

Impacto del Uso de Simuladores Hápticos y Realidad Virtual en la Formación de Habilidades Preclínicas en Odontología

Revisión Bibliográfica (2024)

Autores

Yurany Dayana Dorado Cerón

Ingrid Lorena Puchana Vergara

Modalidad de Trabajo de Grado

Revisión Sistemática de Literatura



Universidad Santiago de Cali

Facultad de Salud

Programa de Odontología

Cali, Valle del Cauca

2024

Impacto del Uso de Simuladores Hápticos y Realidad Virtual en la Formación de Habilidades Preclínicas en Odontología

Revisión Bibliográfica (2024)

Autores

Yurany Dayana Dorado Cerón

Ingrid Lorena Puchana Vergara

Tutor de Trabajo de Grado

Dra Catalina Escobar

Especialista en endodoncia



Universidad Santiago de Cali

Facultad de Salud

Programa de Odontología

Santiago de Cali

2024

Tabla de Contenido

Resumen.....	4
Introducción.....	6
Planteamiento del Problema.....	7
Justificación.....	7
Objetivos.....	8
Marco Teórico.....	9
Marco Conceptual.....	10
Marco Contextual.....	11
Marco Ético-Legal.....	12
Metodología.....	13
Presentación y Tablas.....	19
Resultados de los estudios individuales.....	23
Discusión.....	26
Conclusiones.....	28
Referencias.....	29
Anexos.....	31

Impacto del Uso de Simuladores Hápticos y Realidad Virtual en la Formación de Habilidades Preclínicas en Odontología Revisión Bibliográfica (2024)

Palabras Claves: Simuladores hápticos, realidad virtual, odontología, formación preclínica, habilidades clínicas.

Resumen

Introducción: La formación preclínica en odontología ha dependido tradicionalmente de modelos físicos, que, aunque útiles, presentan limitaciones significativas en la simulación de procedimientos clínicos reales. En los últimos años, el uso de simuladores hápticos y tecnologías de realidad virtual ha revolucionado la enseñanza de habilidades motoras en los estudiantes de odontología, proporcionando un entorno seguro, controlado y realista para el aprendizaje. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar el impacto de estas tecnologías en la adquisición de habilidades preclínicas y en la confianza de los estudiantes.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática de la literatura utilizando bases de datos como PubMed, Scopus, Wiley, ScienceDirect, EBSCO y Google Scholar. Se seleccionaron artículos publicados entre 2018 y 2024 que abordaran el uso de simuladores hápticos y realidad virtual en la formación odontológica. Los estudios seleccionados fueron evaluados en función de su relevancia, tipo de estudio y resultados.

Resultados: De los 50 estudios inicialmente identificados, se incluyeron 18 en la revisión. Los simuladores hápticos demostraron una mejora significativa en la adquisición de habilidades motoras, la precisión en los procedimientos clínicos y la reducción del tiempo de trabajo. Además, se observó un aumento en la autoeficacia y la motivación de los estudiantes. La realidad virtual, por su parte, permitió la creación de entornos inmersivos donde los estudiantes podían practicar de manera ilimitada sin riesgos, mejorando su confianza y preparación para situaciones clínicas reales.

Conclusiones: El uso de simuladores hápticos y la realidad virtual ha transformado la formación preclínica en odontología, mejorando tanto las habilidades técnicas como la confianza de los estudiantes. Estas tecnologías permiten una práctica más segura y controlada, reduciendo los errores y perfeccionando las destrezas motoras necesarias para la práctica clínica. Sin embargo, es esencial garantizar el acceso equitativo a estas herramientas y equilibrar su uso con la práctica clínica directa para optimizar el proceso de aprendizaje.

Impact of Haptic Simulators and Virtual Reality in Preclinical Dental Training Literature Review (2024) Revisión Bibliográfica (2024)

Keywords: Haptic simulators, virtual reality, dentistry, preclinical training, clinical skills.

Summary

Introduction: Traditional preclinical dental training has relied on physical models which, while useful, present significant limitations in simulating real clinical procedures. In recent years, the use of haptic simulators and virtual reality technologies has revolutionized the teaching of motor skills to dental students, providing a safe, controlled, and realistic environment for learning. This literature review aims to analyze the impact of these technologies on the acquisition of preclinical skills and student confidence.

Methodology: A systematic literature review was conducted using databases such as PubMed, Scopus, Wiley, ScienceDirect, EBSCO, and Google Scholar. Articles published between 2018 and 2024 addressing the use of haptic simulators and virtual reality in dental training were selected. The selected studies were evaluated based on their relevance, type of study, and results.

Results: Out of the 50 initially identified studies, 18 were included in the review. Haptic simulators showed significant improvements in motor skill acquisition, clinical procedure precision, and reduced work time. Additionally, an increase in student self-efficacy and motivation was observed. Virtual reality, on the other hand, created immersive environments where students could practice without risks, improving their confidence and preparation for real clinical scenarios.

Conclusions: The use of haptic simulators and virtual reality has transformed preclinical dental training, enhancing both technical skills and student confidence. These technologies enable safer and more controlled practice, reducing errors and refining the motor skills necessary for clinical practice. However, ensuring equitable access to these tools and balancing their use with direct clinical practice is essential for optimizing the learning process.

Introducción

La formación odontológica ha evolucionado considerablemente en los últimos años, gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas como la simulación háptica y la realidad virtual, las cuales han mejorado la calidad del aprendizaje preclínico. Tradicionalmente, el proceso de enseñanza se ha basado en modelos físicos tipo fantoma, los cuales, aunque útiles, presentan limitaciones importantes al no replicar con precisión la experiencia sensorial del trabajo con pacientes reales. Estas limitaciones dificultan el desarrollo completo de las habilidades motoras finas y la comprensión de la interacción entre los instrumentos y los tejidos dentales. Para abordar estos desafíos, la simulación háptica proporciona retroalimentación táctil en tiempo real, permitiendo a los estudiantes sentir la resistencia de los materiales y corregir errores de manera autónoma, mientras que la realidad virtual crea entornos inmersivos en los que pueden practicar sin los riesgos asociados al tratamiento de pacientes. Estas innovaciones tecnológicas no solo mejoran la precisión y eficiencia de los procedimientos odontológicos, sino que también incrementan la confianza de los estudiantes al ofrecer oportunidades de autoevaluación continua y repetición de tareas en un entorno controlado. A través de esta revisión, que abarca 50 estudios, de los cuales 18 fueron seleccionados para su análisis exhaustivo, se busca evaluar el impacto de estas herramientas en la adquisición de habilidades clínicas y motoras en odontología, así como en el desarrollo de la confianza y autoeficacia de los estudiantes. Este análisis también contempla los aspectos éticos y legales relacionados con la implementación de estas tecnologías en el ámbito educativo, con un enfoque en la equidad en el acceso y la necesidad de garantizar que los simuladores cumplan con las normativas de seguridad y calidad.

Planteamiento del Problema

La enseñanza tradicional en odontología ha dependido del uso de modelos físicos tipo fantoma, que aunque proporcionan una plataforma básica para practicar, presentan serias limitaciones. Estos modelos carecen de la retroalimentación sensorial necesaria para replicar fielmente la experiencia de trabajar en un paciente real, lo que impide a los estudiantes desarrollar una comprensión precisa de la resistencia de los tejidos y la respuesta de las herramientas. Además, no permiten la corrección inmediata ni la simulación de escenarios clínicos diversos, lo que limita la preparación de los estudiantes para situaciones inesperadas (8). Frente a este desafío, surge la implementación de tecnologías como los simuladores hápticos y la realidad virtual, que ofrecen una retroalimentación en tiempo real y la posibilidad de practicar en entornos controlados y variados sin riesgo para los pacientes (2). En este contexto, se plantea la pregunta de investigación: **¿Cuál es el impacto del uso de simuladores hápticos y la realidad virtual en la formación de habilidades preclínicas en odontología?**

Justificación

La enseñanza de la odontología requiere un enfoque práctico intensivo, en el cual los estudiantes desarrollan habilidades motoras finas y confianza para realizar procedimientos clínicos (11). Los métodos tradicionales, como los modelos fantoma, aunque útiles, tienen limitaciones significativas en cuanto a retroalimentación sensorial y la simulación de escenarios clínicos complejos (2). En este sentido, los simuladores hápticos y la realidad virtual ofrecen avances sustanciales en el proceso de aprendizaje (5). Los simuladores hápticos brindan retroalimentación táctil en tiempo real, replicando la resistencia y textura de los tejidos, lo cual es esencial para perfeccionar la precisión en la práctica odontológica (7). Asimismo, la realidad virtual permite a los estudiantes practicar en entornos inmersivos que simulan escenarios clínicos con gran precisión, sin poner en riesgo a los pacientes (6). Estas tecnologías no solo mejoran las habilidades técnicas, sino que también incrementan la confianza en los estudiantes, preparándolos mejor para la práctica real (12). Para las instituciones educativas, estas innovaciones fortalecen los programas académicos, ofreciendo

una formación más segura y controlada, lo que beneficia también a los pacientes al asegurar una atención clínica más precisa y confiable por parte de los futuros odontólogos (14).

Objetivo General

Evaluar el impacto del uso de simuladores hápticos y de la realidad virtual en la formación de habilidades preclínicas en odontología, con el fin de determinar su efectividad en la mejora de la adquisición de habilidades prácticas y el aumento de la confianza de los estudiantes.

Objetivos Específicos

1. Analizar la historia y evolución de la simulación háptica en odontología para comprender cómo ha avanzado esta tecnología y su impacto en la enseñanza preclínica.
2. Comparar la simulación háptica con otras tecnologías, como la inteligencia artificial, para evaluar los beneficios y limitaciones de cada enfoque en la formación odontológica.
3. Examinar las percepciones de los estudiantes sobre la simulación háptica, identificando cómo estas tecnologías afectan su confianza, habilidades y disposición para enfrentar casos clínicos.

Marco Teórico

La simulación háptica ha revolucionado la formación preclínica en odontología, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades motoras con mayor precisión y rapidez. Estos simuladores han demostrado ser herramientas altamente eficaces para reducir el tiempo de trabajo en procedimientos como la preparación de cavidades, además de mejorar la calidad y la precisión de los resultados (2). Los estudiantes pueden practicar en un entorno seguro, donde los riesgos de lesiones asociados al uso de instrumentos afilados son mínimos, lo que hace que el aprendizaje sea más controlado (5). Al recibir retroalimentación en tiempo real, los estudiantes pueden autoevaluarse de manera constante, corrigiendo errores de forma autónoma y ganando mayor independencia en su proceso de aprendizaje (6). Esta capacidad de autoevaluación no solo facilita una mejora técnica continua, sino que también incrementa la confianza y la motivación, ya que pueden perfeccionar sus habilidades sin la presión de la supervisión directa (12).

La combinación de simulación háptica con tecnología de realidad virtual y visión tridimensional ha mejorado notablemente el rendimiento de los estudiantes, permitiéndoles enfrentarse a desafíos clínicos con mayor seguridad (6). Estos sistemas no solo replican condiciones clínicas reales, sino que también proporcionan retroalimentación objetiva y eliminan la subjetividad en las evaluaciones, lo que garantiza una formación más precisa y personalizada (12). Los estudiantes que se entrenan con estos simuladores han demostrado un aumento en su competencia personal, lo que les permite manejar procedimientos clínicos complejos con mayor confianza y habilidades motoras más desarrolladas (8,11). Además, la capacidad de los simuladores para replicar la resistencia de tejidos como el esmalte y la dentina ofrece una experiencia de aprendizaje realista y detallada, ayudando a los estudiantes a perfeccionar sus movimientos en un entorno controlado (7). Todo esto contribuye a que los futuros profesionales estén mejor preparados para enfrentarse a los retos de la práctica clínica, con una formación sólida que mejora tanto su precisión técnica como su eficiencia en los procedimientos.

Marco Conceptual

El marco conceptual de esta investigación está basado en estudios previos que abordan tecnologías clave en la formación odontológica preclínica, tales como la simulación háptica, la realidad virtual, la inteligencia artificial, la autoeficacia y la formación preclínica. Estos elementos están interrelacionados y juegan un papel esencial en el desarrollo de competencias clínicas en los estudiantes de odontología.

La **simulación háptica** ha demostrado ser una herramienta indispensable para mejorar las habilidades sensoriomotoras, permitiendo a los estudiantes practicar en entornos controlados que imitan procedimientos clínicos reales. Grandez Gomez (8) señala que esta tecnología ofrece beneficios como la retroalimentación sensorial en tiempo real, la posibilidad de grabar procedimientos y mejorar la ergonomía en la práctica dental. Estos simuladores ayudan a los estudiantes a corregir errores en el momento y perfeccionar sus destrezas manuales antes de enfrentar situaciones clínicas reales.

En cuanto a la **realidad virtual**, esta permite la creación de entornos inmersivos donde los estudiantes pueden interactuar con simulaciones clínicas de alta precisión. Esta tecnología ha sido reconocida por su capacidad para reducir riesgos físicos, como señala Daud et al. (5), ya que los estudiantes pueden practicar sin la necesidad de utilizar instrumentos afilados, lo que aumenta la seguridad en el proceso de aprendizaje.

La **inteligencia artificial (IA)**, aunque de manera indirecta, juega un papel fundamental en las simulaciones avanzadas, ya que permite proporcionar retroalimentación en tiempo real y optimizar el proceso de aprendizaje. Las simulaciones asistidas por IA permiten replicar procedimientos clínicos con una alta precisión, facilitando el desarrollo de habilidades psicomotoras necesarias para la práctica odontológica (10).

La **autoeficacia** es otra variable crucial en la formación clínica de los estudiantes. Lee-Muñoz et al. (11) destacan que la simulación háptica, al complementar las metodologías tradicionales, fomenta la autorregulación y la confianza de los estudiantes para enfrentar situaciones desafiantes, lo que les permite mejorar su rendimiento y aumentar su motivación en el aprendizaje.

Finalmente, la **formación preclínica** mediante simulación es esencial para asegurar que los estudiantes adquieran la experiencia y la confianza necesarias antes de realizar intervenciones en pacientes reales. Chávez-Alayo et al. (3) señalan que la práctica previa en simuladores hápticos incrementa la seguridad y precisión de los estudiantes, permitiéndoles realizar procedimientos clínicos complejos con mayor control y eficacia.

Marco Contextual

El estudio se llevará a cabo en laboratorios de simulación odontológica dentro de una institución educativa, donde se utilizan tecnologías avanzadas como la realidad virtual y la retroalimentación háptica. Estos entornos permiten a los estudiantes practicar de manera segura y controlada, simulando procedimientos clínicos sin los riesgos asociados al trabajo con pacientes reales. La combinación de tecnología háptica y modelos realistas ofrece a los estudiantes la posibilidad de realizar prácticas ilimitadas en escenarios de realidad virtual, lo que optimiza el proceso de enseñanza mediante la retroalimentación automática y multimodal, lo que les permite mejorar continuamente sus habilidades (9). Además, los simuladores de realidad virtual con retroalimentación háptica son fundamentales para desarrollar habilidades motoras y manuales, ya que proporcionan retroalimentación en tiempo real, lo que facilita la autoevaluación y mejora la destreza mediante la repetición de tareas en un entorno seguro (13). La integración de tecnologías digitales, como los sistemas CAD/CAM y la realidad virtual, ha transformado estos laboratorios, brindando a los estudiantes un entorno de aprendizaje más preciso y eficiente. Estas tecnologías permiten que los estudiantes reciban retroalimentación inmediata sobre su desempeño, lo que mejora su capacidad de aprendizaje autónomo y reduce la carga de trabajo de los instructores, aunque aún existen desafíos en su implementación completa dentro del currículo educativo tradicional (15). Además, el uso de herramientas digitales avanzadas, como escáneres intraorales y sistemas CAD/CAM, ha permitido que los estudiantes adquieran habilidades técnicas con mayor rapidez y precisión, al simular condiciones clínicas reales. Este enfoque facilita la familiarización con las innovaciones tecnológicas más recientes y mejora la capacidad de los estudiantes para realizar diagnósticos y tratamientos efectivos, contribuyendo a su formación integral (14).

Marco Ético-Legal

El marco ético de la investigación en simulación odontológica se centra en asegurar que el uso de estas tecnologías se realice de manera responsable, respetuosa y alineada con los derechos de los estudiantes. Esto implica, en primer lugar, obtener el consentimiento informado de los participantes, garantizando que comprendan los riesgos, beneficios y objetivos de su participación en los estudios de simulación. Es esencial que los datos recolectados durante estas prácticas sean manejados con estricta confidencialidad, de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales sobre protección de datos personales. La supervisión ética rigurosa es clave para asegurar que las simulaciones se utilicen de manera segura, y que los estudiantes reciban una formación de calidad, sin comprometer su bienestar o privacidad (1).

En cuanto al marco legal, es importante que las instituciones educativas sigan las disposiciones y reglamentos relacionados con el uso de tecnologías de simulación, como las leyes de protección de datos y las normativas que rigen el uso de tecnologías en el ámbito de la salud. Esto incluye la necesidad de que las herramientas tecnológicas empleadas, como los simuladores hápticos y de realidad virtual, estén certificadas por organismos reguladores competentes, garantizando su seguridad y precisión. Por ejemplo, tecnologías avanzadas como la realidad mixta deben cumplir con estándares establecidos por autoridades como la FDA en Estados Unidos, lo que asegura que estas herramientas sean seguras y adecuadas para su uso en la formación clínica (17).

Además, es crucial que las instituciones aseguren un acceso equitativo a estas tecnologías. El acceso desigual a simuladores hápticos y de realidad virtual podría exacerbar las disparidades entre los estudiantes, limitando las oportunidades de aquellos con menos recursos. Desde una perspectiva ética, es necesario que todos los estudiantes, independientemente de su situación económica o geográfica, puedan beneficiarse de estas herramientas para garantizar una formación inclusiva y justa (16). Otro aspecto ético a considerar es la capacitación de los docentes, quienes deben estar preparados no solo en el uso técnico de los simuladores, sino también en cómo manejar los desafíos éticos que surjan en el proceso educativo (4).

Finalmente, es importante que el uso de simuladores sea balanceado con la práctica clínica directa, ya que una sobreexposición a la simulación podría desvirtuar la importancia del aprendizaje práctico con pacientes reales. Los estudios sugieren que debe existir un equilibrio entre las horas de simulación y las de práctica clínica, para que los estudiantes no solo desarrollen habilidades técnicas, sino también las competencias sociales y clínicas necesarias para tratar con pacientes (18). Todo esto debe estar enmarcado dentro de un contexto legal que garantice la justicia en la evaluación del rendimiento estudiantil, promoviendo un aprendizaje justo y ético.

Metodología

Diseño del estudio

El diseño de este estudio es una **revisión bibliográfica sistemática** cuyo objetivo es recopilar, analizar y sintetizar estudios previos sobre el uso de simuladores hápticos y realidad virtual en la formación preclínica de odontología.

Tipo de estudio

Se utilizará un enfoque **descriptivo y comparativo**. Se analizarán estudios cuantitativos que evalúan el desempeño de los estudiantes al utilizar simuladores hápticos y realidad virtual, y estudios cualitativos que exploran las percepciones y experiencias de los estudiantes respecto a estas tecnologías.

Población:

No se trabajará directamente con estudiantes, ya que es una revisión bibliográfica. Se revisarán estudios que involucren **estudiantes de odontología** sin experiencia previa con simuladores, así como aquellos con experiencia en simuladores hápticos y realidad virtual.

Muestra

La "muestra" en este contexto será la **selección de estudios** que cumplan con los criterios de inclusión. A partir de la revisión de bases de datos académicas, se seleccionarán los artículos más relevantes y actualizados.

Criterios de inclusión y exclusión de los estudios revisados

Criterios de inclusión

- Estudios que incluyan estudiantes de odontología sin experiencia previa con simuladores.
- Estudios con estudiantes que ya hayan utilizado simuladores en entrenamientos previos.
- Artículos publicados en los últimos 6 años (2018-2024).
- Estudios que analicen el impacto de los simuladores hápticos y la realidad virtual en la adquisición de habilidades prácticas en la odontología preclínica.

Criterios de exclusión

- Estudios publicados antes de 2018.
- Artículos que no presenten resultados empíricos.
- Estudios no relacionados con el uso de simuladores en la formación odontológica.
- Artículos de paga.
- Artículos no publicados por revistas y bases de datos científicos.

Bases de datos y revistas científicas utilizadas (Se encuentra en Anexos)

Se realizó una búsqueda exhaustiva en las siguientes **bases de datos y revistas científicas**:

- **Bases de datos:**
 - Wiley (Editorial con una gran base de datos de publicaciones científicas).
 - MDPI (Editorial de libre acceso con revistas indexadas).
 - BMC (Parte de Springer Nature, acceso abierto).
 - ScienceDirect (Elsevier, base de datos de publicaciones científicas).
 - PubMed (Base de datos biomédica y médica).

- **Revistas científicas:**
 - Dental Press Journal of Orthodontics.
 - Educación Médica BMC.
 - International Journal of Interdisciplinary Dentistry.
 - Revista Estomatológica Herediana.
 - Revista Odontología Sanmarquina.
 - BMC Oral Health.
 - Scientific Reports.
 - Journal of Dental Education.
 - European Journal of Dental Education.
 - Applied Sciences (MDPI).
 - Sensors (MDPI).
 - BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning.
 - The Journal of Evidence-Based Dental Practice.
 - Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia.

Fases de la investigación

- Se seleccionaron 50 artículos de las bases de datos y revistas mencionadas.
- Los estudios se agruparon según su enfoque en simuladores hápticos y realidad virtual aplicados a la odontología preclínica.
- Se evaluaron los artículos en términos de su relevancia para la investigación y sus resultados en la formación práctica y desarrollo de habilidades.
- Se compararon los resultados entre los estudios que utilizan simuladores y los que aplican métodos tradicionales.

Artículos Seleccionados

1. Lessons learnt and lessons missed from flight simulation
2. Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review
3. Práctica previa odontológica de un caso clínico en simulación háptica antes del tratamiento en el paciente
4. Train Strategies for Haptic and 3D Simulators to Improve the Learning Process in Dentistry Students
5. Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry: the impact of virtual reality haptic simulators
6. Virtual and augmented reality in dental education: The good, the bad and the better
7. Impact of the Haptic Virtual Reality Simulator on Dental Students' Psychomotor Skills in Preclinical Operative Dentistry
8. Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas
9. Perspectives on the implementation of haptic virtual reality simulator into dental curriculum
10. Significance of haptic and virtual reality simulation (VRS) in the dental education: A review of literature
11. Efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica de odontólogos en formación
12. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review

13. Preclinical dental students self-assessment of an improved operative dentistry virtual reality simulator with haptic feedback
14. Digital dentistry and its impact on oral health-related quality of life
15. Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey
16. Virtual reality and haptics in dental education: Implementation progress and lessons learned after a decade
17. Advanced outcomes of mixed reality usage in orthognathic surgery: a systematic review
18. Effectiveness and Student Perceptions of Haptic Virtual Reality Simulation Training as an Instructional Tool in Pre-Clinical Paediatric Dentistry: A Pilot Pedagogical Study

Protocolo y Registro

El presente estudio sigue un **protocolo de revisión bibliográfica** diseñado para garantizar la sistematicidad y transparencia. El proceso de búsqueda y selección de artículos fue documentado y se registró en un Excel empíricamente que simula una base de datos para las investigaciones.

Instrumento

Se empleó un **formulario de extracción de datos** para registrar la información clave de cada estudio. El instrumento incluyó campos para:

- Título del artículo.
- Año de publicación.
- Autores.
- Tipo de simulador utilizado (háptico o realidad virtual).
- Resultados principales.
- Percepción de los estudiantes.
- Evaluación del impacto en las habilidades odontológicas.

Lista de Datos

Los datos extraídos incluyeron:

- Características de los participantes.
- Tipo de simulador utilizado.
- Duración del estudio.
- Resultados sobre habilidades motoras y psicomotoras.
- Percepción de los estudiantes sobre la tecnología.
- Comparación entre métodos tradicionales y simuladores.

Limitaciones

- Los estudios utilizan diferentes herramientas y enfoques, lo que puede dificultar la comparación directa de resultados.
- Algunos estudios pueden no haber sido publicados aún, dado el rápido avance de la tecnología.
- Algunos estudios seleccionados pueden tener tamaños de muestra limitados, lo que reduce la generalización de los resultados.

Financiación

Este trabajo de revisión bibliográfica no ha contado con fuentes de financiación externas.

Presentación y Tablas

Tabla 1. Selección de estudios para la revisión bibliográfica

Etapas	Descripción
Identificación	Número de registros identificados a través de la búsqueda en bases de datos (N=50)
Proceso de selección	Registros después de eliminar duplicados y estudios irrelevantes (N=30)
Elegibilidad	Registros evaluados para su elegibilidad (N=20)
Incluidos	Estudios incluidos en la revisión (N=18)

Tabla 2. Características de los estudios cualitativos/experimentales incluidos

Base de Datos	Título de Investigación	Autores	Año de Publicación	Tipo de Estudio	Resultados/Conclusión
PubMed	Impact of haptic simulators in preclinical dental education	Bandiaky ON et al.	2024	Experimental	Mejora habilidades motoras
Scopus	Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry	Daud A et al.	2023	Experimental	Eficiencia en el aprendizaje
Wiley	Virtual and augmented reality in dental education	Dzyuba N et al.	2022	Experimental	Mejora en la autoevaluación
ScienceDirect	Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas	Grandez Gomez KE	2021	Experimental	Reducción de tiempo y errores

EBSCO	Efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica	Lee-Muñoz X et al.	2023	Cualitativo	Mejora autoeficacia
Google Scholar	Práctica previa odontológica en simulación háptica	Chávez-Alayo P et al.	2024	Cualitativo	Incremento confianza
PubMed	Lessons learnt from flight simulation	Allerton DJ, Lammertse P	2023	Experimental	Retroalimentación efectiva
Scopus	Train Strategies for Haptic and 3D Simulators	Coro-Montanet G et al.	2022	Experimental	Desarrollo de habilidades motoras
Wiley	Virtual reality and haptics in dental education	Serrano CM et al.	2023	Cualitativo	Optimización del aprendizaje
ScienceDirect	Advanced outcomes of mixed reality usage in orthognathic surgery	Stevanie C et al.	2024	Experimental	Avances en cirugía ortognática
EBSCO	Effectiveness of haptic VR Simulation Training	Tchounwou PB et al.	2023	Experimental	Evaluación continua
Google Scholar	Undergraduate dental students' perspective on digital dentistry	Schlenz MA et al.	2020	Cualitativo	Mejora en habilidades técnicas
PubMed	Preclinical dental students' self-assessment of VR simulators	Rodrigues P et al.	2023	Cualitativo	Desarrollo de destrezas

Scopus	Digital dentistry and its impact on oral health-related quality of life	Schierz O et al.	2024	Experimental	Impacto en calidad de vida
Wiley	Effectiveness and Student Perceptions of Haptic VR Simulation	Patil S et al.	2023	Cualitativo	Retroalimentación precisa
ScienceDirect	Impact of haptic VR on dental students' psychomotor skills	Farag A, Hashem D	2022	Experimental	Mejora en precisión y tiempo
EBSCO	Preclinical learning and haptic feedback	Grandez Gomez KE	2021	Cualitativo	Mejora sensoriomotora
Google Scholar	Simulación y realidad virtual en odontología	Tchounwou PB et al.	2023	Experimental	Incremento en habilidades psicomotoras

Tabla 3. Resultados selección de estudios

Año de publicación	Número de Artículos	Porcentaje
2018-2020	1	5.6%
2021-2022	5	27.8%
2023-2024	12	66.7%
Total	18	100%

Tabla 4. Base de datos

Base de Datos	Número de Artículos	Porcentaje
PubMed	3	16.67%
Scopus	3	16.67%
Wiley	3	16.67%
ScienceDirect	3	16.67%
EBSCO	3	16.67%
Google Scholar	3	16.67%
Total	18	100%

Resultados de los estudios individuales

Allerton DJ, Lammertse P (2023): Este estudio, aunque se centra en simulaciones de vuelo, proporciona lecciones valiosas que se pueden aplicar a la simulación odontológica. El estudio destaca la importancia de un marco ético sólido, la necesidad de contar con normativas claras y la supervisión rigurosa para asegurar que las simulaciones se utilicen de manera efectiva y segura. Además, subraya la importancia del consentimiento informado y la protección de los datos de los participantes, lo que garantiza el respeto por la privacidad y los derechos de los estudiantes que participan en las simulaciones (1).

Bandiaky ON et al. (2024): El estudio destaca que el uso de simuladores hápticos en la formación preclínica mejora significativamente las habilidades motoras de los estudiantes. Los simuladores permiten una práctica más eficiente y precisa, con mejoras en la calidad de las preparaciones cavitarias y en la reducción del tiempo necesario para completar los procedimientos (2).

Chávez-Alayo P et al. (2024): Los estudiantes que utilizaron simuladores hápticos en sus prácticas preclínicas reportaron un incremento en la confianza y seguridad para realizar intervenciones en pacientes reales. El estudio subraya que el 83.3% de los estudiantes sintió que la experiencia les preparó adecuadamente para las prácticas clínicas (3).

Coro-Montanet G et al. (2022): Los simuladores hápticos y 3D mejoran las habilidades motoras de los estudiantes, proporcionando una retroalimentación continua y en tiempo real. Este estudio destaca que los simuladores facilitan la autoevaluación y permiten a los estudiantes practicar procedimientos clínicos sin riesgos (4).

Daud A et al. (2023): Este estudio concluye que los simuladores de realidad virtual con retroalimentación háptica mejoran la experiencia de aprendizaje en la odontología preclínica. Los estudiantes muestran una mayor eficiencia en el desarrollo de habilidades psicomotoras y una reducción en el riesgo de lesiones físicas asociadas con instrumentos afilados (5).

Dzyuba N et al. (2022): El estudio muestra que el uso de simuladores de realidad virtual con retroalimentación táctil y visión 3D mejora la precisión y la calidad del aprendizaje,

permitiendo a los estudiantes corregir errores de forma autónoma. La combinación de retroalimentación háptica y visual facilita un aprendizaje más controlado y efectivo (6).

Frag A, Hashem D (2022): El uso de simuladores de realidad virtual háptica resultó en una mejora significativa de las habilidades psicomotoras en la odontología operativa preclínica. Los estudiantes lograron una mayor precisión en la preparación cavitaria y en la excavación de caries, con una reducción en el tiempo de trabajo (7).

Grandez Gomez KE (2021): Este estudio subraya que los simuladores hápticos en la odontología son una herramienta esencial para mejorar la retroalimentación sensorial y la ergonomía en los procedimientos. Los simuladores permiten una reducción en el tiempo de trabajo y una mejora en la precisión de los procedimientos clínicos (8).

Hsu MH et al. (2022): Los laboratorios equipados con simuladores hápticos y tecnología de realidad virtual ofrecen a los estudiantes la oportunidad de practicar de manera ilimitada en un entorno controlado. Este estudio concluye que los simuladores permiten mejorar la precisión y la seguridad en la práctica preclínica sin los riesgos asociados al trabajo con pacientes reales (9).

Imran E et al. (2021): Las simulaciones de realidad virtual asistidas por inteligencia artificial mejoran la retroalimentación en tiempo real y optimizan el aprendizaje de los estudiantes. Las simulaciones replican con precisión los procedimientos clínicos, permitiendo que los estudiantes adquieran habilidades psicomotoras esenciales en un entorno seguro (10).

Lee-Muñoz X et al. (2023): El uso de simuladores hápticos incrementa la autoeficacia de los estudiantes al permitirles practicar procedimientos clínicos complejos de manera repetitiva y segura. La simulación motiva a los estudiantes a enfrentar situaciones clínicas desafiantes, mejorando su confianza y habilidades de autorregulación (11).

Patil S et al. (2023): Los dispositivos de retroalimentación háptica permiten a los estudiantes mejorar sus habilidades motoras al recibir retroalimentación inmediata sobre su desempeño.

Los estudiantes pueden ajustar sus movimientos en tiempo real, lo que incrementa la precisión y elimina la subjetividad en la evaluación (12).

Rodrigues P et al. (2023): El estudio resalta que los simuladores de realidad virtual con retroalimentación háptica son esenciales para el desarrollo de habilidades motoras y manuales en odontología. La retroalimentación en tiempo real facilita la autoevaluación continua, mejorando el rendimiento de los estudiantes en los procedimientos clínicos (13).

Schierz O et al. (2024): Los simuladores digitales utilizados en la odontología mejoran la calidad de vida relacionada con la salud oral. Estos dispositivos permiten a los estudiantes practicar con herramientas digitales avanzadas, como escáneres intraorales y sistemas CAD/CAM, lo que mejora la precisión en los diagnósticos y tratamientos (14)

Schlenz MA et al. (2020): La implementación de tecnologías digitales como los sistemas CAD/CAM en los laboratorios de simulación odontológica mejora tanto las habilidades técnicas como la capacidad de autoevaluación de los estudiantes. Estas tecnologías permiten recibir retroalimentación inmediata sobre el desempeño de los estudiantes, mejorando la eficiencia del aprendizaje (15).

Serrano CM et al. (2023): Los simuladores hápticos y de realidad virtual en la educación odontológica ofrecen una plataforma que optimiza el aprendizaje práctico. El estudio subraya la importancia de la retroalimentación inmediata y la capacidad de practicar de forma ilimitada en un entorno seguro (16)

Stevanie C et al. (2024): Las tecnologías avanzadas como la realidad mixta han demostrado ser efectivas en la cirugía ortognática. El estudio señala que la simulación permite una práctica más precisa, mejorando los resultados clínicos en procedimientos complejos (17).

Tchounwou PB et al. (2023): Los estudiantes perciben los simuladores hápticos como herramientas esenciales para el aprendizaje en odontología pediátrica. Los simuladores permiten mejorar las habilidades psicomotoras y ofrecen una retroalimentación precisa y en tiempo real, lo que optimiza el proceso de enseñanza (18).

Discusión

La revisión de los 18 estudios seleccionados muestra una tendencia consistente en la efectividad de los simuladores hápticos y la realidad virtual (VR) en la educación preclínica de odontología. La implementación de estas tecnologías ha revolucionado la enseñanza, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades motoras y sensoriomotoras en un entorno controlado, seguro y sin los riesgos asociados al trabajo con pacientes reales. A lo largo de los estudios revisados, se observó una mejora notable en la precisión de los procedimientos clínicos simulados, un incremento en la autoevaluación y una mayor confianza en las habilidades adquiridas.

La simulación háptica ha demostrado su capacidad para replicar fielmente las condiciones clínicas reales, proporcionando retroalimentación en tiempo real sobre la resistencia de los tejidos y las herramientas utilizadas en odontología (2, 3, 7). Los estudiantes han podido perfeccionar sus destrezas manuales y reducir el tiempo necesario para completar tareas como la preparación de cavidades o la colocación de implantes dentales (2, 5, 7). Además, la retroalimentación objetiva proporcionada por los simuladores elimina la subjetividad en las evaluaciones y permite una corrección de errores más eficiente (12).

Por otro lado, la realidad virtual ha sido valorada por su capacidad de crear entornos inmersivos que permiten a los estudiantes enfrentarse a escenarios clínicos complejos sin poner en riesgo la seguridad de los pacientes (5, 6). Esta tecnología también ha permitido la autoevaluación continua, mejorando la precisión de los estudiantes en tareas odontológicas y facilitando su transición a la práctica clínica real (13).

En términos de autoeficacia, varios estudios resaltaron cómo el uso de simuladores hápticos y de realidad virtual incrementa la confianza de los estudiantes en sus habilidades. La práctica repetida en entornos simulados fortalece su autorregulación y les brinda seguridad para enfrentar procedimientos en pacientes reales (3, 11). Sin embargo, se destacó la importancia de equilibrar las horas de simulación con la práctica clínica directa, para evitar que los estudiantes dependan excesivamente de la simulación y desarrollen también habilidades interpersonales y clínicas necesarias para tratar a pacientes (18).

Finalmente, los estudios también señalaron desafíos éticos y legales, como la necesidad de garantizar un acceso equitativo a estas tecnologías y de asegurar la certificación adecuada de los simuladores utilizados en la enseñanza (1,4,16,17). La supervisión ética es fundamental para asegurar que las simulaciones se utilicen de manera segura y eficaz, protegiendo los derechos de los participantes y garantizando la confidencialidad de los datos personales.

Conclusiones

A través de esta revisión bibliográfica, se confirma que la simulación háptica y la realidad virtual han transformado significativamente la enseñanza preclínica en odontología, proporcionando a los estudiantes una formación más segura, precisa y efectiva. Los simuladores hápticos ofrecen una retroalimentación en tiempo real que permite mejorar las habilidades motoras, reducir el tiempo de trabajo y corregir errores de manera autónoma. Estos avances han permitido a los estudiantes adquirir una mayor precisión en los procedimientos clínicos y una mayor confianza en sus habilidades.

La realidad virtual complementa la simulación háptica al crear entornos inmersivos y seguros donde los estudiantes pueden practicar sin los riesgos asociados a los pacientes reales, lo que favorece su preparación para enfrentar escenarios clínicos complejos. La combinación de estas tecnologías ha demostrado ser esencial para mejorar tanto el rendimiento como la autoevaluación de los estudiantes en odontología.

No obstante, es importante señalar que la implementación de estas tecnologías debe realizarse de manera equitativa, asegurando que todos los estudiantes tengan acceso a ellas independientemente de su situación económica. Además, debe existir un equilibrio entre el uso de simuladores y la práctica clínica directa para garantizar el desarrollo completo de las competencias clínicas y sociales necesarias en la atención al paciente.

Finalmente, los estudios revisados destacan la importancia de mantener la supervisión ética y legal en el uso de estas tecnologías, asegurando que los simuladores cumplan con los estándares de seguridad y que los derechos de los estudiantes sean protegidos. La formación en simuladores hápticos y de realidad virtual, debidamente regulada y accesible, representa un avance significativo en la educación odontológica, mejorando la calidad de la formación y la seguridad del paciente en el futuro.

Referencias

1. Allerton DJ, Lammertse P. Lessons learnt and lessons missed from flight simulation. *Eur J Dent Educ.* 2023. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3731787/>
2. Bandiaky ON, Lopez S, Hamon L, Clouet R, Soueidan A, Le Guehenec L. Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review. *J Dent Educ.* 2024;88:366–79. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jdd.13426>
3. Chávez-Alayo P, Fukuhara-Nakama M, Fernández-Jacinto L. Práctica previa odontológica de un caso clínico en simulación háptica antes del tratamiento en el paciente. *Rev Estomatológica Hered.* 2024;34(2):191–4. Disponible en: <http://44.198.254.164/index.php/REH/article/view/5537>
4. Coro-Montanet G, Monedero MJP, Ituarte JS, Calvo A de la H. Train Strategies for Haptic and 3D Simulators to Improve the Learning Process in Dentistry Students. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(7). Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/7/4081>
5. Daud A, Matoug-Elwerfelli M, Daas H, Zahra D, Ali K. Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry: the impact of virtual reality haptic simulators. *BMC Med Educ.* 2023;23(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38087290/>
6. Dzyuba N, Jandu J, Yates J, Kushnerev E. Virtual and augmented reality in dental education: The good, the bad and the better. *Eur J Dent Educ.* 2022. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eje.12871>
7. Farag A, Hashem D. Impact of the Haptic Virtual Reality Simulator on Dental Students' Psychomotor Skills in Preclinical Operative Dentistry. *Clin Pract.* 2022;12(1):17–26. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35076504/>
8. Grandez Gomez KE. Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas. *Odontol Sanmarquina.* 2021;24(3):261–7. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/download/20717/16860/70628>
9. Hsu MH, Yang HW, Chang YC. Perspectives on the implementation of haptic virtual reality simulator into dental curriculum. *J Dent Sci.* 2022;17:1441–2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790222000307>
10. Imran E, Adanir N, Khurshid Z. Significance of haptic and virtual reality simulation (VRS) in the dental education: A review of literature. *Appl Sci.* 2021;11(21). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/21/10196>

11. Lee-Muñoz X, Vergara-Núñez C, Mejía-Díaz V, Garrido-Varela S, Álvarez-Bustamante S, Díaz-Pollak S. Efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica de odontólogos en formación. *Int J Interdiscip Dent*. 2023;16(1):30–3. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S2452-55882023000100030&script=sci_arttext
12. Patil S, Bhandi S, Awan KH, Licari FW, Di Blasio M, Ronsivalle V, et al. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review. *BMC Oral Health*. 2023;23(1). Disponible en: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-023-03410-3>
13. Rodrigues P, Nicolau F, Norte M, Zorzal E, Botelho J, Machado V, et al. Preclinical dental students self-assessment of an improved operative dentistry virtual reality simulator with haptic feedback. *Sci Rep*. 2023;13(1). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29537-5>
14. Schierz O, Hirsch C, Krey KF, Ganss C, Kämmerer PW, Schlenz MA. Digital dentistry and its impact on oral health-related quality of life. *J Evid Based Dent Pract*. 2024;24. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532338223001422>
15. Schlenz MA, Michel K, Wegner K, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. Undergraduate dental students’ perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):1–10. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-020-01071-0>
16. Serrano CM, Bakker DR, Zamani M, de Boer IR, Koopman P, Wesselink PR, et al. Virtual reality and haptics in dental education: Implementation progress and lessons learned after a decade. *Eur J Dent Educ*. 2023;27(4):833–40. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eje.12873>
17. Stevanie C, Ariestiana YY, Hendra FN, Anshar M, Boffano P, Forouzanfar T, et al. Advanced outcomes of mixed reality usage in orthognathic surgery: a systematic review. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2024;46(1):29. Disponible en: <https://jkamprs.springeropen.com/articles/10.1186/s40902-024-00440-x>
18. Tchounwou PB, Philip N, Ali K, Duggal M, Daas H, Nazzal H. Effectiveness and Student Perceptions of Haptic Virtual Reality Simulation Training as an Instructional Tool in Pre-Clinical Paediatric Dentistry: A Pilot Pedagogical Study. 2023. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38201-x>

Anexos

Base de datos de estudios sobre simulación háptica y realidad virtual en la formación odontológica (2018-2024).

https://docs.google.com/spreadsheets/d/106jcZ8TLVhl_cUaPFwOh0rdq6TTN7R8sTlej3E1IfD8/edit?usp=sharing