Sanitas
Revista arbitrada de ciencias de la salud
Vol. 5(especial4), 193-198, 2026
https://doi.org/10.62574/8cdj8j32

Modelos animales frente a simuladores artificiales en la enseñanza de técnicas quirúrgicas: revisión sistemática

Animal models versus artificial simulators in teaching surgical techniques: a systematic review

Michelle Iveth Lindao-Ramírez
michellelr89@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0004-0940-2265

Neydelin Romina Carrillo-Robalino
neydelincr54@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-7874-9058

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: comparar la evidencia sobre los modelos animales y los simuladores artificiales en la enseñanza de técnicas quirúrgicas. **Método**: revisión sistemática según PRISMA 2020 de revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de validación indexados en PubMed y SciELO entre 2006 y 2023. **Resultados**: los modelos animales vivos y los tejidos animales no vivos ofrecen realismo anatómico y táctil, útil en trauma y neurocirugía, pero implican costos, requisitos éticos y limitaciones de disponibilidad. Los simuladores artificiales, incluidos los de realidad virtual y los sintéticos, mostraron transferencia de habilidades al quirófano y beneficios amplios frente a la ausencia de entrenamiento, con resultados comparables a los métodos tradicionales en educación veterinaria. El principio de las tres erres favorece reducir y reemplazar el uso de animales cuando existan alternativas válidas. **Conclusión**: un modelo híbrido y progresivo optimiza el aprendizaje quirúrgico. **Descriptores**: entrenamiento simulado; modelos animales; cirugía general. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: To compare the evidence on animal models and artificial simulators in teaching surgical techniques. **Method**: Systematic review according to PRISMA 2020 of systematic reviews, meta-analyses and validation studies indexed in PubMed and SciELO between 2006 and 2023. **Results**: Live animal models and non-living animal tissues provide anatomical and tactile realism, useful in trauma and neurosurgery, but involve costs, ethical requirements and limited availability. Artificial simulators, including virtual reality and synthetic models, showed transfer of skills to the operating room and large benefits compared with no training, with results comparable to traditional methods in veterinary education. The three Rs principle favours reducing and replacing animal use when valid alternatives exist. **Conclusion**: A hybrid and progressive model optimises surgical learning. **Descriptors**: simulation training; models, animal; general surgery. (Source, DeCS).

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

INTRODUCCIÓN

Aunque durante décadas los cirujanos aprendieron sus primeras suturas y anastomosis en animales de laboratorio, la enseñanza quirúrgica atraviesa una transición. Reznick y MacRae advirtieron que la reducción de las horas de formación y las exigencias de seguridad del paciente obligan a trasladar parte del aprendizaje fuera del quirófano (1), y en ese traslado conviven hoy dos grandes opciones: los modelos animales y los simuladores artificiales.

En ese sentido, el uso de animales en la enseñanza está regulado por el principio de las tres erres, reemplazar, reducir y refinar, propuesto por Russell y Burch y revisado por Tannenbaum y Bennett (2). Por su parte, Badash et al. describieron la evolución de la simulación quirúrgica, desde los modelos de tejido animal hasta la realidad virtual y los simuladores sintéticos (3). Ahora bien, la pregunta práctica para las facultades es cuál de estas herramientas enseña mejor, a qué costo y con qué implicaciones éticas. Por ello, el objetivo de esta revisión fue comparar la evidencia sobre los modelos animales y los simuladores artificiales en la enseñanza de técnicas quirúrgicas.

MÉTODO

Desde un enfoque cualitativo, se realizó una revisión sistemática siguiendo la declaración PRISMA 2020 (4). La pregunta de investigación fue: en estudiantes de Medicina y médicos en formación quirúrgica, ¿qué ventajas y limitaciones presentan los modelos animales frente a los simuladores artificiales en la adquisición de habilidades quirúrgicas?

En cuanto a la búsqueda, se consultaron PubMed y SciELO con combinaciones de los términos animal models, live tissue training, surgical simulation, synthetic

simulator, virtual reality, skills transfer y three Rs, y sus equivalentes en español. Se incluyeron revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de validación publicados en inglés o español. Se excluyeron estudios sin componente educativo, capítulos de libro y publicaciones sin revisión por pares. La síntesis fue cualitativa.

RESULTADOS

Modelos animales

A grandes rasgos, los modelos animales aportan un realismo difícil de igualar. La revisión de Bergmeister et al. analizó su uso en el entrenamiento quirúrgico y estimó sus costos y su aceptación, con valoraciones positivas de los participantes, aunque con gastos elevados y la necesidad de instalaciones y permisos específicos (5). En el manejo del trauma, Swain et al. revisaron el entrenamiento con tejido vivo y señalaron que, pese a su realismo, la evidencia sobre su superioridad frente a otras modalidades es limitada y plantea interrogantes éticos (6). En neurocirugía, Al-Sharshahi et al. describieron el uso de animales no vivos, como cabezas de oveja, para practicar procedimientos craneales a bajo costo (7). Del mismo modo, los cadáveres humanos siguen siendo valorados en la formación quirúrgica avanzada (8).

Simuladores artificiales

En cuanto a los simuladores, la revisión de Zendejas et al. mostró beneficios amplios de la simulación en cirugía laparoscópica frente a la ausencia de entrenamiento (9), y las revisiones de Sturm et al. (10) y Dawe et al. (11) confirmaron que las habilidades adquiridas en la simulación se transfieren al quirófano. Respecto a los simuladores sintéticos, Heskin et al. exploraron con docentes y residentes el diseño de un simulador para la exploración quirúrgica abierta de extremidades en trauma, como alternativa a los modelos animales (12). En cirugía pediátrica, Knowlin et al.

describieron los avances de la simulación, que permite practicar procedimientos poco frecuentes (13).

Por otra parte, en educación veterinaria, donde la discusión sobre el uso de animales es especialmente intensa, el metaanálisis de Noyes et al. encontró que el entrenamiento con simuladores produjo resultados comparables a la instrucción tradicional (14).

DISCUSIÓN

De entrada, la evidencia revisada indica que los simuladores artificiales son eficaces para adquirir y transferir habilidades quirúrgicas básicas e intermedias (9-11,14), mientras que los modelos animales conservan ventajas en el realismo tisular y en el entrenamiento de procedimientos complejos o de control de hemorragias (5-7). La verdad es que ningún simulador sangra, late ni se contrae como un tejido vivo, y esa diferencia pesa en ciertas etapas del aprendizaje.

Ahora bien, el principio de las tres erres obliga a justificar cada animal empleado (2). Por ello, un modelo progresivo parece el más razonable: comenzar con simuladores sintéticos y de realidad virtual para las destrezas básicas, reservar los tejidos animales no vivos para la práctica intermedia y limitar los animales vivos a escenarios avanzados en los que no exista alternativa equivalente. En el futuro, la evaluación objetiva del desempeño mediante inteligencia artificial podría ayudar a decidir cuándo un estudiante está listo para avanzar de etapa (15). En el Ecuador, donde los bioterios y los laboratorios de simulación avanzada son escasos, los simuladores de bajo costo y los tejidos animales procedentes de la cadena alimentaria ofrecen alternativas accesibles.

Entre las limitaciones, existen pocos estudios que comparen de forma directa ambos tipos de modelos con desenlaces en pacientes, y la heterogeneidad de los simuladores dificulta la síntesis.

CONCLUSIÓN

Los modelos animales ofrecen realismo anatómico y táctil, pero implican costos, exigencias éticas y limitaciones de disponibilidad, mientras que los simuladores artificiales permiten adquirir y transferir habilidades quirúrgicas con eficacia demostrada y menor impacto ético. En consecuencia, la enseñanza de técnicas quirúrgicas debería organizarse de forma progresiva e híbrida, con predominio de los simuladores en las etapas iniciales y un uso justificado de los modelos animales en los escenarios avanzados, conforme al principio de las tres erres.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

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

AGRADECIMIENTOS

A UNIANDES.

REFERENCIAS

1. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills--changes in the wind. N Engl J Med. 2006;355(25):2664-9.
2. Tannenbaum J, Bennett BT. Russell and Burch's 3Rs then and now: the need for clarity in definition and purpose. J Am Assoc Lab Anim Sci. 2015;54(2):120-32.
3. Badash I, Burtt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. Ann Transl Med. 2016;4(23):453.
4. 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.
5. Bergmeister KD, Aman M, Kramer A, Schenck TL, Riedl O, Daeschler SC, et al. Simulating surgical skills in animals: systematic review, costs & acceptance analyses. Front Vet Sci. 2020;7:570852.

6. Swain CS, Cohen HML, Helgesson G, Rickard RF, Karlgren K. A systematic review of live animal use as a simulation modality ("live tissue training") in the emergency management of trauma. J Surg Educ. 2023;80(9):1320-39.
7. Al-Sharshahi ZF, Hoz SS, Alrawi MA, Sabah MA, Albanaa SA, Moscote-Salazar LR. The use of non-living animals as simulation models for cranial neurosurgical procedures: a literature review. Chin Neurosurg J. 2020;6(1):24.
8. Gilbody J, Prasthofer AW, Ho K, Costa ML. The use and effectiveness of cadaveric workshops in higher surgical training: a systematic review. Ann R Coll Surg Engl. 2011;93(5):347-52.
9. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. Ann Surg. 2013;257(4):586-93.
10. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P, Hewett PJ, Maddern GJ. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. Ann Surg. 2008;248(2):166-79.
11. Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, et al. Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training. Br J Surg. 2014;101(9):1063-76.
12. Heskin L, Simms C, Traynor O, Galvin R. Designing a synthetic simulator to teach open surgical skills for limb exploration in trauma: a qualitative study exploring the experiences and perspectives of educators and surgical trainees. BMC Surg. 2021;21(1):417.
13. Knowlin LT, Laskay NMB, Jules NP, Godzik J, Chang TP, Spurrier RG. Advances in pediatric surgery simulation-based training. Children (Basel). 2023;11(1):34.
14. Noyes JA, Carbonneau KJ, Matthew SM. Comparative effectiveness of training with simulators versus traditional instruction in veterinary education: meta-analysis and systematic review. J Vet Med Educ. 2022;49(1):25-38.
15. Funke I, Mees ST, Weitz J, Speidel S. Video-based surgical skill assessment using 3D convolutional neural networks. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2019;14(7):1217-25.

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/