Sanitas
Revista arbitrada de ciencias de la salud
Vol. 5(especial4), 156-161, 2026
https://doi.org/10.62574/d9tkyf39

Modelos impresos en 3D como herramienta educativa en cirugía y anatomía: revisión sistemática

3D printed models as an educational tool in surgery and anatomy: a systematic review

Jefferson Jesús Calderón-Vega
jeffersoncv44@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0004-3893-8966

Allison Alejandra Pilataxi-Salán
allisonps78@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-7402-042X

John Eduardo Camino-Benavides
ua.johncb44@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0001-5362-5862

RESUMEN

Objetivo: sintetizar la evidencia sobre la eficacia de los modelos impresos en 3D en la enseñanza de la anatomía y el entrenamiento quirúrgico. **Método**: revisión sistemática según PRISMA 2020 de metaanálisis, revisiones sistemáticas, ensayos aleatorizados y estudios de validación indexados en PubMed y SciELO entre 2014 y 2025. **Resultados**: en anatomía, los modelos impresos en 3D produjeron resultados iguales o superiores a los del cadáver y las imágenes bidimensionales, con mayor satisfacción estudiantil y bajo costo. En cirugía, los simuladores impresos para anastomosis laparoscópica, cirugía endoscópica de senos paranasales, nefrectomía parcial robótica, trasplante renal robótico, rinoplastia y reparación dural mostraron validez y mejoras en el desempeño y la curva de aprendizaje. La mayoría de los estudios son pequeños y de seguimiento corto. **Conclusión**: los modelos impresos en 3D son un complemento eficaz y accesible, no un sustituto, de la disección y la práctica supervisada.
Descriptores: impresión tridimensional; anatomía; entrenamiento simulado. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: To synthesise the evidence on the effectiveness of 3D printed models in anatomy teaching and surgical training. **Method**: Systematic review according to PRISMA 2020 of meta-analyses, systematic reviews, randomised trials and validation studies indexed in PubMed and SciELO between 2014 and 2025. **Results**: In anatomy, 3D printed models produced results equal or superior to cadavers and two-dimensional images, with greater student satisfaction and low cost. In surgery, printed simulators for laparoscopic anastomosis, endoscopic sinus surgery, robotic partial nephrectomy, robotic kidney transplantation, rhinoplasty and dural repair showed validity and improvements in performance and learning curves. Most studies are small with short follow-up. **Conclusion**: 3D printed models are an effective and accessible complement to, not a substitute for, dissection and supervised practice.
Descriptors: printing, three-dimensional; anatomy; simulation training. (Source, DeCS).

Recibido: 15/08/2026. Revisado: 21/08/2026. Aprobado: 21/09/2026. Publicado: 01/10/2026.
Original breve

INTRODUCCIÓN

Aunque la impresión en 3D nació en la industria, en pocos años ha llegado a las aulas de anatomía y a los laboratorios de simulación quirúrgica. Ventola describió sus aplicaciones médicas, desde la fabricación de prótesis y guías quirúrgicas hasta la producción de modelos anatómicos a partir de imágenes de tomografía y resonancia (1). En la enseñanza, McMenamin et al. mostraron que es posible reproducir especímenes anatómicos con alta fidelidad y a bajo costo, sin los problemas éticos y logísticos asociados al uso de cadáveres (2).

En ese sentido, la formación médica busca herramientas que permitan comprender la anatomía en tres dimensiones y practicar procedimientos sin riesgo para los pacientes. Ahora bien, la pregunta relevante es si estos modelos mejoran de verdad el aprendizaje o solo resultan atractivos. Por ello, el objetivo de esta revisión fue sintetizar la evidencia sobre la eficacia de los modelos impresos en 3D en la enseñanza de la anatomía y el entrenamiento quirúrgico.

MÉTODO

Desde un enfoque cualitativo, se realizó una revisión sistemática siguiendo la declaración PRISMA 2020 (3). La pregunta de investigación fue: en estudiantes de Medicina y médicos en formación, ¿mejoran los modelos impresos en 3D el aprendizaje anatómico y las habilidades quirúrgicas en comparación con los métodos convencionales?

En cuanto a la búsqueda, se consultaron PubMed y SciELO con combinaciones de los términos three-dimensional printing, 3D printed models, anatomy education, surgical training, simulation y medical students, y sus equivalentes en español. Se incluyeron metaanálisis, revisiones sistemáticas, ensayos aleatorizados y estudios

de validación publicados entre 2014 y 2025 en inglés o español. Se excluyeron reportes de casos clínicos sin componente educativo y publicaciones sin revisión por pares. La síntesis fue cualitativa, organizada en anatomía y cirugía.

RESULTADOS

Enseñanza de la anatomía

A grandes rasgos, la evidencia en anatomía es favorable. El metaanálisis de Ye et al. mostró que los estudiantes que aprendieron con modelos impresos en 3D obtuvieron resultados iguales o superiores a los de los grupos convencionales en neuroanatomía, anatomía cardíaca y abdominal, con mayor precisión, menor tiempo de respuesta y mayor satisfacción (4). La revisión sistemática de Brumpt et al. concluyó que estos modelos son factibles a bajo costo y eficaces para enseñar anatomía, con un impacto positivo en el aprendizaje y la satisfacción (5). En un ensayo aleatorizado, Lim et al. observaron que los estudiantes que estudiaron la anatomía cardíaca externa con modelos impresos obtuvieron resultados iguales o superiores a quienes usaron especímenes cadavéricos (6).

Entrenamiento quirúrgico

En cuanto a la cirugía, la revisión de Langridge et al. describió el uso creciente de modelos impresos para la enseñanza y la evaluación de habilidades quirúrgicas en distintas especialidades (7), y Jiang et al. confirmaron su aplicación actual en simuladores para el entrenamiento quirúrgico (8). Entre los estudios específicos, Xia et al. demostraron que el entrenamiento con modelos impresos de anastomosis intestinal intracorpórea mejoró el desempeño laparoscópico y acortó la curva de aprendizaje (9), y Suzuki et al. observaron que la práctica repetida con modelos impresos de senos paranasales mejoró la destreza en cirugía endoscópica funcional (10).

Respecto a la cirugía robótica y reconstructiva, Hermans et al. validaron un modelo impreso para la nefrectomía parcial asistida por robot (11), Campi et al. desarrollaron el primer modelo totalmente impreso para el trasplante renal robótico (12), y Rehman et al. mostraron que los modelos impresos mejoraron la comprensión y la confianza de los residentes en rinoplastia (13). Del mismo modo, Kim et al. emplearon modelos impresos de cardiopatías congénitas en estudiantes de pregrado con buena aceptación (14), y Nebor et al. desarrollaron un modelo para entrenar la reparación dural por vía endoscópica endonasal (15).

DISCUSIÓN

De entrada, la evidencia revisada respalda los modelos impresos en 3D como una herramienta eficaz para la enseñanza de la anatomía, con resultados comparables o superiores a los métodos convencionales (4-6). La verdad es que poder sostener en la mano una réplica exacta de un corazón con una cardiopatía congénita, o de un hígado con sus segmentos, acerca al estudiante a la realidad del paciente de un modo que el atlas no logra.

Ahora bien, en el entrenamiento quirúrgico la evidencia procede sobre todo de estudios de validación y de muestras pequeñas (9-15), lo que impide afirmar su superioridad sobre otros simuladores o sobre la práctica supervisada. Por otra parte, su principal ventaja frente a la realidad virtual o la mesa de disección virtual es la retroalimentación táctil y el costo relativamente bajo, lo que los hace atractivos para facultades latinoamericanas con recursos limitados. Dicho de otro modo, una impresora y un archivo de tomografía pueden ampliar el acceso a la práctica de procedimientos complejos.

Entre las limitaciones, la mayoría de los estudios evalúa resultados inmediatos o la percepción de los participantes, con escaso seguimiento y sin datos sobre el desempeño con pacientes reales.

CONCLUSIÓN

Los modelos impresos en 3D mejoran el aprendizaje anatómico con resultados iguales o superiores a los métodos convencionales y con alta satisfacción estudiantil, y en cirugía muestran validez y beneficios en el desempeño y la curva de aprendizaje en diversas especialidades. No obstante, la evidencia quirúrgica procede de estudios pequeños y de corto plazo. En consecuencia, estos modelos deben integrarse como un complemento accesible de la disección, la simulación y la práctica supervisada, dentro de programas evaluados de forma sistemática.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A UNIANDES.

REFERENCIAS

1. Ventola CL. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. P T. 2014;39(10):704-11.
2. 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.
3. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
4. Ye Z, Dun A, Jiang H, Nie C, Zhao S, Wang T, et al. The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. BMC Med Educ. 2020;20(1):335.
5. Brumpt E, Bertin E, Tatu L, Louvrier A. 3D printing as a pedagogical tool for teaching normal human anatomy: a systematic review. BMC Med Educ. 2023;23(1):783.
6. Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenamin PG. Use of 3D printed models in medical education: a randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. Anat Sci Educ. 2016;9(3):213-21.
7. 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.

8. Jiang Y, Jiang H, Yang Z, Li Y. The current application of 3D printing simulator in surgical training. Front Med (Lausanne). 2024;11:1443024.
9. Xia J, Wu J, Chen H, Mao J, Xu X, Zhang J, et al. Assessment of laparoscopic intracorporeal intestinal anastomosis training using simulation-based 3D printed models: exploring surgical performance and learning curves. Int J Surg. 2023;109(10):2953-61.
10. Suzuki M, Miyaji K, Watanabe R, Suzuki T, Matoba K, Nakazono A, et al. Repetitive simulation training with novel 3D-printed sinus models for functional endoscopic sinus surgeries. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2022;7(4):943-54.
11. Hermans T, Snoeks JM, Vom Dorp F, Wiesner C, Steiner T, von Rundstedt FC. Validation of a 3D-printed robot-assisted partial nephrectomy training model. BJUI Compass. 2024;5(1):90-100.
12. Campi R, Pecoraro A, Vignolini G, Spatafora P, Sebastianelli A, Sessa F, et al. The first entirely 3D-printed training model for robot-assisted kidney transplantation: the RAKT box. Eur Urol Open Sci. 2023;53:98-105.
13. Rehman U, Polglase N, Kahn D, Dogan T, Paun S, D'Souza A, et al. Bridging the gap in rhinoplasty training: the effectiveness of 3D printed models in surgical education. Aesthet Surg J. 2025;45(7):655-61.
14. Kim W, Kim S, Neira V, Sapp JL, Elkhateeb O. Pilot study on integrating 3D-printed models into undergraduate medical education for congenital heart disease. CJC Pediatr Congenit Heart Dis. 2025;4(2):103-8.
15. Nebor I, Hussein AE, Montemagno K, Fumagalli R, Labiad I, Xu A, et al. Primary dural repair via an endoscopic endonasal corridor: preliminary development of a 3D-printed model for training. J Neurol Surg B Skull Base. 2022;83(Suppl 2):e260-5.

Derechos de autor: 2026. Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/