, Porto E, Lima JFS, Brito NMSO, Soares RSC. Steps for biomodel acquisition through additive manufacturing for health. Rev Gaúch Odontol. 2016 dez;64(4):442-6. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-8637201600030000123101>.

2. Itagaki MW. Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention: a technical advance. *Diagn Interv Radiol.* 2015;21(4):338-41. <http://dx.doi.org/10.5152/dir.2015.14469>. PMID:26027767.
3. Waran V, Narayanan V, Karupiah R, Pancharatnam D, Chandran H, Raman R, et al. Injecting realism in surgical training: initial simulation experience with custom 3D models. *J Surg Educ.* 2014;71(2):193-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsurg.2013.08.010>. PMID:24602709.
4. Tam MD, Laycock SD, Brown JRI, Jakeways M. 3D printing of an aortic aneurysm to facilitate decision making and device selection for endovascular aneurysm repair in complex neck anatomy. *J Endovasc Ther.* 2013;20(6):863-7. <http://dx.doi.org/10.1583/13-4450MR.1>. PMID:24325705.
5. Olivieri L, Krieger A, Chen MY, Kim P, Kanter JP. 3D heart model guides complex stent angioplasty of pulmonary venous baffle obstruction in a Mustard repair of D-TGA. *Int J Cardiol.* 2014;172(2):e297-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.12.192>. PMID:24447757.
6. Biglino G, Verschuere P, Zegels R, Taylor AM, Schievano S. Rapid prototyping compliant arterial phantoms for in - vitro studies and device testing. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15(1):2. <http://dx.doi.org/10.1186/1532-429X-15-2>. PMID:23324211.
7. Santos RN, Wahbe NR, Santos TSG, Silva BUAG. Metodologia para avaliação das estruturas poliméricas bioabsorvíveis na aplicação de stents para coarctação da aorta em neonatos. In: *Anais do XV Congresso da Sociedade Latina Americana de Biomateriais, Órgãos Artificiais e Engenharia de Tecidos*; 2018; João Pessoa. João Pessoa: SLABO; 2018.
8. Utiyama B, Hernandez C, Senra T, Gospos M, Sá R, Leme J, et al. Construção de biomodelos por impressão 3D para uso na prática clínica: experiência do instituto dante pazzanese de cardiologia. In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*; 2014; Uberlândia. Uberlândia: SBEB; 2014. p. 316-9.
9. Lauria A, Mayrink G, William R, Moreira F, Asprino L, Moraes M. Evaluation of the use of biomodels in sequelae of maxillofacial trauma. *Int J Odontostomatol.* 2013;7(1):113-6. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2013000100018>.
10. Morawski R, Pigozzi LB, Zetti FK, Tonietto L, Calcagnotto T. Utilização de prototipagens em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial: relato de casos. *Rev Fac Odontol.* 2016;21(3):420-6.
11. Defagó VH, Fernandez S, Chaile S, Robledo HM, Massano G, Alday A, et al. Biomodelo para la docencia de grado y postgrado en pediatría. *Rev Arg Morfol.* 2014;2(3):17-20.
12. Mothes FC, Britto A, Matsumoto F, Tonding M, Ruaro R. Application of three-dimensional prototyping in planning the treatment of proximal humerus bone deformities. *Rev Bras Ortop.* 2018;53(5):595-601. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2017.07.011>. PMID:30258825.
13. Corrêa APS, Brust AW, Jesus GP. Prototipagem rápida : um método auxiliar no tratamento de ameloblastoma – relato de caso. *Rev Odontol UNESP.* 2010;39(4):247-54.
14. Assis GM, Silva SRP, Moraes PH, Amaral JIQ, Silva JP, Germano AR. Stereolithographic modeling technology applied in mandibular reconstruction: a case report. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;5458:13-8.
15. Cunningham LL Jr, Madsen MJ, Peterson G. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(6):873-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2005.02.027>. PMID:15944992.
16. Narazaki D, Defino HLA, Meves R, Brock R, Barros T Fo, Teixeira W. *Da simulação à prática: cirurgia da coluna*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2019.
17. Matozinhos IP, Madureira AAC, Silva GF, Madeira GC, Oliveira IFA, Corrêa CR. Artigo original impressão 3D: inovações no campo da medicina. *Rev Interdiscip Cienc Méd.* 2017;55(31):143-62.
18. Oliveira M. Simuladores para a medicina: bonecos que imitam bebês e reproduções de partes do corpo humano produzidos em impressoras 3D inovam o ensino e o planejamento de cirurgias. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;(247):62-5.
19. Martelli N, Serrano C, van den Brink H, Pineau J, Prognon P, Borget I, et al. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: a systematic review. *Surgery.* 2016 jun;159(6):1485-500. PMID:26832986.
20. Guerra CLB No, Nagem DAP, Hékis HR, Coutinho KD, Valentim RAM. *Tecnologia 3D na saúde: uma visão sobre órteses e próteses, tecnologias assistivas e modelagem 3D*. 1. ed. Natal: EDFURN; 2018.
21. Oliveira NA, Roballo KCS, Lisboa AFS No, Sandini TM, Santos AC, Martins DS, et al. Bioimpressão e produção de mini-órgãos com células tronco. *Pesq Vet Bras.* 2017;37(9):1032-9. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-736x2017000900020>.
22. Souza T. Síntese e caracterização de termogel a base de quitosana/ácido hialurônico para produção de biotinta e bioimpressão 3D aplicada à engenharia de tecido cartilaginoso [tese]. Santo André: Universidade Federal do ABC; 2019.
23. Ferris CJ, Gilmore KJ, Beirne S, McCallum D, Wallace GG, in het Panhuis M. Bio-ink for on-demand printing of living cells. *Biomater Sci.* 2013;1(2):224-30. <http://dx.doi.org/10.1039/C2BM00114D>.

Autor correspondente

Deivid Ramos dos Santos
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Laboratório de Cirurgia Experimental – LCE
Passagem Maciel, 120, Bengui
CEP 66630-210, Belém, PA, Brasil
Tel.: (91) 98234 1393
E-mail: deivid_ramos45@hotmail.com

Informação sobre os autores

APASV, DRS e IMSA são pós-graduandos do Programa de Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental – CIPE/UEPA.
ACCC é acadêmico de medicina da Faculdade Metropolitana da Amazônia, UNIFAMAZ.
DFT é acadêmico de medicina da Universidade do Estado do Pará.
CAVB é professor doutor permanente do Programa de Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental – CIPE.

Contribuição dos autores

ACCC e DFT: escrita da introdução e método; APASV e IMSA: análise dos resultados; CAVB e DRS discussão do artigo e revisão final para publicação.

Todos os autores leram e aprovaram a versão final submetida ao Pará Research Medical Journal.