

Desenvolvimento e validação mecânico-funcional de pinça laparoscópica impressa em 3 dimensões

Development and mechanical-functional validation of 3D-printed laparoscopic forceps

CARLOS MAGNO QUEIROZ DA CUNHA¹ ; ANA PAULA BOMFIM SOARES CAMPELO² ; LUCAS BUFFAT SALES³ ; IAN BARROS LEAL MALVEIRA ARY³ ; JOSÉ WALTER FEITOSA GOMES ACBC-CE⁴ ; MÁRCIO WILKER SOARES CAMPELO ACBC - CE^{1,5} .

R E S U M O

Introdução: a impressão em 3 dimensões permitiu o desenvolvimento de manufaturas aditivas únicas e acessíveis, inclusive na prototipagem e produção de pinças cirúrgicas. **Objetivo:** Demonstrar o desenvolvimento, a impressão em 3D e a validação mecânico-funcional de pinça laparoscópica do tipo apreensão. **Métodos:** a pinça foi desenhada em programa de computador e impressa em 3 dimensões com filamento de ácido poliláctico (PLA) e acrescida de 5 parafusos para melhor efeito de alavanca. Foram realizadas aferições de tamanho e peso, bem como testes mecânicos-funcionais de apreensão e rotação em laboratório com simulador validado. **Resultados:** denominada "Easylap", a pinça pesou 48 gramas, mediu 43 cm e foi impressa em 8 peças, levando em média 12 horas para sua produção. Ela permitiu a simulação das características funcionais de pinça laparoscópicas de apreensão, além de mecanismo de rotação e travamento por cremalheira. Porém sua força é reduzida devido ao material utilizado. **Conclusão:** é possível desenvolver pinça laparoscópica plástica de apreensão através de impressão em 3 dimensões.

Palavras-chave: Laparoscopia. Impressão Tridimensional. Educação Médica.

INTRODUÇÃO

A impressão em três dimensões (3D) permite a criação de manufaturas aditivas por meio de modelos digitais elaborados em computador^{1,2}. Sua criação, na década de 80, foi um marco industrial, tendo se diversificando e avançando em relação a novos equipamentos e materiais de impressão, variando desde polímeros plásticos, metais a bioimpressão com células^{3,4}.

No campo da saúde, uma das utilidades mais estudadas da impressão 3D é o desenvolvimento e a prototipagem em plástico de pinças cirúrgicas, já que, com esse advento, é possível personalizar e adaptar facilmente esses materiais, tornando-os mais leves e confortáveis, tanto para o cirurgião como para o paciente^{5,6}.

Em paralelo ao desenvolvimento de pinças, a impressão 3D também consegue inovar em treinamentos médicos, já que permite diversificar com plástico as ferramentas já utilizadas em simuladores e em modelos de ensino⁷⁻⁹.

Diante dos benefícios já descritos e da constante evolução dessa tecnologia, o presente estudo

tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento, a impressão em 3D e a validação mecânico-funcional de pinça laparoscópica do tipo apreensão denominada Easylap.

MÉTODOS

Desenvolvimento e impressão

Estudo de desenvolvimento tecnológico, no qual a Easylap foi modelada pelos autores utilizando o programa Solid Edge versão 2022 da Siemens. O desenho do produto (Figura 1) buscou incorporar os tradicionais modelos de pinças laparoscópicas de apreensão às necessidades específicas para manufaturas aditivas de impressão em 3D, uma vez que utilizando polímeros plástico algumas características como a resistência e maleabilidade são diferentes do metal comumente utilizado em pinças cirúrgicas.

Para impressão da pinça foi utilizado impressora 3D do tipo Fused Deposition Modeling (FDM) e filamento de ácido poliláctico (PLA).

1 - Centro Universitário Christus, Mestrado de Inovação Tecnológica em Saúde - Fortaleza - CE - Brasil 2 - Centro Universitário Christus, Curso de Medicina - Fortaleza - CE - Brasil 3 - Termit Engenharia Inovativa - Fortaleza - CE - Brasil 4 - Insituto Dr. José Frota, Serviço de Cirurgia Geral - Fortaleza - CE - Brasil 5 - Universidade Federal do Ceará, Departamento de Cirurgia - Fortaleza - CE - Brasil

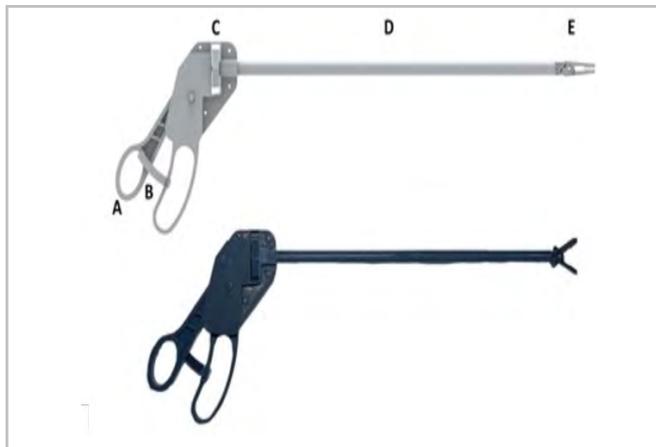


Figura 1. Projeto digital da pinça e pinça impressa e montada.

A Easylap é composta por 8 peças que foram impressas em uma única bandeja de impressão, levando em média 12 horas por pinça utilizando a melhor qualidade de impressão.

Montagem

Todas as peças após a impressão são polidas para melhor encaixe, sendo montadas conforme a Figura 2. Além disso, são posicionados 5 parafusos com 5 porcas de 1.4mm x 6mm em locais de inserção predefinidos e já impressos conforme Figura 1, sem necessidade de instrumentos de corte ou furadeira para encaixá-los. Esse acréscimo gera maior estabilidade da manopla e consequente melhor efeito de alavanca.

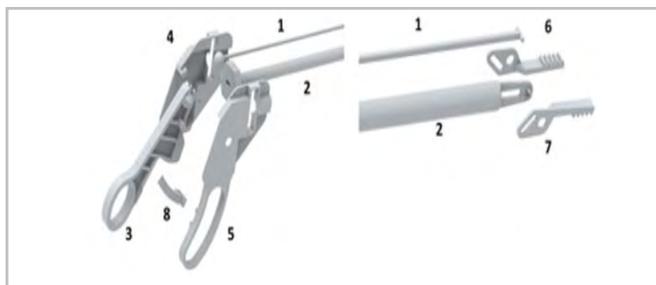


Figura 2. Montagem da pinça: Peça 1 é encaixada dentro da peça 2. A esfera da peça 1 é encaixada na peça 3. Com esse conjunto formado, são encaixadas lateralmente as peças 4 e 5 na extremidade proximal e as peças 6 e 7 na extremidade distal. O encaixe da peça 8 na extremidade proximal é opcional (cremalheira).

Testes mecânicos

Primeiramente, o protótipo foi pesado em balança de precisão, medido com paquímetro e transferidor. Para estimar a força de prensão da mandíbula, a pinça foi disposta a 0° e sua mandíbula foi acoplada a um dinamômetro digital que era submetido a uma tração manual até deformação da mandíbula da pinça. O valor foi registrado no dinamômetro em Quilograma-força (kgf) e convertido manualmente em Newton (N) conforme fórmula: 1 Quilograma-força = 9,81 Newtons. O teste supracitado foi realizado em 2 cenários, o primeiro apenas com a extremidade proximal fechada com a cremalheira e o segundo sem a cremalheira, porém com força externa (mão humana na extremidade proximal).

Testes funcionais

Foram realizados testes em laboratório utilizando simulador validado de cavidade abdominal – Endosuture Training Box® (Figuras 3 e 4)¹⁰.

A pinça foi introduzida no simulador utilizando trocater de 10mm e foram realizadas 4 tarefas:

1. Deslocamento de 5 feijões em 15 testes (75 movimentações) sem a cremalheira.
2. Deslocamento de 5 feijões em 15 testes (75 movimentações) com a cremalheira.
3. Movimentação de 100cm por estrutura tubuliforme de borracha que simula alças intestinais.
4. Rotação 360° da haste da pinça por meio do mecanismo da rotação por 100 vezes consecutivas.

RESULTADOS

Montada e com parafusos, a pinça pesou 48 gramas e mediu 43cm de comprimento quando totalmente aberta. A sua haste e as mandíbulas fechadas têm diâmetro de 9mm, sendo 30° o ângulo máximo de abertura das mandíbulas.

Com essa configuração, foram gastos cerca de 17 reais de matéria prima (PLA) e 2 reais com parafusos e porcas, totalizando em 19 reais o seu custo.

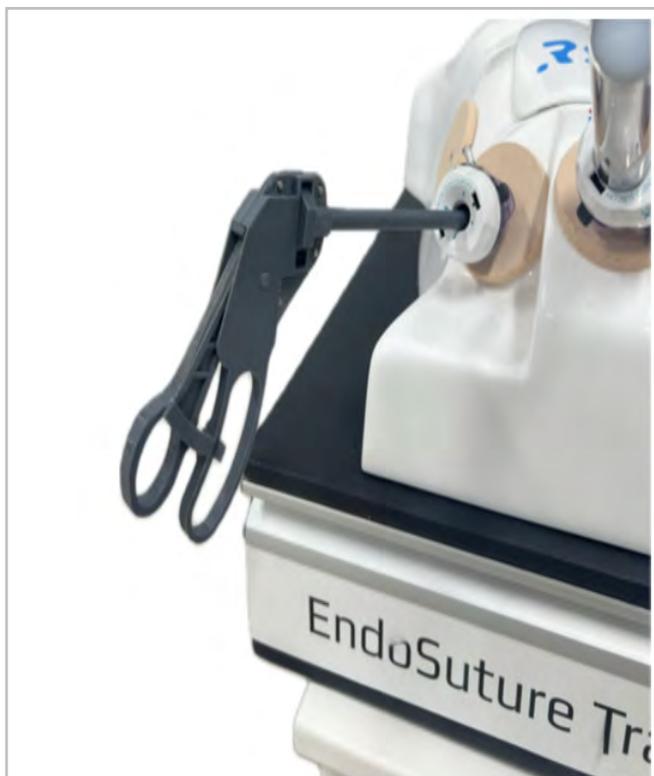


Figura 3. Vista lateral de pinça inserida em simulador laparoscópico.



Figura 4. Pinça sendo utilizada em simulador laparoscópico.

A pinça fechada, acoplada com a cremalheira e sem ajuda de força externa (mão humana) permaneceu com a mandíbula fechada até uma força de 1,71N. Da mesma forma, porém sem cremalheira e sua extremidade proximal fechada por mão humana, a mandíbula permaneceu fechada até uma força de 2,4N.

Nos testes funcionais, a pinça foi capaz de movimentar 5 feijões em 15 testes sem cremalheira e 15 testes com cremalheira (150 movimentações no total), bem como movimentar as alças por 100cm sem travamentos (Figura 4). O mecanismo de rotação da haste foi efetivo, apresentando 100 rotações completas sem travamentos.

DISCUSSÃO

A tecnologia de impressão 3D trouxe inúmeras facilidades para o mercado de desenvolvimento de tecnologias, inclusive no campo da Medicina. Porém, é necessária uma abordagem cuidadosa e responsável por parte dos profissionais de saúde, sempre baseado nos princípios éticos e científicos para testes e usos dentro da Medicina. Diante desses aspectos, devido nosso estudo ter desenvolvido a pinça utilizando o PLA, filamento plástico não esterilizável, nossa aplicação é restrita a prototipagem e treinamentos em laparoscopia, não podendo ser utilizado para outros fins.

Dentro dessa perspectiva, o fator impulsionador dessa tecnologia e o que a diferencia das pinças de treinamento produzidas em larga escala é a possibilidade de personalização e ajustes de acordo com cada usuário em todas as peças, ou seja, a pinça pode se adequar a mão do cirurgião, comprimento do caixa de treinamento, diâmetro do trocater, entre outras diversas combinações^{11,12}.

Em relação a custos, a impressão plástica permite inúmeras possibilidades de impressoras e materiais, sendo o custo variável e totalmente dependente desses fatores. Portanto para prototipagem de pinças, a impressão 3D é uma ferramenta essencial para o desenvolvedor, já que permite testes funcionais como os aqui realizados a custos acessíveis^{13,14}. Porém, para fabricação de pinças para uso cotidiano, sabe-se que a resistência e durabilidade do metal são superiores ao plástico impresso, bem como também não foram realizados estudo de durabilidade do PLA em pinças laparoscópicas, impossibilitando uma abordagem mais detalhado do custo-benefício.

Com os testes mecânicos-funcionais, é possível demonstrar que a impressão plástica permite simular as características funcionais de pinça laparoscópicas de apreensão, além de mecanismo de rotação e travamento por cremalheira. No entanto, devido às

limitações impostas pelo material utilizado, a resistência das mandíbulas é inferior a pinças laparoscópicas que chegam a 8,9N em testes semelhantes¹⁴.

Esses pontos reforçam a possibilidade de utilização de impressões plásticas para prototipagem de pinças laparoscópicas, bem como para treinamentos em laparoscopia, porém, mais estudos são necessários para entendermos o impacto dessa diferença mecânica nos modelos de ensino atuais.

CONCLUSÃO

É possível desenvolver e imprimir em impressora 3D pinças laparoscópicas plásticas de apreensão com as mesmas características funcionais de pinças comerciais, porém, devido ao material e técnica utilizadas nesse estudo, características como força e resistência não são equiparadas pinças convencionais.

ABSTRACT

Introduction: 3-dimensional printing has enabled the development of unique and affordable additive manufacturing, including the prototyping and production of surgical forceps. **Objective:** demonstrate the development, 3D printing and mechanical-functional validation of a laparoscopic grasping forceps. **Methods:** the clamp was designed using a computer program and printed in 3 dimensions with polylactic acid (PLA) filament and added 5 screws for better leverage. Size and weight measurements were carried out, as well as mechanical-functional grip and rotation tests in the laboratory with a validated simulator. **Results:** Called "EasyLap", the clamp weighed 48 grams, measured 43cm and was printed in 8 pieces, taking an average of 12 hours to produce. It allowed the simulation of the functional characteristics of laparoscopic pressure forceps, in addition to the rotation and rack locking mechanism. However, its strength is reduced due to the material used. **Conclusion:** It is possible to develop plastic laparoscopic grasping forceps through 3-dimensional printing.

Keywords: Laparoscopy. Printing, Three-Dimensional. Education, Medical.

REFERÊNCIAS

1. Liaw CY, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication*. 2017;9(2):024102. doi: 10.1088/1758-5090/aa7279.
2. Zaidi, S, Naik, P, Ahmed, S. Three-Dimensional printed instruments used in a Septoplasty: A new paradigm in Surgery. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2021;6(4):613-618. doi: 10.1002/lio2.579.
3. 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. doi: 10.1016/j.surg.2015.12.017.
4. George M, Aroom KR, Hawes HG, Gill BS, Love J. 3D Printed Surgical Instruments: The Design and Fabrication Process. *World J Surg*. 2017;41(1):314-9. doi: 10.1007/s00268-016-3814-5.
5. Culmone C, Lussenburg K, Alkemade J, Smit G, Sakes A, Breedveld P. A Fully 3D-Printed Steerable Instrument for Minimally Invasive Surgery. *Materials (Basel)*. 2021;14(24):7910. doi: 10.3390/ma14247910.
6. Rankin T, et al. 3D printing surgical instruments: are we there yet? *J Surg Res*. 2014;189(2):193-7. doi: 10.1016/j.jss.2014.02.020.
7. Garcia J, Yang ZL, Mongrain R, Leask RL, Lachapelle K. 3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future. *BMJ Simul Technol Enhanced Learn*. 2018;4(1):27-40. doi: 10.1136/bmjstel-2017-000234.
8. Li A, Tang R, Rong Z, Zeng J, Xiang C, Yu L, et al. The use of three-dimensional printing model in the training of Choledochoscopy techniques. *World J Surg*. 2018;42(12):4033-8. doi: 10.1007/s00268-018-4731-6.
9. Hojo D, Murono K, Nozawa H, Kawai K, Hata K, Tanaka T, et al. Utility of a three-dimensional printed pelvic model for lateral pelvic lymph node dissection

- education: a randomized controlled trial. *J Am Coll Surg*. 2019;229(6):552–9.e3. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2019.08.
10. Moura Júnior LG. Modelo acadêmico de ensino teórico-prático em vídeo cirurgia, por meio de novo simulador real de cavidade abdominal. Fortaleza, 2015. Doutorado [Tese]- Universidade Federal do Ceará. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15469>
 11. Culmone C, van Starckenburg R, Smit G, Breedveld P (2022) Comparison of two cable configurations in 3D printed steerable instruments for minimally invasive surgery. *PLoS One*. 2022;17(10):e0275535. doi: 10.1371/journal.pone.0275535.
 12. Zoccali F, Colizza A, Cialente F, Di Stadio A, La Mantia I, Hanna C, et al. 3D Printing in Otolaryngology Surgery: Descriptive Review of Literature to Define the State of the Art. *Healthcare (Basel)*. 2022;11(1):108. doi: 10.3390/healthcare11010108.
 13. Lee S, Ahn JY, Han M, Lee GH, Na HK, Jung KW, et al. Efficacy of a threedimensional- printed training simulator for endoscopic biopsy in the stomach. *Gut Liver*. 2018;12(2):149–57. doi: 10.5009/gnl17126.
 14. Frecker MI, Schadler J, Haluck RS, Culkar K, Dziedzic R. Laparoscopic multifunctional instruments: design and testing of initial prototypes. *JLS*. 2005 Jan-Mar;9(1):105-12.

Recebido em: 12/07/2023

Aceito para publicação em: 14/02/2024

Conflito de interesses: não.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Endereço para correspondência:

Carlos Magno Queiroz da Cunha

E-mail: carlosmagnoqc@gmail.com

