

Planejamento pré-operatório utilizando modelos de impressão 3D: revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados

Preoperative planning using 3D printing models: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials

Nathan Lucchese Bellé¹, Jorge Vicente Lopes da Silva², Jonas Cardona Venturini³
Bruna Eibel⁴, Pablo Maricevich⁵

RESUMO

Introdução: As impressões tridimensionais, criadas a partir dos anos 1980, são realidade em diversas áreas de atuação da sociedade moderna, sendo seu papel nas especialidades cirúrgicas cada vez mais relevante. Dentre os potenciais benefícios desta tecnologia, cita-se a possibilidade de avaliação pré-operatória, estimando de maneira precisa parâmetros de mensuração, aperfeiçoando a acurácia terapêutica, teoricamente reduzindo o tempo de permanência no bloco cirúrgico e, consequentemente, compensando o investimento do modelo tridimensional pela economia de custo. **Objetivo:** Analisar o efeito da utilização da impressão tridimensional na avaliação pré-operatória em parâmetros como tempo cirúrgico comparado ao controle (método tradicional sem utilizar impressão 3D) em pacientes submetidos a numerosos tipos de cirurgia. **Tipo de estudo:** Revisão sistemática de ECR com metanálise. Estratégia de busca: As fontes de estudos utilizadas foram as bases de dados: MEDLINE (via PubMed), EMBASE, Web of Science, Web of Knowledge e SCOPUS. Não foram realizadas limitações quanto ao idioma. O estudo foi registrado no PROSPERO: CRD42018110303. Critérios para seleção dos estudos: Somente ensaios clínicos randomizados nos quais a impressão 3D foi utilizada para avaliação pré-operatória. A população caracterizou-se por pacientes submetidos a cirurgias utilizando das impressões tridimensionais na avaliação pré-operatória. Os desfechos primários avaliados foram tempo cirúrgico, sangramento intraoperatório e número de fluoroscopias. **Resultados:** redução do tempo cirúrgico de 11.85 minutos (12.22, 11.49); menor sangramento intraoperatório em mililitros de 28.23 (30.15, 26.31); menos fluoroscopias, com redução de 1.84 (1.93, 1.76). **Conclusões:** A impressão tridimensional se traduz em uma tecnologia custo-efetiva quando considerados parâmetros de redução de gastos no ato operatório.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D, procedimentos cirúrgicos, custo-efetividade, metanálise

ABSTRACT

Introduction: Three-dimensional impressions, created from the 1980s onwards, are a reality in several areas of activity in modern society, and their role in surgical specialties is increasingly relevant. Among the potential benefits of this technology, there is the possibility of preoperative evaluation, accurately estimating measurement parameters, improving therapeutic accuracy, theoretically reducing the length of stay in the operating room and, consequently, compensating the investment of the three-dimensional model by cost savings. **Objective:** To analyze the effect of using three-dimensional printing in the preoperative evaluation on parameters such as surgical time compared to control (traditional method without using 3D printing) in patients undergoing numerous types of

¹ Mestre pelo PPG em Processos de Pesquisa e Inovação em Saúde pelo IC-FUC (Médico Radiologista no Hospital Divina Providência em Porto Alegre/RS)

² Doutor pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) (Diretor do CTI Renato Archer)

³ Pós-Doutorado em Governança Corporativa para Startups e Spin Offs em Parques Tecnológicos na FURB (Professor universitário, investidor e mentor de startups – Unisinos e Bruke Investimentos)

⁴ Doutorado-sanduíche realizado na Duke University, EUA, e Pós-Doutorado pelo IC/FUC em Ciências da Saúde (Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia do IC/FUC.)

⁵ Pós-graduado em Cirurgia Plástica pelo Instituto Ivo Pitanguy – RJ e Membro Efetivo da Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica (Cirurgião Plástico no Hospital da Restauração e Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco)

surgery. Type of study: Systematic review of RCT with meta-analysis. Search strategy: The sources of studies used were the following databases: MEDLINE (via PubMed), EMBASE, Web of Science, Web of Knowledge and SCOPUS. No language limitations were made. The study was registered in PROSPERO: CRD42018110303. Criteria for study selection: Only randomized clinical trials in which 3D printing was used for preoperative evaluation. The population was characterized by patients undergoing surgery using three-dimensional impressions in the preoperative evaluation. The primary outcomes assessed were surgical time, intraoperative bleeding and number of fluoroscopies. Results: Surgical time reduction of 11.85 minutes (12.22, 11.49); less intraoperative bleeding in milliliters of 28.23 (30.15, 26.31); fewer fluoroscopies, with a reduction of 1.84 (1.93, 1.76). Conclusions: Three-dimensional printing translates into a cost-effective technology when considering parameters of cost reduction in the surgical act.

KEYWORDS: 3D printing, surgical procedures, cost-effectiveness, meta-analysis

INTRODUÇÃO

O termo “impressão 3D” surgiu dos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento das indústrias automotiva e aeroespacial (1). A tecnologia foi desenvolvida nas décadas de 1980 e 1990, e as aplicações médicas foram relatadas inicialmente no começo dos anos 2000. A princípio, esses relatórios focavam na aplicação de próteses personalizadas, mas, à medida que a tecnologia melhorava, começaram a aparecer relatórios de uso de modelos anatômicos no planejamento pré-operatório (2-4). As imagens multiplanares com tomografia computadorizada e ressonância magnética deram origem a reconstruções em 3D, que melhoraram a avaliação da anatomia complexa. O processo de criação de modelos 3D a partir de dados digitais pode ser categorizado em quatro etapas principais: aquisição de imagens, segmentação de imagens, criação de um modelo 3D e transferência de dados de modelo para uma impressora 3D (5). No nível mais básico, a impressão 3D leva os dados de imagem das duas dimensões da tela do computador para as três dimensões do mundo real (2).

A sua utilização no campo cirúrgico vem sendo cada vez mais difundida, especialmente quando a pauta relacionada à redução de gastos no intraoperatório é fundamentada (6-9). Foi demonstrado que a utilização dos modelos de impressão tridimensional nos casos de pacientes submetidos a cirurgias ortopédicas e maxilofaciais provou a redução de uma média de 62 minutos na sala operatória, o equivalente a \$ 3720 salvos por paciente (10, 11).

Em um grande estudo de revisão sistemática da literatura, foram encontrados 227 artigos a respeito da utilização cirúrgica da impressora tridimensional. A maioria dos trabalhos descrevia o seu uso em guias cirúrgicos, modelos anatômicos e implantes personalizados, além de citar como mais relevante a utilização nas áreas de ortopedia, cirurgia maxilofacial, cirurgia craniana e cirurgia da coluna vertebral (12, 13). Os maiores benefícios apontados em relação ao uso dos modelos foram redução no tempo cirúrgico e aumento na acurácia do ato operatório (14).

A necessidade de melhorar a visualização e os resultados cirúrgicos deu origem a modelos anatômicos impressos em 3D, guias específicos para o paciente e próteses impressas em 3D. As crescentes aplicações cirúrgicas da impressão 3D

tornaram interessante analisar a implementação atual dessa nova tecnologia (12,15). É de suma importância o desenvolvimento de literatura voltada, especialmente em nível nacional, para o equilíbrio de potenciais vieses ainda relatados acerca da qualidade dos modelos adquiridos (16-19).

Referências atuais da literatura propõem, de maneira cada vez mais solidificada, que há tendência à redução do tempo operatório, bem como diminuição estatisticamente significativa da permanência do paciente em ventilação mecânica e na unidade de terapia intensiva (20, 21). Dessa forma, o maior desafio está em garantir fundos para modelos utilizados por médicos que possam ver os benefícios claros para seus pacientes, embora ainda sejam menos capazes de convencer seus gerentes da possível relação custo-benefício em favorecimento de um melhor atendimento (22).

Espera-se que o número de modelos gerados para planejamento de intervenções e até fabricação de implantes irá crescer de forma exponencial nos próximos anos. Neste sentido, é vital a realização de um estudo nos moldes propostos sobre este assunto tão pouco explorado e ainda carente de embasamento científico, principalmente por meio de uma revisão sistemática com meta-análise (4). Não há dúvidas de que a impressão 3D é uma tecnologia promissora, marcada para causar um impacto enorme no mundo médico e no tratamento de diversas condições patológicas. Inexoravelmente, a difusão desta tecnologia propiciará grandes benefícios aos pacientes e à sociedade (23).

MÉTODOS

Este estudo trata de uma revisão sistemática e meta-análise. Os métodos deste projeto de revisão sistemática seguiram as recomendações propostas pela *PRISMA Statement* (27). Os tipos de estudos incluídos foram ensaios clínicos randomizados nos quais a impressão tridimensional foi utilizada para avaliação pré-operatória de pacientes submetidos a diversas modalidades de cirurgia. A análise dos dados foi feita entre a comparação de pacientes submetidos a cirurgias com avaliação pré-operatória utilizando impressão 3D *versus* grupo controle (método tradicional).

Dentro da amostragem, a fonte de estudos foi baseada no banco de dados: *MEDLINE* (via PubMed), *EMBASE*, *Web of Science*, *Web of Knowledge*, *SCOPUS* e *GOOGLE ACADÊ-*

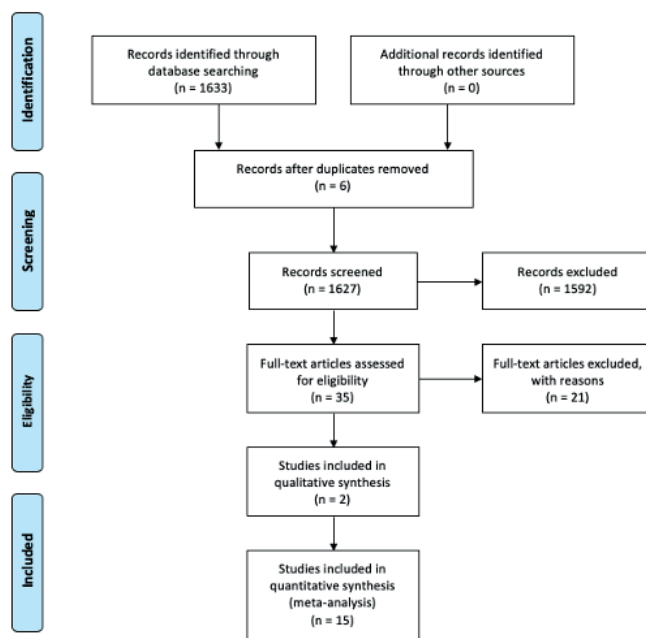
MICO. Foram utilizadas palavras-chave (MESH terms): *Printing, Three-Dimensional; Surgical Procedures; randomized controlled trial; controlled clinical trials*. Na busca na literatura, não houve restrição de linguagem e data (até novembro de 2018). A seleção dos estudos foi feita de forma independente por dois revisores, em que, primeiramente, títulos e resumos de todos os estudos foram identificados. Posteriormente, foram avaliados os artigos, dos quais os resumos não forneceram todas as informações sobre os critérios de inclusão e exclusão, e os artigos completos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão. As divergências entre os investigadores se resolveram por consenso e opinião de um terceiro revisor. Os critérios de inclusão dos estudos foram a utilização somente de ensaios clínicos randomizados em pacientes submetidos à avaliação pré-operatória, utilizando modelos de impressão tridimensional, avaliando desfechos como tempo cirúrgico, sangramento intraoperatório e número de fluoroscopias. Critérios de exclusão estabelecidos incluem estudos sem grupo comparador, não serem ensaios clínicos randomizados, bioimpressões tridimensionais e estudos utilizando animais.

Os dados foram extraídos por meio de dois investigadores independentes através da utilização de uma planilha padronizada, sendo analisados os desfechos estudados. O risco de viés foi avaliado por meio dos seguintes itens, com base na *Cochrane Tool*: geração da sequência randômica, sigilo da alocação, cegamento de participantes, profissionais e avaliadores, desfechos incompletos e relato de desfecho seletivo.

Dentro do método estatístico, foi utilizada diferença entre as médias e desvio-padrão da diferença entre as médias. Um modelo de efeito randômico posteriormente foi aplicado. A significância estatística foi de $p < 0.05$ e IC 95%. A avaliação da heterogeneidade deu-se através do teste Q de Cochran e teste de I^2 (inconsistência). Utilizou-se o software R para análise dos dados. Foi utilizada a diferença padronizada das médias (*standardized mean difference – SMD*), a qual consiste na divisão da diferença das médias dos dois grupos pelo desvio padrão comum a eles, gerando assim um valor correspondente à diferença em desvios-padrão entre as duas intervenções avaliadas.

RESULTADOS

O presente estudo foi delineado por meio de uma meta-análise de ensaios clínicos randomizados, com a busca inicial de 1633 artigos (Figura 1) nas plataformas de busca mais prevalentes, dos quais somente 6 deles foram excluídos por serem duplicatas. Posteriormente, por meio dos critérios de exclusão predeterminados, 1592 artigos foram tirados da análise, sobrando 35 deles aptos para elegibilidade na leitura íntegra. Por fim, 21 artigos foram excluídos da avaliação após a sua leitura por não se tratar de ensaios clínicos randomizados, permanecendo como resultado final 12 artigos para avaliação quantitativa e 2 para a qualitativa.



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed.1000097

Figura 1. Fluxograma baseado no Prisma Statement.

Na tabela de caracterização dos estudos apontados para análise quantitativa (Tabela 1), podemos observar uma importante tendência à publicação de meta-análises dentro dos moldes propostos em países asiáticos, bem como a propagação de estudos eminentemente a partir dos anos 2010 em diante. Dentro dos tipos de cirurgias, aquelas mais citadas foram as que envolveram reparos de estruturas ósseas, mas também citando o impacto e a relevância das cirurgias cardiovasculares. Como consequência do tipo cirúrgico envolvido na análise dos estudos, a média de idade dos participantes aproximou-se de 50 anos de idade, com mínimos desvios-padrão associados, bem como uma equivalência no gênero dos indivíduos envolvidos.

Citando a análise qualitativa dos dois artigos estudados, a comparação da utilização ou não de modelos de impressão tridimensional para avaliação pré-operatória demonstrou, em um dos estudos que envolveu cirurgias de oclusão de apêndice atrial esquerdo, a redução da utilização do contraste de 79.4 (+28) para 62.8 (+33) mililitros ($p < 0.27$), e do tempo de fluoroscopia de 25.3 (+10.8) para 19.8 (+7.7) minutos ($p < 0.07$). Em outro estudo, também envolvendo o mesmo tipo de cirurgia, observou-se, de maneira semelhante, uma redução no uso de contraste com a utilização das impressões tridimensionais, de 26.9 (+6.2) para 22.6 (+3.0) mililitros.

Os resultados quantitativos dos estudos avaliados após a rodar a meta-análise demonstraram, dentro da análise do parâmetro de tempo cirúrgico, uma tendência signifi-

Tabela 1. Caracterização dos estudos incluídos.

GRUPO INTERVENÇÃO						
Autores, ano	Tipo de cirurgia	Média idade	Desvio idade	n	Sex M	Sex F
Chen, 2015	Coluna lombar	52.3	0	20	9	11
Chen, 2017	Fratura radiocarpal	27.69	6.64	55	35	20
Dong, 2018	Malformação AV cerebral	0	0	7	0	0
Eng, 2018	Oclusão apêndice AE	79.9	6.7	12	8	4
Li, 2017	Oclusão apêndice AE	68.1	6.9	21	9	12
Li, 2018	Osteonecrose, cabeça femoral	42.30	9.20	20	11	9
Lou, 2017	Fratura platô tibial	52.6	2.8	34	18	16
Maini, 2018	Fratura acetabular	38.25	0	12	11	1
Shuang, 2016	Fratura intercondilar umeral	46.2	11.6	6	4	2
Wang, 2017	Ressecção tumor ósseo maligno	42.5	13.6	33	20	13
Yang, 2016	Fratura trimalleolar	0	0	15	0	0
You, 2016	Fratura umeral proximal	66.09	4.09	34	15	19
Zheng2, 2017	Fratura calcâneo	44.5	8.0	35	19	16
Zheng, 2017	Fratura intercondilar umeral	44.7	4.8	43	24	19
Zheng, 2018	Fratura tibia	41.2	9.3	45	35	10
GRUPO CONTROLE						
Autores, ano	Tipo de cirurgia	Média idade	Desvio idade	n	Sex M	Sex F
Chen, 2015	Coluna lombar	55.4	0	23	12	11
Chen, 2017	Fratura radiocarpal	29.15	6.86	52	30	22
Dong, 2018	Malformação AV cerebral	0	0	7	0	0
Eng, 2018	Oclusão apêndice AE	73.5	7.6	12	6	6
Li, 2017	Oclusão apêndice AE	70.4	8.6	21	11	10
Li, 2018	Osteonecrose, cabeça femoral	39.70	8.40	20	14	6
Lou, 2017	Fratura platô tibial	54.2	2.8	38	20	18
Maini, 2018	Fratura acetabular	40.39	0	13	12	1
Shuang, 2016	Fratura intercondilar umeral	40.3	10.9	7	6	1
Wang, 2017	Ressecção tumor ósseo maligno	44.7	15.5	33	18	15
Yang, 2016	Fratura trimalleolar	0	0	15	0	0
You, 2016	Fratura umeral proximal	66.28	4.10	32	12	20
Zheng2, 2017	Fratura calcâneo	46.7	6.2	40	25	15
Zheng, 2017	Fratura intercondilar umeral	44.5	4.5	48	25	23
Zheng, 2018	Fratura tibia	42.5	9.0	48	31	17

cativa para a redução do tempo utilizando as impressões tridimensionais (Figura 2) de 11.85 minutos (12.22-11.49); IC: 95%; Chi2 = 498.51; df= 11 (P<0,00001); I2= 98%. Na avaliação do sangramento intraoperatório (Figura 3), da mesma forma foi observada uma redução em mililitros de 28.23 (30.15-26.31); IC: 95%; Chi2 = 172.08; df= 8

(P<0,00001); I2= 95%. Por fim, a avaliação do número de fluoroscopias também mostrou resultado estatisticamente significativo (Figura 4), com redução de 1.84 (1.93-1.76); IC: 95%; Chi2= 151.55; df= 7 (P<0,00001); I2= 95%.

Dentro da análise quantitativa utilizando os parâmetros do SMD (*standardized mean difference*), foi observada, em relação ao tempo cirúrgico, uma variação entre 0.23 até 2.21. Quanto ao sangramento intraoperatório, os valores transitaram desde 0.76 até 2.31. Finalmente, no que tange ao número de fluoroscopias, as variações foram entre 0.66 até 5.65.

A qualidade metodológica foi avaliada por meio da ROB1.0 (Figura 5), determinando parâmetros de avaliação como geração da sequência randômica, que se mostrou de baixo risco em praticamente todos os artigos avaliados, e outras como sigilo da alocação, cegamento de participantes, profissionais e avaliadores, desfechos incompletos e relato de desfecho seletivo, estas basicamente de risco intermediário como uma média entre os estudos avaliados.

DISCUSSÃO

A impressão tridimensional é uma tecnologia cada vez mais em voga na sociedade moderna, com um potencial impacto em inúmeras áreas de atuação, entre elas, sem dúvida, estará incluída a médica. Sabe-se que, para um adequado funcionamento de um serviço hospitalar, a interação entre radiologista e médico referencista é fundamental, sendo necessária a criação de modelos cada vez mais acurados para que este propósito seja alcançado (4).

Além da fabricação de implantes, o papel dos modelos impressos em 3D a partir de imagens DICOM continua a crescer e é alimentado pela percepção crescente de que a utilização intraoperatória de imagens tridimensionais não é tão eficiente quanto ter um modelo físico idêntico

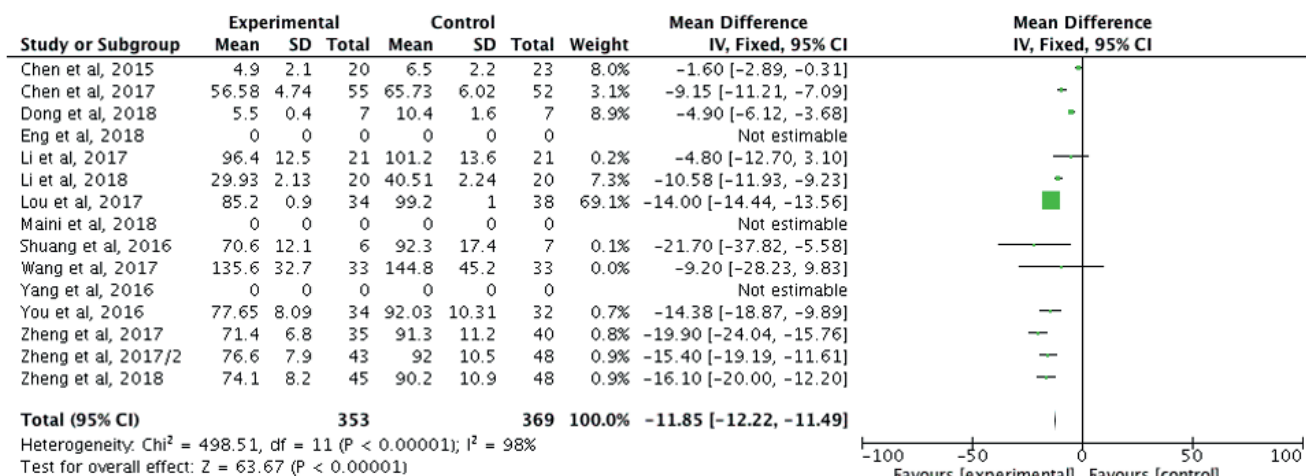


Figura 2. Tempo cirúrgico. Houve redução do tempo cirúrgico quando utilizada avaliação pré-operatória com impressões tridimensionais em 11.85 minutos (12.22-11.49); IC: 95%; Chi2 = 498.51; df= 11 (P<0,00001); I2= 98%.

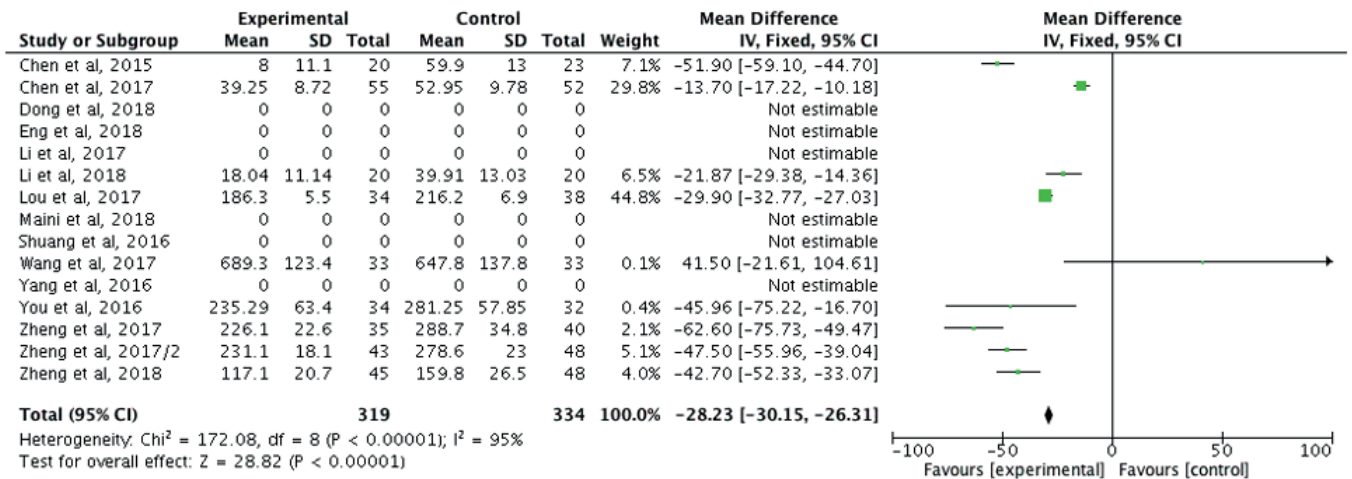


Figura 3. Sangramento intra-operatório. O estudo demonstrou redução de 28.23 mililitros (30.15-26.31); IC: 95%; $\chi^2 = 172.08$; $df = 8$ ($P < 0.00001$); $I^2 = 95\%$.

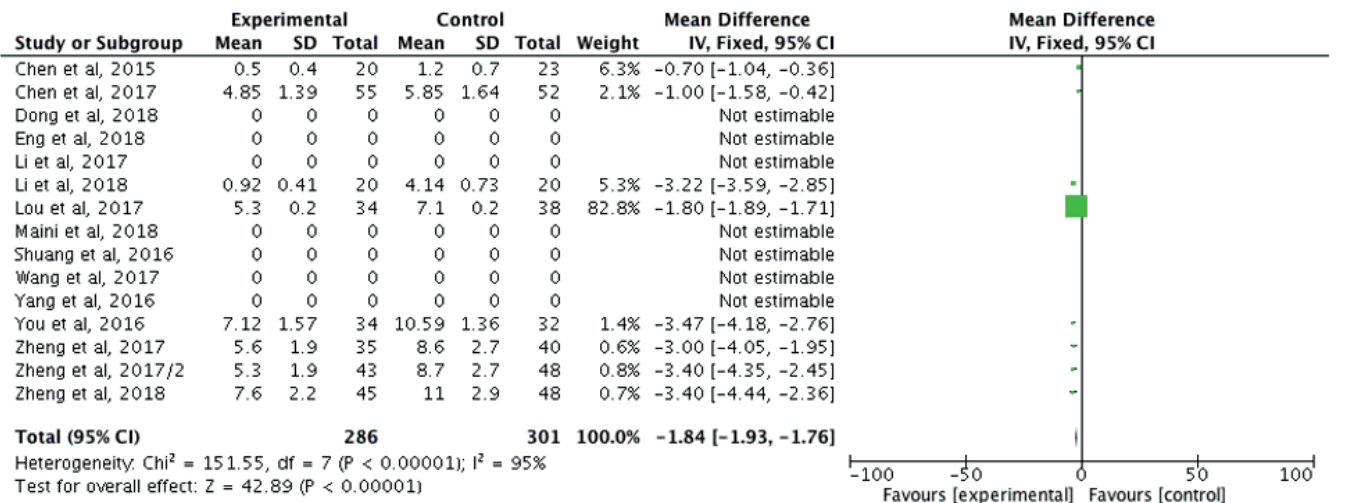


Figura 4. Número de Fluoroscopias. Foi demonstrada redução da necessidade de fluoroscopias em 1.84 (1.93-1.76); IC: 95%; $\chi^2 = 151.55$; $df = 7$ ($P < 0.00001$); $I^2 = 95\%$.

às estruturas do paciente, especialmente em intervenções altamente complexas. A partir disso, serão inevitáveis as reduções na morbidade, mortalidade e tempo de sala de operação. No entanto, mais dados organizados e prospectivos que suportem estas presunções são necessários para o desenvolvimento de diretrizes e, em última análise, avaliação de custo-efetividade.

Os resultados dos estudos sumarizam aspectos já evidentes na literatura internacional, corroborando a hipótese inicial de que, com a redução de parâmetros envolvendo aspectos de morbimortalidade cirúrgica, há tendência à compensação dos investimentos atuais nos modelos de impressão 3D. Cabe ressaltar, todavia, que a avaliação do tempo cirúrgico demonstrou uma heterogeneidade entre os estudos que potencialmente causaria

um certo viés de interpretação em relação aos diferentes tempos envolvidos em distintas complexidades cirúrgicas. Para que este dado fosse adequadamente homogeneizado entre os estudos, optou-se por uma medida estatística conhecida como SMD (*standardized mean difference*), a qual agrega diferentes aspectos entre os estudos em um único valor absoluto, capaz de driblar esta limitação de forma ao menos parcial. Assim, considera-se que o impacto de um estudo é pequeno com valores de SMD entre 0,2, médio para valores de 0,5 e, por fim, de alto impacto quando se aproxima de 0,8 (24).

Os artigos avaliados de modo geral foram estudos situados no continente asiático, envolvendo, primariamente, cirurgias ortopédicas e dois deles, oclusão do apêndice atrial esquerdo. Observou-se que o número de participantes dos estudos foi

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Chen et al, 2015	+	+	+	+	+	+	?
Chen et al, 2017	+	?	?	?	+	+	?
Dong et al, 2018	?	?	?	?	?	?	?
Eng et al, 2018	+	?	+	+	+	+	?
Li et al, 2017	+	?	?	?	+	+	?
Li et al, 2018	-	-	-	-	+	+	?
Lou et al, 2017	+	?	?	?	?	?	?
Maini et al, 2018	+	?	?	?	?	?	?
Shuang et al, 2016	+	?	?	?	?	?	?
Wang et al, 2017	-	-	-	-	+	+	?
Yang et al, 2016	+	?	?	?	?	?	?
You et al, 2016	+	?	?	?	?	?	?
Zheng et al, 2017	+	+	+	+	?	?	?
Zheng et al, 2017/2	+	?	?	?	+	+	?
Zheng et al, 2018	+	+	?	?	+	+	?

Figura 5. Avaliação do risco de viés dos estudos incluídos (qualidade metodológica - RoB 1.0)

adequadamente randomizado para que fatores como gênero e idade não gerassem erros de interpretação. Da mesma forma, pôde-se visualizar a tendência à participação de indivíduos aci-

ma dos 40 anos de idade, bem como uma importante observação em relação às datas de publicação, quase todas a partir dos anos 2010, ressaltando a inovação do trabalho em questão e a sua contemporaneidade.

Quanto à análise metodológica dos estudos, algumas limitações cabem aqui ser citadas, como a alta taxa de resultados intermediários nos quesitos avaliados conforme a ROB 1.0. Do mesmo modo, a utilização de erros-padrão na interpretação dos dados, como tempo cirúrgico e sangramento intraoperatório, causou a necessidade da conversão do mesmo em desvios-padrão para que pudessem ser rodadas as meta-análises, fato que, inevitavelmente, ocasionou a perda de alguns artigos para seleção e inclusão na análise final dos dados.

CONCLUSÃO

Espera-se que o número de modelos gerados para planejamento de intervenções e até fabricação de implantes irá crescer de forma exponencial nos próximos anos. Neste sentido, é vital a realização de um estudo nos moldes propostos sobre este assunto tão pouco explorado e ainda carente de embasamento científico, principalmente por meio de uma revisão sistemática com meta-análise (14). Não há dúvidas de que a impressão 3D é uma tecnologia promissora, marcada para causar um impacto enorme no mundo médico e no tratamento de diversas condições patológicas. Inexoravelmente, a difusão desta tecnologia propiciará grandes benefícios aos pacientes e à sociedade, por meio da comprovação de resultados promissores, como redução no tempo cirúrgico, sangramento intraoperatório e número de fluoroscopias.

REFERÊNCIAS

- Hull CW, inventor; UVP, Inc., San Gabriel, Calif., assignee. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. USA1986.
- Ballard DH, Trace AP, Ali S, Hodgdon T, Zygmunt ME, DeBenedictis CM, et al. Clinical Applications of 3D Printing: Primer for Radiologists. *Acad Radiol.* 2018;25(1):52-65.
- Biglino G, Capelli C, Wray J, Schievano S, Leaver LK, Khambadkone S, et al. 3D-manufactured patient-specific models of congenital heart defects for communication in clinical practice: feasibility and acceptability. *BMJ Open.* 2015;5(4):e007165.
- 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;159(6):1485-500.
- Hodgdon T, Danrad R, Patel MJ, Smith SE, Richardson ML, Ballard DH, et al. Logistics of Three-dimensional Printing: Primer for Radiologists. *Acad Radiol.* 2018;25(1):40-51.
- Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery - A literature review. *J Formos Med Assoc.* 2018;117(7):547-58.
- Tam CH, Chan YC, Law Y, Cheng SW. The Role of Three-Dimensional Printing in Contemporary Vascular & Endovascular Surgery A systematic review. *Ann Vasc Surg.* 2018.
- Hoang D, Perrault D, Stevanovic M, Ghiassi A. Surgical applications of three-dimensional printing: a review of the current literature & how to get started. *Ann Transl Med.* 2016;4(23):456.
- Bauermeister AJ, Zuriarrain A, Newman MI. Three-Dimensional Printing in Plastic and Reconstructive Surgery: A Systematic Review. *Ann Plast Surg.* 2016;77(5):569-76.

10. Ballard DH, Mills P, Duszak R, Weisman JA, Rybicki FJ, Woodard PK. Medical 3D Printing Cost-Savings in Orthopedic and Maxillofacial Surgery: Cost Analysis of Operating Room Time Saved with 3D Printed Anatomic Models and Surgical Guides. *Acad Radiol*. 2019.
11. Mashlach R, Mezhybovsky V, Nevler A, Gutman M, Ziv A, Khaikin M. Three-dimensional imaging improves surgical skill performance in a laparoscopic test model for both experienced and novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc*. 2014;28(12):3489-93.
12. 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.
13. Hsieh TY, Dedhia R, Cervenka B, Tollefson TT. 3D Printing: current use in facial plastic and reconstructive surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;25(4):291-9.
14. Diment LE, Thompson MS, Bergmann JHM. Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review. *BMJ Open*. 2017;7(12):e016891.
15. Squelch A. 3D printing and medical imaging. *J Med Radiat Sci*. 2018;65(3):171-2.
16. Weadock WJ. Quality Control in Medical 3D Printing. *Acad Radiol*. 2019.
17. Rogers-Vizena CR, Sporn SF, Daniels KM, Padwa BL, Weinstock P. Cost-Benefit Analysis of Three-Dimensional Craniofacial Models for Midfacial Distraction: A Pilot Study. *Cleft Palate Craniofac J*. 2017;54(5):612-7.
18. Katkar RA, Taft RM, Grant GT. 3D Volume Rendering and 3D Printing (Additive Manufacturing). *Dent Clin North Am*. 2018;62(3):393-402.
19. Randolph SA. 3D Printing: What Are the Hazards? *Workplace Health Saf*. 2018;66(3):164.
20. Zhao L, Zhou S, Fan T, Li B, Liang W, Dong H. Three-dimensional printing enhances preparation for repair of double outlet right ventricular surgery. *J Card Surg*. 2018;33(1):24-7.
21. Zheng W, Chen C, Zhang C, Tao Z, Cai L. The Feasibility of 3D Printing Technology on the Treatment of Pilon Fracture and Its Effect on Doctor-Patient Communication. *Biomed Res Int*. 2018;2018:8054698.
22. Eley KA. Centralised 3D printing in the NHS: a radiological review. *Clin Radiol*. 2017;72(4):269-75.
23. Langridge B, Momin S, Coumbe B, Woin E, Griffin M, Butler P. Systematic Review of the Use of 3-Dimensional Printing in Surgical Teaching and Assessment. *J Surg Educ*. 2018;75(1):209-21.
24. Faraone SV. Interpreting estimates of treatment effects: implications for managed care. *P T*. 2008;33(12):700-11.

✉ Endereço para correspondência

Nathan Lucchese Bellé

Rua Botafogo, 1373/902

90.150-053 – Porto Alegre/RS – Brasil

☎ (51) 8114-4445

✉ nlucbelle@gmail.com

Recebido: 14/3/2021 – Aprovado: 20/3/2021