

# Modelos anatómicos e instancias simuladas para el aprendizaje de competencias quirúrgicas de los estudiantes de medicina de pre y postgrado. Una revisión sistemática.

## Anatomical models and simulated instances for the learning of surgical skills in undergraduate and postgraduate medical students. A systematic review.

Consuelo Vade Martínez<sup>1</sup>, Benjamín Painemal Rivera<sup>2</sup>, Daniela Serey Torres<sup>3</sup>, Sebastián Puentes Bravo<sup>4</sup>, Ignacio Leal Lizama<sup>5</sup>, Josefina Darrigol Parra<sup>6</sup>, Camila Riquelme Bahamondes<sup>7</sup>, Alvaro Herrera Alcaíno<sup>8</sup>.

<sup>1-6</sup> Estudiantes de Medicina, Sede Santiago, Facultad de Medicina y Ciencia, Universidad San Sebastián, Chile. <sup>7</sup> Coordinadora de Educación Médica, Sede Concepción, Facultad de Medicina y Ciencia, Universidad San Sebastián. <sup>8</sup> Director de Educación Médica, Sede Santiago, Facultad de Medicina y Ciencia, Universidad San Sebastián.

<sup>1</sup> [cvadem@correo.uss.cl](mailto:cvadem@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5505-6063>

<sup>2</sup> [bpainemalr@correo.uss.cl](mailto:bpainemalr@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3819-0451>

<sup>3</sup> [dsereyt@correo.uss.cl](mailto:dsereyt@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5626-5942>

<sup>4</sup> [spuentesb@correo.uss.cl](mailto:spuentesb@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5723-1498>

<sup>5</sup> [ileal@correo.uss.cl](mailto:ileal@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8130-6091>

<sup>6</sup> [jdarrigolp@correo.uss.cl](mailto:jdarrigolp@correo.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8130-6091>

<sup>7</sup> [camila.riquelme@docente.uss.cl](mailto:camila.riquelme@docente.uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0853-7236>

<sup>8</sup> [alvaro.herrera@uss.cl](mailto:alvaro.herrera@uss.cl), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4861-2144>

Recibido: 21/11/24; Aceptado: 17/12/24; Publicado: 19/12/24

**Resumen:** Antecedentes: la educación médica moderna ha resaltado el rol del aprendizaje basado en simulación como componente esencial en la formación de competencias clínico-quirúrgicas en estudiantes de medicina. A nivel nacional muchas universidades han implementado ésta en sus programas educativos, por lo que resulta fundamental investigar en cómo optimizar su aplicación en el currículo de cirugía. El objetivo de este estudio es identificar y analizar los principales hallazgos reportados en la literatura sobre el uso de modelos anatómicos e instancias simuladas para la enseñanza de competencias quirúrgicas en estudiantes de medicina de pre y postgrado. Métodos: Se realizó una revisión siguiendo las directrices del protocolo PRISMA-ScR, en las bases de datos Scopus y PubMed, finalizando con un total de 10 trabajos para revisión. Resultados: La implementación de simulación en la educación médica en sus diversas formas, mejora el rendimiento y desempeño de los estudiantes en habilidades clínico-quirúrgicas y aprendizaje teórico, además mejora la satisfacción de los estudiantes con el aprendizaje. Discusión: Los resultados de esta revisión confirman la relevancia de la simulación como herramienta de enseñanza en la formación quirúrgica, su integración en los currículos ha demostrado mejoras en habilidades técnicas, desempeño académico y confianza en la toma de decisiones, estos hallazgos sugieren que su integración en los currículos de cirugía, facilitaría el aprendizaje de los estudiantes. Conclusiones: Se destaca la necesidad de priorizar la integración de tecnologías de simulaciones y modelos anatómicos en los programas de formación quirúrgica, esto podría mejorar la calidad de la formación clínica y tiene el potencial de reducir errores médicos y fomentar una atención segura y de calidad; sin embargo, estos efectos aún requieren validación mediante estudios longitudinales.

**Palabras clave:** Modelos Anatómicos; Instancias simuladas; Competencia clínica; Aprendizaje de competencias quirúrgicas; Cirugía; Estudiantes de medicina, Habilidades quirúrgicas.

**Abstract:** Background: Contemporary medical education has highlighted the role of simulation-based learning as an essential component in the development of clinical-surgical competencies in

medical students. Nationally, many universities have incorporated this method into their educational programs, making it crucial to investigate how to optimize its implementation in the surgery curriculum. The objective of this study is to identify and analyze the main findings reported in the literature on the use of anatomical models and simulated scenarios for teaching surgical skills to undergraduate and graduate medical students. Methods: A review was conducted following the guidelines of the PRISMA-ScR protocol, using the Scopus and PubMed databases, resulting in a total of 10 studies for final review. Results: The implementation of simulation in medical education, in its various forms, enhances students' performance in clinical-surgical skills and theoretical learning, while also increasing student satisfaction with the learning process. Discussion: The results of this review confirm the relevance of simulation as a teaching tool in surgical training. Its integration into curricula has shown improvements in technical skills, academic performance, and confidence in decision-making. These findings suggest that its incorporation into surgery curricula would facilitate student learning. Conclusions: The need to prioritize the integration of simulation technologies and anatomical models in surgical training programs is highlighted, as this improves the quality of clinical training and prepares students to reduce medical errors and promote safe, high-quality patient care.

**Keywords:** Models, anatomic; Simulated instances; Clinical competence; Simulation Based-learning; General surgery; Students, medical; surgical skills.

---

## 1. Introducción

La educación médica moderna ha resaltado el rol crucial de las simulaciones como componente esencial en la formación de competencias clínicas y quirúrgicas, con un impacto directo en la seguridad del paciente (1). Diversos estudios internacionales han demostrado que el uso de simulaciones no solo facilita el desempeño de los estudiantes ante situaciones clínicas reales (2), sino que también mejora sus habilidades quirúrgicas, evidenciando la efectividad de estas intervenciones educativas, incluso en periodos de entrenamiento relativamente breves (3).

Estas prácticas simuladas permiten a los tutores observar mejoras significativas en competencias fundamentales, como la comunicación efectiva, la entrevista médica, el examen físico y la ejecución de procedimientos clínicos (4). En Chile, muchas universidades han formalizado el uso de modelos anatómicos y simulaciones reflejando una tendencia creciente en su incorporación a los programas curriculares (5), lo que promueve no solo el desarrollo de habilidades técnicas, sino también la colaboración interprofesional en un entorno seguro, donde los estudiantes pueden aprender de sus errores sin repercusiones clínicas (6).

Dada la eficacia demostrada de la simulación en el aprendizaje de competencias quirúrgicas, resulta fundamental investigar cómo optimizar su implementación en el currículo de cirugía, facilitando una integración eficaz entre el aprendizaje teórico y práctico (7).

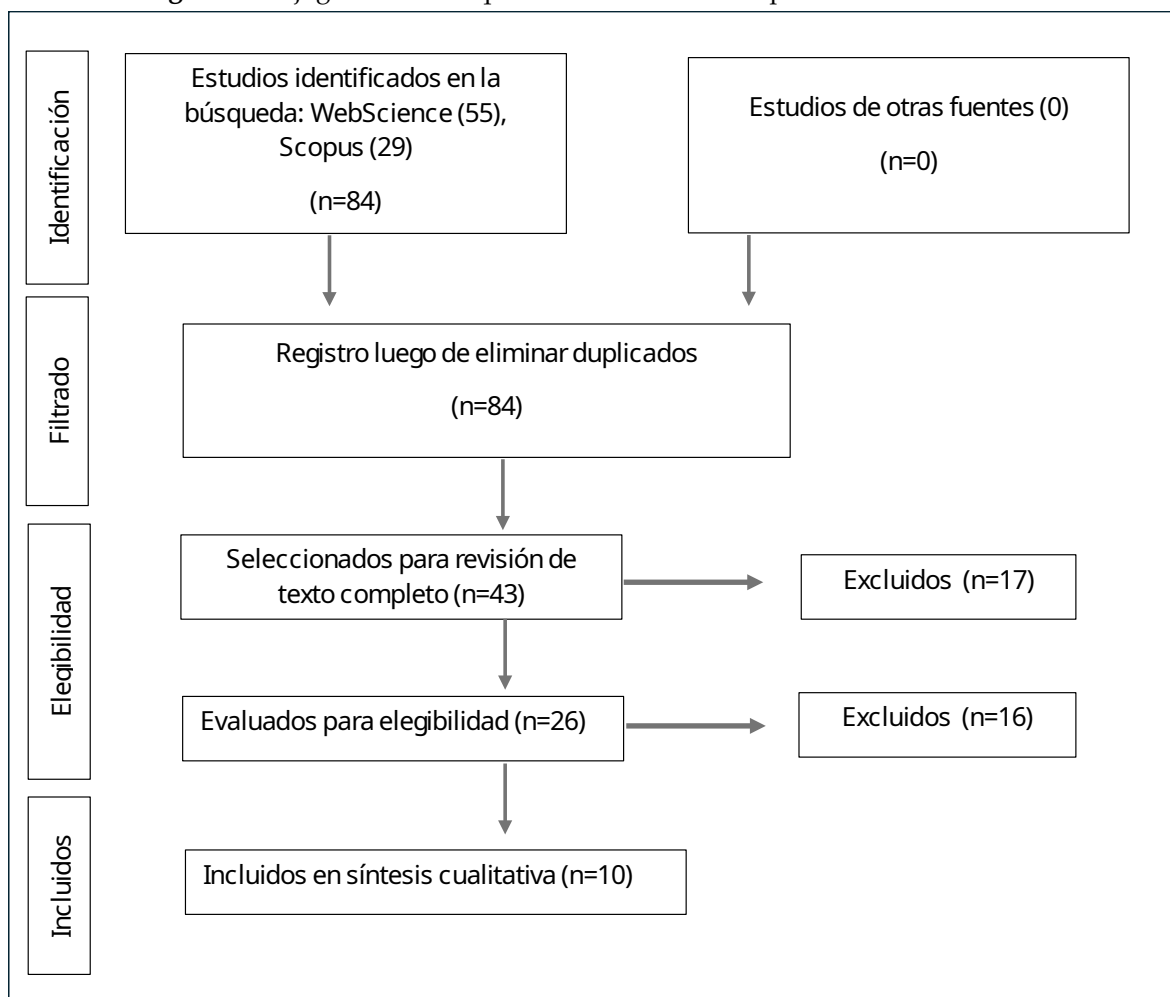
Esto es especialmente importante para mejorar el conocimiento de los estudiantes sobre técnicas quirúrgicas y su capacidad para tomar decisiones bajo presión, manejar el estrés y la incertidumbre, aspectos críticos para reducir errores médicos y elevar los estándares de seguridad en la atención de pacientes (7). El presente estudio tiene como objetivo identificar y analizar los principales hallazgos reportados en la literatura sobre el uso de modelos anatómicos e instancias simuladas para la enseñanza de competencias quirúrgicas en estudiantes de medicina de pre y posgrado.

## 2. Métodos

### 2.1 Protocolo de revisión

Esta revisión exploratoria se realizó siguiendo las directrices del protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) (8).

**Figura 1.** Flujograma de búsqueda de acuerdo con el protocolo PRISMA-ScR.



### 2.2 Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda en distintas plataformas como WebScience, Scopus, PubMed, de artículos originales relacionados con la implementación de simulaciones y habilidades quirúrgicas en estudiantes de medicina, utilizando palabras clave en la estrategia de búsqueda (Tabla 1), para luego proceder con la selección de artículos.

### 2.3 Criterios de inclusión y exclusión y tamizaje de relevancia

Como criterio de inclusión se aplicó la pertenencia del documento al tipo artículos. No se usaron criterios de exclusión por fecha de publicación, idioma o algunos otros filtros aplicables. Para el tamizaje posterior se usó como criterio de relevancia la inclusión de estudiantes de medicina de pre y post grado en el estudio, y el uso de metodologías que incluyan el aprendizaje simulado. Se excluyeron artículos y estudios no centrados en estudiantes de medicina y revisiones sistemáticas.

**Tabla 1.** Conceptos y fórmulas de búsqueda.

<p><b>Búsqueda 1:</b> Expansión del concepto “Simulación” (Web of Science)</p> <p>Tesaurus: “anatomical models” OR “anatomical simulators” OR “simulated instances” OR “simulation-based learning”</p> <p>Búsqueda libre: Impact</p>
<p><b>Búsqueda 2:</b> Expansión del concepto “Habilidades quirúrgicas” (Web of Science)</p> <p>Tesaurus: “surgical skills learning” OR “surgical training” OR “surgical competency” OR “medical education” OR “surgical education”</p> <p>Búsqueda libre: No</p>
<p><b>Búsqueda 3:</b> Expansión del concepto “Estudiantes de medicina” (Web of Science)</p> <p>Tesaurus: “medical students” OR “surgical students” OR “surgery trainees”</p> <p>Búsqueda libre: No</p>
<p><b>Búsqueda 4:</b> Búsquedas 1,2 y 3 combinadas usando AND, delimitadores de texto completo y tipo de documento artículo, educación médica. (Web of Science y Scopus)</p> <p>Tesaurus: “Anatomical simulators”) AND (“Surgical competence” OR “Surgical skills”) AND (“Medical students”) AND (“Surgery”) AND (“Impact”) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ar” ))”</p>

#### 2.4 Proceso de selección

Posteriormente y una vez eliminados los estudios duplicados, se tabularon los resultados de las fórmulas de búsqueda en el programa Excel para facilitar el tamizaje. Se revisaron los títulos y resúmenes de los documentos por dos revisores, seleccionando aquellos que cumplían con los criterios anteriormente expuestos. En caso de que se presentase alguna interrogante sobre la relevancia del estudio se procedió a la revisión del texto en su totalidad por cuatro revisores.

#### 2.5 Recopilación de datos

Se realizó la extracción de la información significativa de los artículos seleccionados en el paso anterior mediante la lectura del documento completo por cuatro revisores. Esto se llevó a cabo a través de la identificación de aquella información que correspondía a resultados de cualquier tipo, secundarios a la implementación de alguna metodología de aprendizaje simulado. Además, se obtuvieron datos tales como metodología del estudio, instrumento de evaluación o bien la población en estudio.

#### 2.6 Clasificación de la información

Finalmente se clasificaron los resultados relevantes en base a temas recurrentes entre los distintos artículos y aspectos clave de la simulación en la educación médica quirúrgica. Aquellas categorías son: 1) Resultados reportados con el uso de modelos anatómicos impresos en 3D, 2) Resultados reportados en simulación de alta fidelidad y realidad mixta, 3) Resultados reportados en simulaciones in vivo y ex vivo, 4) Resultados reportados en simulaciones de tareas quirúrgicas específicas.

### 3. Resultados

#### 3.1 Selección de los estudios

En esta revisión se identificó un universo inicial de 84 artículos. Luego de excluir artículos duplicados, realizar el tamizaje inicial y revisión completa de los trabajos, además de aplicar criterios de inclusión y exclusión, la cantidad total de artículos se redujo a 10. Los principales hallazgos de estos se encuentran en la Tabla 2.

#### 3.2 Características de los estudios

Considerando los estudios utilizados en esta revisión, se observa que el rango de fecha de publicación de los documentos abarca desde 2009 hasta 2023, con un marcado aumento en la densidad de estudios desde el año 2015, esto posiblemente secundario al aumento de la implementación del aprendizaje basado en simulación dentro de las planificaciones curriculares de la carrera de Medicina. Además, se evidencia que la mayoría de los trabajos utilizados usan como método de recopilación de datos cuestionarios y encuestas, agregando además la observación directa de las habilidades prácticas de los estudiantes. Se presenta un resumen de los estudios utilizados en la Tabla 2.

#### 3.3 Temas comunes encontrados en los estudios

Para este estudio se revisaron diversas fuentes de información, pudiendo clasificar los resultados y hallazgos según la relación de estos con respecto a la pregunta de investigación. Así, es posible identificar 4 categorías principales: 1) Resultados reportados con el uso de modelos anatómicos impresos en 3D, 2) Resultados reportados en simulación de alta fidelidad y realidad mixta, 3) Resultados reportados en simulaciones in vivo y ex vivo, 4) Resultados reportados en simulaciones de tareas quirúrgicas específicas. Estas categorías y sus hallazgos respectivos se ilustran en la Tabla 3.

##### 3.3.1 Resultados reportados con el uso de modelos anatómicos impresos en 3D

Los modelos anatómicos impresos en 3D han emergido como una herramienta altamente efectiva en la enseñanza de habilidades quirúrgicas. Estos modelos ofrecen una experiencia táctil y espacial que facilita la comprensión de estructuras anatómicas complejas, superando la eficacia de modelos tradicionales o digitales en cuanto a retención y percepción espacial (12, 17). En el contexto de la enseñanza quirúrgica, Bao et al. (13) observaron que los modelos 3D mejoran la precisión en procedimientos de radiología intervencionista, promoviendo una retroalimentación táctil esencial para la formación de destrezas técnicas. Por otro lado, Silvero et al. (16) reportaron que los modelos 3D de vasculatura permiten a los estudiantes visualizar y manipular la anatomía de manera segura, incrementando su confianza y satisfacción en el aprendizaje.

##### 3.3.2. Resultados reportados en simulación de alta fidelidad y realidad mixta

La simulación de alta fidelidad y las tecnologías de realidad mixta (XR) han mostrado una notable efectividad en el aprendizaje quirúrgico avanzado, donde los estudiantes pueden experimentar escenarios clínicos realistas y recibir retroalimentación inmediata. El modelo de Essential Skills in the Management of Surgical Cases (ESMSC), evaluado por Sideris et al. (11), es un ejemplo exitoso de simulación de alta fidelidad que incrementa tanto las habilidades técnicas como la comprensión de procedimientos quirúrgicos complejos. Asimismo, Silvero et al. (16) destacaron el uso de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) en la neurocirugía, facilitando el entendimiento de relaciones anatómicas complejas y la práctica de técnicas de alta precisión. Estas simulaciones avanzadas permiten a los estudiantes practicar en un entorno seguro, donde pueden cometer y corregir errores sin repercusiones clínicas (15).

**Tabla 2.** Resumen de los resultados encontrados.

<b>Autor (Año, País)</b>	<b>Objetivo del estudio</b>	<b>Diseño del estudio</b>	<b>Participantes</b>	<b>Recolección de la información</b>	<b>Hallazgos</b>
Nara et al. (2009, Japón) (4)	Contribuir a la reforma del sistema de educación médica en Japón, visitamos escuelas de medicina en el extranjero y observamos los métodos utilizados en la educación médica.	Cualitativo, descriptivo observacional	Estudiantes de medicina de 28 facultades de medicina y cinco institutos	Observación directa	El aprendizaje basado en simulación se utiliza para mejorar las habilidades de comunicación, entrevistas médicas, exámenes físicos y procedimientos clínicos básicos en estudiantes de medicina. Tanto los estudiantes como los tutores reconocen su efectividad en la educación médica, indicando que estas herramientas pueden tener un impacto positivo en el desarrollo de competencias quirúrgicas
Sideris et al. (2016) (9)	Evaluar la eficacia del aprendizaje basado en simulación in vivo de alta fidelidad para estudiantes de grado - comparar el desempeño basado en habilidades de los estudiantes de último año con los de nivel más básico	Cuantitativo, experimental de cohorte	40 estudiantes de medicina	Cuestionarios y observación directa	La simulación en educación quirúrgica ha mejorado la calidad de la formación y se ha integrado en el currículo quirúrgico. Los modelos de baja fidelidad mejoran habilidades técnicas a bajo costo, mientras que los modelos de alta fidelidad facilitan una mejor comprensión de la anatomía y el espacio abdominal, resultando en mejores puntuaciones en evaluaciones y una transición más eficaz de técnicas abiertas a laparoscópicas.

<p>Dhaif et al. (2017, Unión europea) (10)</p>	<p>Comparar la destreza y el desempeño basado en habilidades de los estudiantes con parámetros demográficos y educativos</p>	<p>Cuantitativo, experimental</p>	<p>112 estudiantes de medicina</p>	<p>Observación directa. Escala de ansiedad de Westside. Prueba de destreza con pinzas de O' Connor.</p>	<p>Nuestros resultados demuestran que los estudiantes de medicina más avanzados, en su segundo o tercer año clínico, con mayor experiencia clínica, no presentan una mejora en sus habilidades quirúrgicas en simulaciones de osteosíntesis abierta y reducción interna (ORIF) de baja y alta fidelidad en comparación con los estudiantes en su primer año clínico.</p>
<p>Sideris et al. (2018, Unión europea) (11)</p>	<p>Informar sobre nuestra experiencia en la creación de ESMSC (Essential Skills in the Management of Surgical Cases) durante la crisis financiera mundial</p>	<p>Cuantitativo, descriptivo y longitudinal</p>	<p>311 estudiantes de medicina</p>	<p>Observación directa</p>	<p>El aprendizaje basado en simulación (SBL) es fundamental para la educación quirúrgica temprana, mejorando el desempeño y la transferencia de habilidades a la práctica clínica. Ofrece alternativas costo-efectivas a la enseñanza tradicional, utilizando modelos de laboratorio secos para reemplazar simulaciones de alta fidelidad. Aunque tiene limitaciones para estudiantes junior, proporciona beneficios motivacionales y educativos importantes, acercando a los estudiantes a un entorno quirúrgico real.</p>
<p>Pandya et al. (2021, Reino Unido) (12)</p>	<p>Evaluar las diferencias en las actitudes de los estudiantes de pregrado hacia el aprendizaje táctil a través del aprendizaje a distancia no táctil y revisar su aceptabilidad entre esta cohorte</p>	<p>Mixto, cohorte</p>	<p>1280 estudiantes de medicina</p>	<p>Escala de Likert y evaluación cualitativa</p>	<p>El aprendizaje táctil con modelos anatómicos físicos fue superior al aprendizaje no táctil en términos de mejora del conocimiento anatómico, como lo indicaron los estudiantes. Los modelos 3D físicos favorecieron la retención y comprensión espacial mejor que los modelos computarizados o las imágenes en libros de texto. Estos resultados sugieren que los modelos físicos son más efectivos para la enseñanza de competencias quirúrgicas, facilitando una mejor comprensión y retención de la anatomía mediante la manipulación táctil.</p>

Sideris et al. (2016, Reino Unido) (13)	Evaluar críticamente la retroalimentación del programa Essential Skills in the Management of Surgical Cases (ESMSC) mediante un cuestionario escalado, y comparar estos hallazgos con una revisión de la literatura actual sobre educación quirúrgica de pregrado	Mixto, observacional	49 estudiantes de medicina	Escala de Likert	La formación basada en simulación (SBT) es esencial en la educación quirúrgica, destacándose en la capacitación avanzada. El modelo ESMSC ha demostrado ser eficaz en mejorar las habilidades quirúrgicas y la comprensión de los enfoques quirúrgicos en estudiantes, con un fuerte apoyo de estos en las evaluaciones. Los estudiantes valoran altamente la inclusión de la SBT en el currículo de pregrado, indicando una necesidad de integración estructurada y temprana de la SBT en la formación quirúrgica.
Bao et al. (2023, China) (14)	evaluar los beneficios educativos que reciben los residentes del uso de nuevos modelos de hígado en 3DP, teniendo en cuenta la experiencia y el género de los residentes	Cuantitativo, transversal analítico	30 estudiantes de medicina	Examen clínico objetivo estructurado (ECO) y escalas de likert	La educación médica basada en simulación (SBME) ha demostrado ser más eficaz que los métodos tradicionales, mejorando la comprensión y satisfacción en el entrenamiento quirúrgico. La integración de modelos anatómicos impresos en 3D (3DP) con escaneos en 2D ha optimizado la asignación de tumores y ha elevado el rendimiento y la satisfacción de los participantes en la formación quirúrgica. Los resultados indican que los modelos 3DP pueden ofrecer una alternativa efectiva a los métodos tradicionales, especialmente para estudiantes con mayor experiencia, aunque se requiere más evidencia para confirmar su superioridad respecto a los cadáveres en la enseñanza anatómica.



<p>Haji et al. (2015, Canada) (15)</p>	<p>investigamos la sensibilidad de estas medidas a las diferencias previstas en la carga intrínseca que surgen de las variaciones en la complejidad de la tarea y la experiencia del alumno durante el entrenamiento de habilidades quirúrgicas basado en simulación</p>	<p>Cuantitativo, observacional</p>	<p>28 estudiantes de medicina</p>	<p>Test de habilidades, calificación subjetiva del esfuerzo mental y tiempo de reacción</p>	<p>La educación basada en simulación se ha demostrado eficaz para optimizar el aprendizaje de habilidades quirúrgicas y facilitar la transferencia de estas habilidades al entorno clínico, reduciendo la curva de aprendizaje de los principiantes. Según la Teoría de la Carga Cognitiva (TCC), la simulación ayuda a disminuir la carga cognitiva intrínseca asociada con tareas complejas, permitiendo una práctica más efectiva y la formación de esquemas cognitivos en los aprendices. Los resultados de la investigación muestran que la simulación mejora tanto el rendimiento en tareas primarias como en secundarias, al reducir la carga cognitiva y aumentar la eficiencia del aprendizaje. Para evaluar el impacto de la simulación, es útil combinar evaluaciones subjetivas con el rendimiento en tareas primarias y secundarias.</p>
<p>Silvero et al. (2023, Alemania) (16)</p>	<p>Identificar si un módulo de simulación neuroquirúrgica de RM en el entorno de un curso práctico de neurocirugía de pregrado podría mejorar la satisfacción de los estudiantes de medicina.</p>	<p>Cuantitativo, experimental</p>	<p>223 estudiantes de medicina</p>	<p>Escala analógica visual y escala de Likert</p>	<p>La tecnología de realidad extendida (XR), que incluye realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR), ha demostrado ser una herramienta educativa prometedora en la formación médica. Esta tecnología permite una simulación interactiva y dinámica, combinando entornos físicos y virtuales, y se ha utilizado eficazmente en la neurocirugía para desarrollar competencias técnicas y comprender relaciones anatómicas complejas. La educación médica basada en simulación (SBME) ha mostrado una notable eficacia en la enseñanza de habilidades quirúrgicas básicas y escenarios médicos generales, superando en muchos aspectos a los métodos tradicionales. Revisiones sistemáticas recientes confirman que SBME mejora la transferencia de conocimientos y la retención a largo plazo cuando se integra en los currículos actuales. Esta metodología proporciona un entorno de aprendizaje controlado, ideal para la retroalimentación inmediata y la práctica reflexiva fuera del entorno hospitalario. Los estudiantes de la MR reportaron altos niveles de satisfacción, encontrando esta tecnología entretenida y beneficiosa, lo que sugiere un impacto positivo significativo en la educación médica.</p>

Goudie et al. (2019, Canadá) (17)	Describir el desarrollo y la aplicación de modelos de vasculatura impresos en 3D dentro de un grupo de interés de radiología para determinar su eficacia como herramientas de aprendizaje complementarias a la enseñanza tradicional basada en conferencias	Cuantitativo, experimental	30 estudiantes de medicina	Encuesta	Los modelos anatómicos impresos en 3D son una herramienta rentable y avanzada que mejora la enseñanza de habilidades procedimentales cuando se utilizan junto con métodos tradicionales. Ofrecen beneficios en percepción espacial y retroalimentación táctil, y los estudiantes desean integrarlos en su formación continua, sugiriendo un potencial beneficio para el aprendizaje en radiología intervencionista
-----------------------------------	---	----------------------------	----------------------------	----------	--

**Tabla 3.** Clasificación de los principales resultados reportados con la implementación de educación médica basada en simulación.

1. Resultados reportados en modelos anatómicos impresos en 3D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor desempeño en lo que respecta a puntajes de exámenes y en las respuestas de los cuestionarios que evalúan aprendizaje teórico y técnicas quirúrgicas (3).</li> <li>• Mejoría en el nivel de satisfacción de los estudiantes con los métodos de enseñanza al usar modelos 3D, evidenciado en los resultados de distintas escalas de satisfacción aplicadas (3).</li> <li>• El enfoque basado en simulaciones brinda mayores oportunidades para el ensayo de procedimientos de alta complejidad y baja frecuencia (1).</li> <li>• Mejora estadísticamente significativa en el conocimiento anatómico de los grupos que usaron modelos 3D con respecto a los que no (<math>p=0.017</math>) (1).</li> </ul>
2. Resultados reportados en simulación de alta fidelidad y realidad mixta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La realidad mixta fue experimentada como placentera, beneficiosa y novedosa por parte de los estudiantes (1).</li> <li>• Impacto positivo de la tecnología inmersiva en simulaciones de alta fidelidad resultando en una alta satisfacción en el aprendizaje demostrado en resultados de distintas escalas de satisfacción aplicadas (3).</li> <li>• Los participantes mostraron una mejora significativa en habilidades quirúrgicas prácticas y teóricas (3).</li> </ul>
3. Resultados reportados en simulaciones in vivo y ex vivo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en los resultados de pruebas prácticas evidenciando mejorías en calidad y rapidez de los procedimientos en estudiantes que realizaron simulaciones in vivo y ex vivo (2).</li> <li>• Los estudiantes valoraron altamente el curso, evidenciado en distintas escalas de satisfacción aplicadas a los estudiantes (4).</li> <li>• Aumento de confianza y capacidad para abordar pacientes quirúrgicos (1).</li> </ul>
4. Resultados reportados en simulación de tareas quirúrgicas específicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora significativa en sus habilidades quirúrgicas, reduciendo el tiempo y los movimientos requeridos (2).</li> <li>• Disminución de la carga cognitiva e incremento en el desempeño de tareas secundarias, reflejado en mejores tiempos de reacción y autoevaluaciones de esfuerzo mental (1).</li> <li>• Asociación negativa entre la ansiedad y el rendimiento en simulaciones de baja fidelidad, lo que indica que escenarios de alta fidelidad son mejores representaciones del procedimiento real (1).</li> </ul>

### 3.3.3 Resultados reportados en simulaciones in vivo y ex vivo

Las simulaciones in vivo y ex vivo representan una alternativa valiosa para la enseñanza de habilidades quirúrgicas en un entorno controlado, donde se puede practicar con tejidos reales o modelos anatómicos que imitan fielmente las estructuras humanas. En su estudio, Nara et al. (4) resaltaron cómo las simulaciones in vivo y ex vivo pueden mejorar significativamente las competencias clínicas básicas, como el examen físico y la entrevista médica, al ofrecer a los estudiantes una experiencia de aprendizaje inmersiva y práctica. Dhaif et al. (10) encontraron que estas simulaciones permiten a los estudiantes avanzar en su formación quirúrgica sin los riesgos asociados al paciente, incrementando sus habilidades en tareas específicas como la osteosíntesis. Aunque los modelos ex vivo tienen ciertas limitaciones, su uso en combinación con otros tipos de simulación ha demostrado ser efectivo para una capacitación quirúrgica integral.

### 3.3.4 Resultados reportados en simulaciones de tareas quirúrgicas específicas

La simulación de tareas quirúrgicas específicas permite a los estudiantes practicar y mejorar habilidades concretas dentro de un procedimiento quirúrgico, y ha sido particularmente efectiva en procedimientos de alta complejidad. Sideris et al. (13) documentaron mejoras en la destreza de los estudiantes en simulaciones de laparoscopia, donde los modelos de alta fidelidad facilitaron la transición de técnicas abiertas a técnicas laparoscópicas. Por otro lado, Pandya et al. (12) reportaron que los estudiantes prefieren modelos táctiles, como los de simulación en cirugía laparoscópica, por su capacidad de reproducir de forma realista la anatomía y el manejo del instrumental quirúrgico. La evaluación de destrezas en simulaciones específicas, como el uso de la escala de ansiedad de Westside y la prueba de destreza de pinzas de O'Connor, ha mostrado que las simulaciones de tareas concretas pueden mejorar significativamente tanto la precisión técnica como la autoconfianza de los estudiantes al realizar procedimientos quirúrgicos complejos (10).

### 3.4 Pregrado

En estudiantes de pregrado, los modelos anatómicos impresos en 3D y las simulaciones de alta fidelidad han sido especialmente efectivos para mejorar la comprensión de la anatomía y la adquisición de habilidades básicas en un entorno seguro. Goudie et al. (17) encontraron que los modelos impresos en 3D facilitaban la retención del conocimiento anatómico y proporcionaban una experiencia de aprendizaje interactiva que complementaba las clases teóricas tradicionales. Además, estudios como el de Pandya et al. (12) destacan que los estudiantes de pregrado valoran el aprendizaje táctil, lo cual es beneficioso para la retención de la anatomía y la familiarización inicial con el instrumental quirúrgico. La simulación en estos niveles también promueve el desarrollo de competencias básicas en exámenes físicos y procedimientos clínicos (4).

### 3.5 Posgrado

En el posgrado, donde los estudiantes suelen tener experiencia clínica avanzada, los modelos de simulación se enfocan en habilidades quirúrgicas específicas y en la transición hacia técnicas más complejas. Sideris et al. (11) reportaron que los programas de simulación de alta fidelidad, como el ESMSC, mejoran significativamente la habilidad técnica y la toma de decisiones en residentes de cirugía. Dhaif et al. (10) observaron que, en los residentes las simulaciones de procedimientos específicos, como la osteosíntesis abierta y la reducción interna, no siempre muestran una mejora proporcional en comparación con los estudiantes menos experimentados, lo cual sugiere que los beneficios en esta etapa pueden depender de la complejidad de la tarea y de la experiencia acumulada en otros contextos clínicos. La formación en posgrado se beneficia de simulaciones avanzadas como la realidad virtual y mixta, que permiten practicar procedimientos de alta precisión en áreas como la neurocirugía y la laparoscopia. Silvero et al. (16) demostraron que estas tecnologías no solo mejoran la destreza quirúrgica, sino que también aumentan la autoconfianza y la satisfacción de los residentes, preparando a los futuros cirujanos para intervenciones de alta complejidad.

## 4. Discusión

Los resultados de esta revisión confirman la relevancia de las instancias simuladas como herramientas de enseñanza en la educación médica, especialmente en la formación quirúrgica. La integración de simulaciones en los currículos ha demostrado mejoras significativas en habilidades técnicas, desempeño académico y clínico, y confianza en la toma de decisiones, que son elementos esenciales para una práctica quirúrgica efectiva.

Los estudios que implementaron modelos anatómicos impresos en 3D destacan que estos modelos facilitan la práctica de procedimientos en un entorno seguro, reduciendo riesgos clínicos y promoviendo una comprensión más profunda de la anatomía. Al proporcionar una experiencia táctil y visual directa, estos modelos mejoran la percepción espacial y favorecen la planificación quirúrgica, reforzando la confianza y el rendimiento de los estudiantes. La implementación de estos modelos 3D también resultó en comentarios positivos de los estudiantes sobre su utilidad y efectividad en el aprendizaje (12, 18-19). Estos hallazgos sugieren que los modelos anatómicos impresos en 3D deberían integrarse de forma regular en la educación médica para facilitar el aprendizaje de competencias quirúrgicas en un entorno ético y seguro.

Por otra parte, las simulaciones de alta fidelidad y la realidad mixta han demostrado ser herramientas poderosas en el desarrollo de competencias técnicas y de confianza, tanto en estudiantes de pregrado como de posgrado. La alta fidelidad en las simulaciones proporciona un realismo que facilita la transferencia de habilidades a contextos clínicos reales y mejora la satisfacción de los estudiantes, quienes valoran altamente la experiencia (20-21). Esto coincide con otras investigaciones que indican que los estudiantes de diversas carreras en el área de la salud muestran altos niveles de satisfacción con las simulaciones basadas en escenarios realistas, especialmente en áreas que exigen precisión técnica y una rápida toma de decisiones (22).

En relación con las habilidades teóricas y prácticas, se observó una mejora significativa en los resultados de los cuestionarios teóricos y pruebas prácticas en los grupos que participaron en escenarios simulados, lo cual coincide con los estudios de Dávila-Cervantes (23) que destacan ventajas como la menor carga de estrés para los estudiantes y su uso como herramienta de evaluación de alta calidad. Este enfoque asegura el aprendizaje de técnicas específicas y una evaluación consistente de las habilidades adquiridas.

Las simulaciones in vivo y ex vivo también ofrecen resultados favorables, especialmente en la calidad y rapidez con la que los estudiantes adquieren conocimientos teóricos y habilidades prácticas en cirugía (13). La percepción positiva reportada en las escalas de satisfacción refleja la utilidad de estas prácticas en la formación médica (9-11). Además, el aumento en la confianza de los estudiantes para abordar procedimientos quirúrgicos refuerza el valor de la simulación en el desarrollo de habilidades técnicas y en el fortalecimiento de la autoeficacia y autonomía, aspectos esenciales para el éxito en el contexto quirúrgico.

Si bien las simulaciones quirúrgicas han mostrado ser efectivas para mejorar el aprendizaje de habilidades quirúrgicas, hay factores como la carga cognitiva que deben ser considerados. Según Haji et al. (15), las tareas de mayor dificultad pueden aumentar la carga cognitiva inicial, lo cual afecta el rendimiento; sin embargo, con el tiempo, esta carga disminuye, mejorando la eficiencia y destreza técnica. Por otra parte, Dhaif et al. (10) encontraron que la ansiedad impacta menos en los estudiantes que participan en simulaciones de alta fidelidad en comparación con los de baja fidelidad, lo cual respalda la recomendación de priorizar la alta fidelidad en simulaciones para un impacto positivo en el desarrollo de habilidades quirúrgicas. Estos resultados coinciden con estudios anteriores, como el de Aggarwal et al. (24), que demostraron que la simulación mejora el tiempo de ejecución en procedimientos endovasculares, aumentando la eficiencia en habilidades quirúrgicas complejas.

Aunque los métodos revisados sugieren un impacto positivo en la preparación de los estudiantes, la evidencia directa sobre la reducción de errores médicos y mejoras en los resultados clínicos sigue siendo limitada. Este aspecto debería ser abordado en investigaciones futuras que midan resultados a largo plazo en la práctica profesional.

#### *4.1 Fortalezas y limitaciones*

La sistematización y clasificación de los resultados obtenidos en esta revisión aportan a la educación médica en el área de cirugía. Sin embargo, una limitación clave es que, al centrarse en estudios de una asignatura específica y eminentemente práctica, estos resultados pueden no ser extrapolables a otras áreas de la medicina o ciencias de la salud. Asimismo, la variabilidad en los métodos y diseños de los estudios incluidos, así como la utilización de cuestionarios, encuestas y observación directa como métodos de evaluación, puede limitar la comparabilidad directa y generalización de los hallazgos. Aunque estos instrumentos son útiles, se necesita complementar con medidas objetivas que evalúen el impacto en el desempeño clínico real. Otra limitación importante de esta revisión es la agrupación de resultados para estudiantes de grado y posgrado. Dado que estos grupos tienen niveles de experiencia y necesidades formativas distintas, esta mezcla podría introducir variabilidad en los hallazgos relacionados con la eficacia de los modelos. Futuros estudios deberían explorar estas diferencias de manera más específica.

#### 4.2 Investigaciones futuras

Es necesario profundizar en el impacto de las simulaciones en la satisfacción de los pacientes y en el desarrollo de habilidades blandas. Investigar el uso de simulaciones en las fases terminales de la formación, enfocándose en la interacción con pacientes, permitiría explorar los efectos de estas herramientas en la fase más trascendental de la educación médica. También es relevante examinar los costos de implementación de actividades simuladas, para facilitar su adopción en fases tempranas de la educación médica.

#### 4.3 Recomendaciones

Se recomienda la implementación del aprendizaje basado en simulación desde etapas tempranas en la carrera de medicina. En la asignatura de cirugía, la simulación de alta fidelidad es especialmente aconsejable para el desarrollo de habilidades prácticas y teóricas, proporcionando un aprendizaje eficaz y seguro para los futuros médicos.

### 5. Conclusiones

- Esta revisión corrobora la relevancia de los modelos anatómicos y las simulaciones como componentes esenciales en la formación quirúrgica contemporánea. Los modelos anatómicos, impresos en 3D y convencionales, favorecen una comprensión espacial más sólida y facilitan la planificación quirúrgica, reforzando la confianza y precisión de los estudiantes. Las simulaciones de alta fidelidad y la realidad mixta contribuyen al desarrollo de competencias técnicas y no técnicas, tales como la toma de decisiones y la gestión de casos complejos en un entorno seguro.
- Las simulaciones in vivo y ex vivo proporcionan oportunidades para practicar procedimientos en un entorno controlado, disminuyendo la ansiedad y promoviendo una práctica más realista y segura. Además, las simulaciones enfocadas en tareas específicas permiten abordar la carga cognitiva de forma progresiva, optimizando la adquisición de habilidades técnicas.
- Estos enfoques en conjunto destacan la necesidad de priorizar la integración de tecnologías de simulación y modelado anatómico en los programas de formación quirúrgica. La implementación de estos recursos en la educación médica permite equilibrar teoría y práctica, mejorar la calidad de la formación clínica y preparar a los estudiantes para enfrentar de manera efectiva los desafíos de la práctica real.

**Financiación:** No ha habido financiación.

**Declaración de conflicto de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Contribuciones de los autores:** Consuelo Vade Martínez, Benjamín Painemal Rivera, Daniela Serey Torres, Sebastián Puentes Bravo, Ignacio Leal Lizama, y Josefina Darrigol Parra colaboraron en la recopilación, análisis y escritura de este trabajo. Alvaro Herrera Alcaíno (director de educación médica, Universidad San Sebastián) y Camila Riquelme Bahamondes (coordinadora de educación médica, Universidad San Sebastián, Sede Concepción), fueron los tutores de este trabajo y colaboraron en metodología, análisis de la información, y edición del escrito.

### 6. Referencias

1. Rojas, J. A. C., Cervantes, B. G., & Ruiz, J. A. C. Utilización de simuladores en la educación quirúrgica. *Cirujano General*, 2013, 35(S1), 62-65. <https://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2013/cgs131x.pdf>
2. Tapia-Jurado, J. El laboratorio de cirugía en el pregrado de medicina. *Cirugía y Cirujanos*, 2011, 79(1), 83-91. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=28248>
3. Granados, J., Valderrama, A., Mendoza, G., Manzanilla R., Tapia, J., Méndez, C., & Peralta M. Evaluación de competencias básicas en cirugía de mínima invasión en alumnos de pregrado de la Facultad de Medicina de la UNAM. *Revista Mexicana de Cirugía Endoscópica*, 2015, 15(1-4), 24-29. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=62145>
4. Nara, N., Beppu, M., Tohda, S., & Suzuki, T. The introduction and effectiveness of simulation-based learning in medical education. *Internal medicine (Tokyo, Japan)*, 2009, 48(17), 1515-1519. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.48.2373>

5. Universidad San Sebastián. Centros de Simulación USS realizaron más de 13 mil practicas en salud durante el primer semestre de 2024, 2024. <https://www.uss.cl/noticias/practicas-centros-de-simulacion/>
6. Universidad Católica del Maule. Medicina: La simulación quirúrgica es una moderna herramienta en la formación de los médicos especialistas, 2020. <https://portal.ucm.cl/noticias/medicina-la-simulacion-quirurgica-una-moderna-herramienta-la-formacion-los-medicos-especialistas>
7. Datta, R., Upadhyay, K. K., & Jaideep, C. N. Simulation and its role in medical education. *Medical Journal Armed Forces India*, 2012, 68(2), 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2011.06.004>
8. Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, y cols. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of internal medicine*, 2018, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
9. Sideris, M., Papalois, A., Theodoraki, K. y cols. Introducing In Vivo Dissection Modules for Undergraduate Level Trainees: What Is the Actual Benefit and How Could We Make It More Efficient?. *The Indian journal of surgery*, 2016, 80(1), 68-76. <https://doi.org/10.1007/s12262-016-1563-1>
10. Dhaif, F., Paparoidamis, G., Sideris, M. y cols. The Role of Anxiety in Simulation-Based Dexterity and Overall Performance: Does It Really Matter?. *Journal of investigative surgery : the official journal of the Academy of Surgical Research*, 2019, 32(2), 164-169. <https://doi.org/10.1080/08941939.2017.1387624>
11. Sideris, M., Hanrahan, J., Tsoulfas, G. y cols. Developing a novel international undergraduate surgical masterclass during a financial crisis: our 4-year experience. *Postgraduate medical journal*, 2018, 94(1111), 263-269. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2017-135479>
12. Pandya, A., Mistry, D., & Owens, D. Anatomical Models versus Nontactile Distanced Learning in Otolaryngology Teaching. *Surgery Journal*, 2021, 7(3), 259-264. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1733992>
13. Sideris, M., Papalois, A., Theodoraki, K. y cols. Promoting Undergraduate Surgical Education: Current Evidence and Students' Views on ESMSC International Wet Lab Course. *Journal of investigative surgery : the official journal of the Academy of Surgical Research*, 2016, 30(2), 71-77. <https://doi.org/10.1080/08941939.2016.1220652>
14. Bao, G., Yang, P., Yi, J., Peng, S., Liang, J., Li, Y., Guo, D., Li, H., Ma, K., & Yang, Z. Full-sized realistic 3D printed models of liver and tumour anatomy: a useful tool for the clinical medicine education of beginning trainees. *BMC medical education*, 2023, 23(1), 574. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04535-3>
15. Haji, F. A., Rojas, D., Childs, R., de Ribaupierre, S., & Dubrowski, A. Measuring cognitive load: performance, mental effort and simulation task complexity. *Medical education*, 2015, 49(8), 815-827. <https://doi.org/10.1111/medu.12773>
16. Silvero Isidro, A., Friederichs, H., Mütter, M., Gallus, M., Stummer, W., & Holling, M. Mixed Reality as a Teaching Tool for Medical Students in Neurosurgery. *Medicina*, 2023, 59(10), 1720. <https://doi.org/10.3390/medicina59101720>
17. Goudie, C., Kinnin, J., Bartellas, M., Gullipalli, R., & Dubrowski, A. The Use of 3D Printed Vasculature for Simulation-based Medical Education Within Interventional Radiology. *Cureus*, 2019, 11(4), e4381. <https://doi.org/10.7759/cureus.4381>
18. Hyndman, D., & McHugh, D. Simulation-based medical education: 3D printing and the Seldinger Technique. *International Medical Education*, 2024, 3(3), 180-189. <https://doi.org/10.3390/ime3030016>
19. Telich-Tarriba, J., Ramírez-Sosa, L., Pala-fox, D., Ortega-Hernandez, E., & Rendón-Medina, M. Aplicaciones de la impresión 3D en cirugía plástica reconstructiva. *Rev. Fac. Med.* 2020, 68(4):603-7. <http://dx.doi.org/10.15446/revfac-med.v68n4.77862>
20. Astudillo-Araya, A., Montoya-Cáceres, P., & León-Pino, J. Satisfacción con la simulación clínica de alta fidelidad previo y posterior a prácticas clínicas en estudiantes de enfermería. *Index de Enfermería*, 2023, 32(2), e14358. <https://dx.doi.org/10.58807/indexenferm20235797>
21. Sailema, M., Cajamarca, K., Moreta, J., Manzano, D., & Mariño, V. Satisfacción del uso de simulador de alta fidelidad SimMon en estudiantes de enfermería. *Revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 2023, 4(3), 1448-1463. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9586370>
22. Rodríguez, A., Martínez, E., Garza, G., & Rivera, A. Satisfacción en simulación clínica en estudiantes de medicina. *Educación Médica Superior*, 2021, 35(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412021000300011&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412021000300011&lng=es&tlng=es).
23. Dávila-Cervantes, A. Simulación en Educación Médica. *Investigación en educación médica*, 2014, 3(10), 100-105. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572014000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572014000200006&lng=es&tlng=es).

24. Aggarwal, R., Black, S. A., Hance, J. R., Darzi, A., & Cheshire, N. J. W. Virtual reality simulation training can improve inexperienced surgeons' endovascular skills. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery: The Official Journal of the European Society for Vascular Surgery*, 2006, 31(6), 588–593. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.11.009>
25. *Official Journal of the European Society for Vascular Surgery*, 2006, 31(6), 588–593. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.11.009>



© 2025 Universidad de Murcia. Enviado para su publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Sin Obra Derivada 4.0 España (CC BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).