CONTRIBUCIÓN DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS DE SIMULACIÓN CLÍNICA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS PSICOMOTRICES EN ODONTOLOGÍA

Trabajo de Investigación
requisito para optar al
Título de Cirujano Dentista

Estudiantes: Fernanda Leiva
Catalina Melo
Catalina Rojas

Docente Guía: Prof. Dra. María José Hernández

Valparaíso - Chile
2022

Dedicatoria

A mi familia y amigos que me han acompañado en este proceso, en especial a mi mamá, Jessica que siempre ha estado apoyándome.

Fernanda

A Nora y Eduardo, mis padres, quienes inculcaron en mí el deseo por aprender y ser profesional. A mis hermanas, Nora, Camila, Paulina y Josefa, quienes han sido un ejemplo de perseverancia y superación. Pero por sobretodo a Catalina Rojas, mi amiga incondicional, que me ha acompañado desde el inicio de la carrera, sin tí nada hubiese sido posible. Finalmente a mí misma, por no decaer en ningún momento, a pesar de las adversidades de la vida; y a Bad Bunny y Juan Gabiel quienes me dieron la música y alegría que necesitaba en la recta final de este escrito.

Catalina Melo

A mi familia por todo el apoyo que me han dado en la carrera, en especial a mi abuela Victoria por todas sus enseñanzas de vida y que reflejan la persona que soy hoy en día, a las personas que aparecieron en el camino y que hoy llamo amigos por su incondicionalidad ,a mi misma por el esfuerzo que realicé en toda la vida universitaria. Finalmente a Catalina Melo por su apoyo condicional y ser mi compañera en este largo camino que se llama estudiar Odontología.

Catalina Rojas

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra docente guía, Dra. María José Hernandez, quién nos acompañó en este proceso. Valoramos la confianza puesta en nosotras para desarrollar este extenso trabajo de investigación.

También agradecemos a la Dra. Carolina Pardo, quién nos guió para que la investigación fuera por el curso correcto.

Por último, y no menos importante, a la Dra. Marjorie Borgeat, quién ha dedicado su tiempo a guiar a este grupo de futuros investigadores en el área odontológica, con compresión y apoyo.

ÍNDICE

Introducción 1

Marco Teórico 4

1. Generalidades de educación en odontología 4

2. Competencias psicomotrices orientadas a la odontología. 6

2.1 Desarrollo psicomotor. 6

2.2 Psicomotricidad. 7

2.3 Habilidades psicomotoras en odontología 7

3. Simulación en estudiantes de odontología. 8

4. Herramientas de simulación en odontología. 11

5. Realidad virtual o aumentada y tecnologías hápticas. 12

6. Impresión 3D y CAD/CAM. 15

Pregunta de investigación 17

Objetivos 18

Objetivo general 18

Objetivos específicos 18

Materiales y Métodos 19

1.Estrategia de búsqueda 19

2. Criterios de selección 21

3.Selección de artículos 22

4.Análisis de artículos. 22

Resultados 23

Discusión 26

A. Simuladores hápticos, realidad virtual y realidad aumentada. 26

B. Inteligencia artificial y robótica 32

C. Impresión 3D y CAD/CAM. 32

D. Sistema de magnificación. 34

E. Videos. 35

F. Psicomotricidad..... 37

Limitaciones y fortalezas de la investigación 38

Recomendaciones 38

Conclusiones..... 40

Referencias bibliográficas..... 41

Resumen

Antecedentes: En los últimos años se han desarrollado diversas herramientas tecnológicas en odontología, las cuales se han implementado en el área docente para la formación de nuevos profesionales. Estudios sugieren que el uso de herramientas tecnológicas en conjunto con la práctica de simulación tradicional, mejora el desarrollo de habilidades psicomotrices de los estudiantes.

Objetivos: Evaluar aportes de herramientas y tecnologías dirigidas al desarrollo de competencias psicomotrices en los estudiantes de la carrera de odontología.

Metodología: Revisión crítica de la literatura. Se realizó una búsqueda de literatura en las plataformas Pubmed, Scopus y Cochrane. A partir de los objetivos, criterios de inclusión y exclusión planteados por los investigadores, se seleccionarán los artículos que aporten información sobre herramientas tecnológicas de simulación, aplicadas en el desarrollo de competencias psicomotrices en estudiantes de pregrado de odontología.

Resultados: Se describieron y evidenciaron herramientas tecnológicas de simulación clínica utilizadas en el entrenamiento profesional de estudiantes del área odontológica, enfocadas en el desarrollo de competencias psicomotrices, así como también se demostró que el uso de estas en conjunto con la simulación clínica tradicional mejora las habilidades de los odontólogos profesionales.

Limitaciones: Dentro de las limitaciones, encontramos un amplio volumen de información, con diversos enfoques y conclusiones, las cuales dieron resultados contradictorios. Esto se debe a los diferentes diseños y metodologías, como también posibles conflictos de intereses de los autores. Otra limitación para esta investigación fue el corto plazo para terminar la investigación, debido a esto se redujo la búsqueda de artículos.

Introducción

En las ciencias de la salud se han utilizado herramientas de simulación clínica para generar procesos de aprendizaje; ya que estas son un conjunto de métodos que facilitan a los estudiantes la adquisición de habilidades y destrezas que utilizarán en la profesión en escenarios que se asemejan a la realidad y no ponen en riesgo a los pacientes ante procedimientos que podrían complicarse (1).

Actualmente existen diferentes simuladores que se vinculan al área de la salud, algunos son utilizados en procedimientos quirúrgicos y otros como estrategia de aprendizaje. En la educación odontológica, al igual que en otras ciencias de la salud, se destaca la utilización de simuladores como el paciente estandarizado, simuladores humanos, simuladores virtuales y simuladores de habilidades (2).

La innovación tecnológica en odontología se ha beneficiado con el avance de la utilización de herramientas que facilitan y optimizan los procedimientos propios del área profesional. Dichas herramientas han sido acogidas en el área docente para perfeccionar la formación de la nueva generación de odontólogos, pues se ha incorporado, por ejemplo, el uso de softwares mediante imágenes, así como también otros sistemas: tales como, la realidad virtual, realidad aumentada y sistemas hápticos, los que se han añadido a la educación con la finalidad de entrenar a los estudiantes para la práctica clínica (3).

Los estudiantes de odontología deben desarrollar diversas competencias a lo largo de su vida académica, siendo la más destacada la competencia psicomotriz. Dicha característica es importante para los odontólogos, pues se asocia transversalmente a la realización de todos los tratamientos clínicos como lo son: la realización de cavidades, preparación de muñones en prótesis fijas, confección de tratamientos provisorios, entre otros. Cabe destacar que, la competencia psicomotriz, se puede desarrollar y mejorar en el tiempo; es así como en la formación odontológica está en constante evolución a medida que se avanza en el plan curricular, ya que se potencia al practicar en pacientes y/o simuladores.

Por lo tanto, los simuladores son uno de los protagonistas para adquirir movimientos corporales propios de la carrera de odontología. Los más utilizados son los fantomas, que se consideran como la simulación tradicional, estos tienen una gran aproximación a la realidad del paciente, pues simulan la cavidad oral utilizando dientes artificiales; pero no consideran saliva, lengua ni otros factores a los que se enfrenta un estudiante al momento de ejercer como dentista.

En los últimos años se han incorporado simuladores que combinan lo tradicional con lo tecnológico, como lo son los simuladores virtuales y hápticos, aunque existen una amplia gama de otros simuladores modernos. El uso de estos simuladores ha permitido aprovechar la tecnología disponible como herramienta didáctica activa, posibilitando al estudiante realizar actividades de la disciplina profesional de manera segura y controlada, ya que se generan interacciones en un entorno parecido a la realidad con elementos que lo posicionan en una situación que exige la integración de sus conocimientos y habilidades. Todo lo anterior es con el fin de resolver, desarrollar y recibir una retroalimentación de las situaciones simuladas.

Se han realizado evaluaciones utilizando las herramientas tecnológicas mencionadas, lo que ha demostrado un mejor rendimiento en los alumnos que utilizaron estas tecnologías para completar sus prácticas preclínicas. En la actualidad, la implementación de las herramientas de simulación modernas en educación de pregrado es emergente y se ha visto limitada por sus altos costos de implementación, mantención y capacitación (3).

La actividad de los odontólogos requiere la combinación de un profundo conocimiento académico combinado con una alta habilidad clínica. Un graduado en odontología precisa ser, además de competente en realizar un buen diagnóstico y planificación de tratamiento, también serlo en destrezas psicomotrices al finalizar sus estudios universitarios.

Es por esto que innovar y fortalecer el desarrollo de competencias profesionales durante el pregrado es un desafío constante para las diferentes escuelas de odontología (4). En este contexto, evaluar la contribución de nuevas tecnologías en simulación se hace necesario para aportar al progreso en modelos de educación.

Marco Teórico

1. Generalidades de educación en odontología.

La fundación ADEA presenta una guía sobre los conocimientos y competencias fundamentales de un odontólogo general. Este documento describe los conocimientos, las destrezas cognitivas y las habilidades necesarias para la práctica segura y básica de la odontología; determina que un estudiante egresado de pregrado debe ser capaz de aplicar los conocimientos de cada área para ayudar en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades del sistema estomatognático para promover y mantener la salud bucal. Dentro de los criterios que se incorporan se incluyen el pensamiento crítico, actitud ética profesional, competencias clínicas, entre otros (5); los que se consideran y se describen de manera general como criterios mínimos que debe lograr un estudiante.

En 1994 la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó recomendaciones sobre la educación dental, la cual debe estar basada en problemáticas, ser social y culturalmente relevante, así como también ser orientada a la comunidad. Estas recomendaciones, entre muchos otros factores, como cambios en los patrones de salud, impulsó el desarrollo y la evaluación de los planes de estudio en educación dental a nivel mundial (6). Se abogó particularmente por el uso del conocimiento y pensamiento científico para tomar decisiones clínicas, ya que son obligatoriamente necesarias para llegar a un diagnóstico o seleccionar entre opciones de tratamiento; esto se conoce como práctica basada en la evidencia (PBE). La motivación para enseñar PBE es la suposición de que, mediante el uso de evidencia de alta calidad clínicamente relevante, los médicos tomarán decisiones clínicas racionales que mejorarán los resultados de salud del paciente (7).

Asimismo, el aprendizaje basado en problemas (ABP) toma relevancia en los planes curriculares de odontología con el fin de motivar el aprendizaje significativo. El ABP en la educación médica se originó en la Universidad McMaster en Canadá en los años 1960, pero comenzó su integración a los programas curriculares en dicho país y Estados Unidos en el año 2002. Los objetivos educativos de ABP incluyen la

estructuración del conocimiento para su uso en contextos clínicos, el desarrollo de un proceso de razonamiento eficaz, el desarrollo de un aprendizaje de habilidades autodirigido y una mayor motivación para aprender.

Varios estudios en educación médica sugieren que los estudiantes capacitados en ABP son más capaces de aprender y retener información e integrar el conocimiento científico básico en una solución de problemas clínicos. Se ha observado un éxito en la incorporación de estos métodos de enseñanza odontológica, sin embargo se sigue utilizando en conjunto con la educación tradicional; principalmente a causa de las diferentes competencias que debe lograr un odontólogo general, donde existen algunas áreas que son difíciles de adaptar a estas técnicas de docencia (8).

En cuanto al enfoque didáctico de la educación dental, este se basa en tres componentes: educación teórica, preclínica y clínica. Estos tres componentes son incrementales y forman una línea de aprendizaje donde encontramos:

1. Conocimiento y comprensión (educación teórica).
2. Formación de habilidades clínicas (educación preclínica).
3. Integración de la educación teórica y preclínica que demuestra competencias en un contexto clínico (educación clínica).

La experiencia clínica en el plan de estudios de pregrado debe incorporar el diagnóstico, planificación de tratamiento, tratamiento en sí y el mantenimiento de este, e incluyendo las posibles complicaciones con sus soluciones. Por consiguiente se desprenden diferentes aspectos de las competencias que se deben desarrollar; se expresa como competencia integrar e interrelacionar conocimientos, habilidades y actitudes para crear la solución a un problema.

Por lo tanto, surgen las competencias conceptuales, las competencias psicomotrices o procedimentales y las competencias profesionales (9):

a) Competencias conceptuales: hace referencia a conocimiento de conceptos teóricos, hechos o principios. En la evaluación de los conceptos se considera el reconocimiento de la definición, relación, identificación y categorización de este.

b) Competencias psicomotrices o procedimentales: predominio del dominio psicomotriz, como consecuencia de una acción educativa, se refleja como resultado un desempeño físico o neuromuscular. Tiene un grado de conocimiento sobre el procedimiento; grado de acierto en la elección de procedimientos para solucionar una tarea; aplicación del procedimiento a situaciones particulares; generalización del procedimiento en otros contextos y grado de automatización del procedimiento.
c) Competencias profesionales y/o actitudinales: El crecimiento en valores y adecuadas actitudes, son parte importante del proceso de socialización que llevan a cabo los estudiantes en su larga convivencia con la universidad.

La capacitación de los estudiantes en estas habilidades clínicas generalmente se realiza a través de un modelo de aprendizaje, donde se practican procedimientos clínicos bajo la tutoría atenta de los miembros de la facultad clínica (8). La combinación teórica y la adquisición de habilidades manuales es esencial en los curriculum de odontología, mientras que, la repetición de técnicas preclínicas es necesaria para alcanzar el nivel de habilidad (precisión y calidad) que el estudiante requiere en clínica para el tratamiento de su paciente.

2. Competencias psicomotrices orientadas a la odontología.

2.1 Desarrollo psicomotor.

Carl Wernicke fue quién acuñó el término de desarrollo psicomotor refiriéndose al fenómeno evolutivo de adquisición continua y progresiva de habilidades a lo largo de la infancia; dentro de las habilidades que menciona el autor se encuentran la comunicación, el comportamiento y la motricidad. El desarrollo psicomotor es un término que indica evolución y cambios de manera gradual (10).

Todo esto inicia con el nacimiento y, cuando va creciendo, se van desarrollando aún más habilidades, todas dependiendo de la edad en la que se encuentre el niño.

Se debe tener en claro que los niños son quienes presentan un mayor avance en cuanto a las habilidades psicomotrices ya que están en pleno crecimiento y maduración del sistema nervioso lo que los hace candidatos ideales para el proceso de aprendizaje, ya que sus conexiones neuronales se están recién formando (11).

2.2 Psicomotricidad.

Al dividir la palabra, encontramos dos elementos que son motriz y psíquico, en donde el primero se refiere al movimiento, y psíquico indica la actividad psíquica relacionada a lo social-afectivo y a lo cognitivo. Todo esto se resume en el desarrollo de manera integral de cada persona.

Con respecto a la educación de cada persona, en especial de los niños, se requiere que se vaya orientando en relación a diferentes objetivos de la psicomotricidad, los cuales son (12):

- La capacidad sensitiva de acuerdo con las sensaciones que va teniendo cada persona en relación a su propio cuerpo.
- La capacidad perceptiva en donde convergen las sensaciones propias del cuerpo con lo relacionado al ambiente dando sentido a la realidad.
- La capacidad simbólica y representativa por medio de la simbolización de los datos de la realidad.

2.3 Habilidades psicomotoras en odontología

Ya cuando los estudiantes de odontología ingresan a la universidad, tienen desarrollado la mayoría de sus habilidades básicas, las cuales son resultantes de factores propios de la persona, además de la interacción que este tiene con factores psicosociales, tales como, familia, redes de apoyo, escolaridad, condiciones de vida, entre otros. Es por lo anterior que en la educación superior se van a ir perfeccionando las diversas habilidades que presentan, así como a adquirir algunas competencias, las

cuales los estudiantes no presentan o no son de uso diario por los mismos, entonces tienen nulo conocimiento ni desarrollo de estas.

Para adquirir estas habilidades, que son prácticamente desconocidas para los estudiantes, se debe pasar primero por todo lo que es teoría y así luego a la práctica y simulación de, por ejemplo, la visión indirecta la cual es una competencia fundamental para el odontólogo en donde se debe desarrollar la red neuronal visión-tacto, esto netamente se logra con la práctica constante. Otra habilidad motora que se debe ir perfeccionando es la sensación táctil frente a diversos estímulos como, por ejemplo, al momento de realizar una endodoncia donde se debe ingresar al conducto con limas pequeñas.

Por lo anterior es necesario realizar las diversas actividades preclínicas que perfeccionan las habilidades psicomotoras de cada estudiante, para llegar a la atención de pacientes o práctica netamente clínica con la mayor cantidad de habilidades motoras y sociales, además de la confianza que logran adquirir por el hecho de ser conscientes de que son capaces de hacer los diferentes procedimientos y tratamientos debido al tiempo dedicado con anterioridad a perfeccionar sus competencias psicomotrices.

Se debe considerar que al terminar el pregrado no es el momento en donde se termina el desarrollo, perfeccionamiento, y adquisición de estas habilidades y competencias, ya que dentro de la misma actividad profesional, los odontólogos siguen practicando y, por ende, aumenta más sus diferentes capacidades. También existen otras instancias que requieren de perfeccionamiento en actividades más específicas como lo son las especialidades y posgrados, entre otros.

3. Simulación en estudiantes de odontología.

Simulación se define como la representación artificial de procesos reales, con la suficiente fidelidad para alcanzar una meta en particular, sea ésta el entrenamiento del individuo o la evaluación de sus habilidades. Dentro de sus características principales se

encuentran: la observación del mundo real, su representación física o simbólica, la acción sobre esta representación y los efectos de esta acción sobre el aprendizaje humano (2).

La simulación clínica en el pregrado es una parte fundamental para comenzar a poner en práctica lo aprendido durante los primeros años de formación teórica. El desarrollo cognitivo se ve reflejado en el desarrollo de habilidades y destrezas psicomotrices. Esta herramienta educativa entrega diferentes habilidades, destrezas, técnicas y las competencias fundamentales para la formación del odontólogo.

Lo anterior tiene relación con que la curva de aprendizaje activo es mayor que el pasivo, además los contenidos que son aprendidos de forma activa son recordados por los estudiantes un 90% más (13).

La simulación actúa en diferentes etapas del proceso educativo; en primera instancia durante la enseñanza y el aprendizaje en donde lo que busca es, como es mencionado anteriormente, mejorar las habilidades ya sean diagnósticas, psicomotoras, de tratamiento y de relaciones humanas. En segundo lugar, este método de enseñanza ocupa un papel al momento de realizar evaluaciones, pues mide las capacidades de los estudiantes en las diferentes áreas donde se requiera el uso de la simulación, como lo son presentaciones de casos clínicos y sus resoluciones, identificación de patologías, de problemas y uso del razonamiento clínico (14).

La simulación clínica se puede clasificar según el nivel de fidelidad, en donde las de bajo nivel corresponden a los entrenadores que tienen tareas específicas técnicas que se realizan en una estación de trabajo, está relacionada con hacer una actividad en una zona del cuerpo como la cavidad oral, en relación a esto se genera una estandarización de los estudiantes, además, se van realizando simulaciones en tres dimensiones, con visión directa e indirecta, trabajos clínicos y de laboratorio; todo es con el objetivo de que los estudiantes vayan adquiriendo destrezas y habilidades, aumentando de esta forma la confianza al momento de atender a un paciente ya en la práctica clínica (14).

Por otro lado se encuentra la simulación de mediano nivel de fidelidad, la cúal está más bien enfocada a agregar ese componente emocional y afectivo a la habilidad psicomotora, estas simulaciones se miden con la interacción y comunicación odontólogo-usuario en diferentes contextos, tales como pacientes estandarizados y simuladores, donde la tecnología juega un rol fundamental a la hora de realizar actividades con pacientes simulados por medio del uso de la virtualidad, como la realidad virtual o aumentada; pues así se genera un conocimiento y adquisición de habilidades afectivas más completas (14).

En odontología las prácticas previas al ingreso a clínica y a la atención directa del paciente, llamadas actividades preclínicas o de preclínico, se realizan bajo un ambiente controlado y supervisado por docentes y/o tutores especializados en el tema. Dichas actividades son una instancia en la que el estudiante de odontología va a estar practicando los distintos procedimientos dentales sin correr el riesgo de dañar al paciente, ya que en los primeros acercamientos a estas situaciones algunas veces se cometen errores que, si se realizan en una persona, pueden generar diversos daños y problemas.

Las actividades preclínicas le entregan al alumno la seguridad necesaria para ir realizando los diferentes procedimientos, ya que, si se llegase a cometer un error, este no afectará a ninguna persona, sino que más bien, es una instancia de aprendizaje de ese error con respecto a cómo se debe hacer de forma correcta, pues se retoma la actividad de manera inmediata con una retroalimentación de los errores con énfasis en el reforzamiento de los conocimientos y habilidades (15).

Dentro de los simuladores clásicos se encuentran los oclusores, que son más antiguos; los de mayor uso en la actualidad son los fantomas con movimientos mandibulares, dientes artificiales, mejillas, lengua y torso, que, si bien se asemejan a la realidad, les faltan ciertas cosas para que la simulación sea mucho más realista, como la saliva del paciente y los movimientos del mismo. Además, existen dientes artificiales,

herramientas de simulación para técnicas anestésicas, para tratamientos de endodoncia, y así un sin fin de instrumentos que van variando a medida que avanza la tecnología.

Estas simulaciones han ido evolucionando en el tiempo, cada día hay más herramientas que pueden ser tecnológicas o no, entre ellas encontramos el uso de videos, simuladores hápticos, realidad virtual y aumentada, impresiones 3D, CAD/CAM. Estas herramientas se acercan mucho más a la realidad clínica, de texturas, movimientos, pues entregan diversos métodos de enseñanza por medio de la simulación.

4. Herramientas de simulación en odontología.

Diversos procedimientos quirúrgicos en medicina y odontología exigen un alto nivel de habilidades manuales que requieren que el operador manipule estructuras anatómicas detalladas e instrumentos quirúrgicos. Dado que la destreza manual es una habilidad crucial para dominar la odontología operativa, una parte importante de la educación de pregrado se dedica a entrenar las habilidades clínicas psicomotoras de los estudiantes por medio de las simulaciones (5).

Los entornos de enseñanza preclínica se pueden dividir en varios tipos: laboratorios con cabezas de maniquí montadas en varillas de metal, clínicas de simulación contemporáneas, simulaciones clínicas realizadas en tratamientos reales clínicos y clínicas de simulación de realidad virtual (VRS) (6). El primer simulador dental tipo fantoma se utilizó en 1894 y fue creado por Oswald Fergus. Este fantoma dental estaba constituido por una varilla de metal ensamblada en 2 maxilares de bronce. Se masificó su uso para la adquisición de habilidades dentales a partir del año 1900. En la actualidad, se han perfeccionado los diseños de fantomas y se utilizan en escuelas odontológicas de todo el mundo. Tal como el simulador CLINSIM que presenta la mitad superior del cuerpo en el sillón dental, lo que favorece la ergonomía, simula los movimientos de la mandíbula, presenta lengua, mejillas e incluye los equipos de una unidad dental como lámpara, material rotatorio de alta y baja velocidad, un suctor y jeringa triple (16).

Con el fin de realizar una enseñanza más efectiva y eficiente, se han ido adicionando distintos tipos de simulación que utilizan nuevas tecnologías. Inicialmente las especialidades han explorado los nuevos campos tecnológicos de simulación para el entrenamiento específico de su área, para luego ser también aplicados en pregrado. Por ejemplo en endodoncia y periodoncia para cirugías mínimamente invasivas, se ha implementado el uso de magnificación tanto en la práctica clínica como en la preparación de especialistas, dentro de las cuales se encuentran diversos tipos de microscopios o videoscopios (7). También hay diversos reportes del uso de realidad virtual y simuladores hápticos para la práctica de colocación de implantes, y en cirugía para el entrenamiento de extracción de molares con el beneficio de simular la variabilidad del hueso (5).

Recientemente se ha adaptado una realidad virtual de varias formas geométricas para el entrenamiento de destreza manual con un dispositivo háptico, en la cual los usuarios del software pueden eliminar virtualmente estructuras de límites, anchos y profundidades predeterminadas, favoreciendo su aplicación en niveles básicos de desarrollo psicomotriz. (6)

La capacitación de los estudiantes se realiza bajo la tutoría de especialistas, quienes proporcionan una retroalimentación y evalúan el desempeño: la deficiencia de este sistema puede recaer en la falta de objetividad de las evaluaciones y la variabilidad de retroalimentación, ya sea entre diferentes docentes o en las diferentes escuelas de odontología. Para disminuir este sesgo de la enseñanza, se ha comenzado a utilizar las herramientas de impresiones 3D y sistemas CAD/CAM además de los reguladores de los sistemas hápticos. Las impresiones 3D y sistemas CAD/CAM se utilizan principalmente para la preparación de cavidades, pero puede ser también una ayuda objetiva al momento de evaluar preparaciones.

5. Realidad virtual o aumentada y tecnologías hápticas.

La realidad virtual es un concepto que se ha ido desarrollando durante las últimas cinco décadas, mientras que la realidad aumentada es un concepto más nuevo. Ambos

hacen que el usuario tenga una experiencia que involucra los sentidos visuales y auditivos, ya que crea una ilusión realista del entorno (17).

Tanto la realidad virtual como la realidad aumentada se utilizan, comúnmente, unidas a los fantomas; así lo hace el fantoma computarizado llamado DentSim, que ha estado disponible y se usa desde el año 1997 en la enseñanza odontológica, principalmente en Estados Unidos, Europa y Asia (18).

El origen de la realidad virtual data en el siglo XX, siendo la década de los 80 donde se realizaron los mayores avances. En la Universidad de Pennsylvania se registra su uso desde el año 1998, cuando se introdujeron simuladores dentales para la capacitación preclínica en procedimientos restaurativos (19).

La disciplina dental tiene por tradición utilizar simuladores para facilitar la adquisición de habilidades que son necesarias para la práctica clínica, siendo los fantomas, con dientes de diversos materiales ficticios, considerados como el estándar pedagógico en los módulos preclínicos (20). Sin embargo, en la actualidad, se ha potenciado el uso de la realidad virtual en los métodos de enseñanza de la odontología de pregrado, siendo ampliado a más áreas de la salud dental debido a su interactividad y alta efectividad en el aprendizaje (19).

Tras la implementación de las herramientas de realidad virtual para complementar a los fantomas convencionales, se ha ido mejorando la propuesta para generar más beneficios a los estudiantes a largo plazo. Un cambio radical que se ha documentado es la incorporación de tecnologías hápticas a los simuladores de realidad virtual, con el fin de que el estudiante pueda sentir las diversas superficies de los dientes a través de mecanismos de retroalimentación de fuerza, y también distinguir entre tejidos blandos y duros; lo que es una información pedagógica potencialmente útil según Mirghani, et al (20).

En los últimos años, y con el avance de la tecnología, los sistemas de realidad virtual y de realidad aumentada se han vuelto más portátiles, más realistas y mejores para navegar en tiempo real; agregan elementos sensoriales e, incluso, en algunos casos, se ha incorporado un elemento sensorial olfativo (17).

Pero el uso de la realidad virtual o aumentada no sólo se ha enfocado en la enseñanza, sino que también ha sido incorporada en las planificaciones de tratamientos en los campos de la cirugía bucal, rehabilitación oral y ortodoncia. Por otro lado, las gafas 3D de realidad virtual se han utilizado para reducir la ansiedad y manejar el dolor en los pacientes (21).

Estas herramientas han mejorado los procesos educativos y del ejercicio de la profesión de odontología a gran escala, ya que son sistemas versátiles en cuanto a configuración y contenido, pero siendo la inmersión, la presencia y la interacción las tres características esenciales de ellas (17); se ha documentado en rehabilitación oral la realización del análisis completo de la oclusión en articuladores virtuales, lo que supera las limitaciones de los articuladores mecánicos (21).

Los beneficios de las herramientas y tecnologías de la realidad virtual o aumentada, en conjunto con sus mejoras de sistemas hápticos incorporados, también ha beneficiado al campo de la medicina general. Estos podrían ser extrapolables al campo de la odontología; en un estudio se menciona su uso en la preparación preoperatoria de procedimientos quirúrgicos, donde el médico es capaz de ver a través de la piel, órganos y músculos del paciente, haciéndolos semi transparentes para visualizar la complejidad del área que intervendrá (22).

Tanto la realidad virtual como la realidad aumentada permiten la automatización, por lo que se pueden usar en campos donde se realizan tareas repetitivas, y es por ello que su uso es amplio en la educación y capacitación médica, con especial énfasis en la cirugía, ya que se ha descrito en la literatura que ayuda a mejorar las habilidades quirúrgicas y a reducir los errores en los procedimientos (17).

Debido a todo lo descrito es que la realidad virtual, aumentada y las tecnologías hápticas se han incorporado de manera transversal a la educación y la práctica odontológica, puesto que son tecnologías prometedoras para el proceso educativo en la formación de nuevos odontólogos generales y especialistas, así como también en la planificación y ejecución de tratamientos en los pacientes, sobre todo en aquellos que requieren de procesos meticulosos para poder alcanzar su objetivo de salud.

6. Impresión 3D y CAD/CAM.

Las tecnologías de impresión 3D no son del todo nuevas, muchas de las que se usan en la actualidad fueron desarrolladas a finales de los años ochenta y la década de los noventa; aunque el término “impresión 3D” sí es relativamente nuevo para el léxico mundial. La odontología ha utilizado la impresión 3D durante varios años en diversas ramas de su campo de trabajo, siendo el uso de diseño y fabricación asistidos por computadora lo más utilizado (23).

Los desarrollos en la tecnología informática y las aplicaciones de distintos software son parte del cambio tecnológico, lo que posiciona a las tecnologías de impresión 3D en su actual auge que va en una utilización en alza (23).

Una de las tecnologías que actualmente está siendo muy utilizada es CAD/CAM, la cual fue desarrollada en la década de los sesenta para su uso en las industrias aeronáutica y automotriz, y fue aplicada en odontología una década después. Dentro de la historia de esta herramienta tecnológica se mencionan varios odontólogos y otros profesionales que fueron protagonistas del desarrollo, perfeccionamiento o uso de esta en el campo odontológico; dichos profesionales se nombran en el estudio de Davidowitz, et al (24).

En primer lugar, Davidowitz et al. mencionan al Dr. Buret, quien fue la primera persona que desarrolló un dispositivo CAD/CAM dental, realizó coronas basadas en una

impresión óptica de un diente pilar e hizo uso de una fresa controlada numéricamente en 1971. Además, realizó la primera restauración con CAD/CAM en 1983 y demostró su sistema en Francia en noviembre de 1985, donde realizó una restauración de corona posterior en menos de una hora. Algunos años más tarde desarrolló el sistema Sopha.

Por otro lado, el Dr. Mörmann fue el desarrollador del primer sistema CAD/CAM comercial; en conjunto con Marco Brandestini, un ingeniero eléctrico al cual se le ocurrió la idea de utilizar la óptica para escanear los dientes. En el año 1985, Mörmann y Brandestini, habían realizado la primera incrustación en un sillón dental usando una combinación de escáner óptico y dispositivo de fresado, al cual denominaron CEREC.

Posteriormente, la Dra. Dianne Rekow trabajó en un sistema CAD/CAM dental a mediados de los ochenta con colegas de la Universidad de Minnesota. Este sistema fue diseñado para adquirir datos usando fotografías y un escáner de alta resolución, y para fresar restauraciones usando una máquina de cinco ejes.

Finalmente, el Dr. Andersson desarrolló el método Procera que actualmente se conoce como Nobel Procera y Nobel Biocare; estos se utilizan para fabricar coronas dentales de alta precisión desde 1983. Andresson también fue la primera persona en utilizar CAD/CAM para restauraciones con carillas de composite.

Las tecnologías siempre varían y CAD/CAM se ha superpuesto al avance tecnológico, pues ha sido capaz de proporcionar prótesis parciales fijas y pilares de implantes de manera extraordinaria. En la literatura también se hace alusión a su uso en ortodoncia, un sistema bien conocido es el Invisalign que incorpora aparatos removibles creados en CAD/CAM (24).

Cabe destacar que los sistemas de CAD/CAM e impresión 3D están aumentando su popularidad de forma transversal; se ha documentado en la literatura (2) que más de treinta mil dentistas en todo el mundo poseen este tipo de máquinas, donde un tercio de esa cantidad se concentra sólo en Estados Unidos y Canadá.

Pregunta de investigación

¿Cómo el uso de herramientas y tecnologías computarizadas en complemento a la simulación tradicional contribuye al desarrollo de competencias psicomotrices en los estudiantes de la carrera de odontología?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar herramientas y tecnologías vinculadas al desarrollo de competencias psicomotrices en los estudiantes de la carrera de odontología.

Objetivos específicos

- Describir las características de las herramientas tecnológicas en simulación clínica orientadas a adquirir las competencias psicomotoras y su implementación en la carrera de odontología.
- Explicar las ventajas y desventajas de cada una de las herramientas tecnológicas de simulación clínica en odontología con respecto a las competencias psicomotoras.
- Evidenciar la contribución de las herramientas tecnológicas en el desarrollo de competencias psicomotoras durante la simulación clínica de estudiantes de odontología.

Materiales y Métodos

1.Estrategia de búsqueda

A partir de la pregunta de investigación de este estudio, en conjunto con los constantes avances tecnológicos y la amplia información, surge la necesidad de evaluar la contribución de las nuevas tecnologías de simulación en odontología. Por esta razón, se realiza una revisión crítica de la literatura que se centra en el desarrollo de las competencias psicomotrices de los estudiantes de pregrado de odontología.

Se ejecutó una búsqueda de la literatura durante octubre y noviembre de 2021, en las bases de datos de Scopus, Medline y Cochrane. La búsqueda se enfocó en aquellos estudios que incluyeran información sobre el uso de herramientas tecnológicas de simulación en el desarrollo de competencias psicomotrices aplicado en estudiantes de pregrado de odontología.

Para la búsqueda se utilizaron palabras claves: *"dental students", "technologies", "clinical simulation", "dental simulation", "haptic technologies", "augmented reality", "psychomotor development",* "*psychomotor skills", "simulators", "motor skills", "simulator software in dentistry", "virtual reality"*.

Se utilizaron 3 llaves de búsqueda que incluyen términos booleanos (AND y OR), dichas llaves se aplicaron en las distintas bases de datos con los filtros de idioma (inglés y español), y estudios publicados entre los años 2011 y 2021. Tres autores de la revisión, de forma independiente, realizaron la búsqueda en los motores seleccionados, con los criterios de selección establecidos y las respectivas palabras claves. Aquellos artículos que generaban dudas se revisaron en conjunto. Los resultados de esta búsqueda se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Búsqueda con sus respectivos resultados.

	Búsqueda	**Características de búsqueda**	**Resultados**
Scopus	1. ((psychomotor skills) AND (dental students)) AND (technologies). 2. (((((clinical simulation) AND (dental students)) AND (haptic technologies)) OR (augmented reality)) AND (psychomotor development)) AND (simulators) 3. ((dental simulation OR dental students) AND (Psychomotor development OR motor skills)) AND (Simulation software in dentistry OR haptic simulator OR Augmented reality OR Virtual reality OR technologies)	Estudios desde 2011 a 2021. Idioma: - Inglés. - Español.	1. 126 2. 156 3. 395
Pubmed	1. ((psychomotor skills) AND (dental students)) AND (technologies). 2. (((((clinical simulation) AND (dental students)) AND (haptic technologies)) OR (augmented reality)) AND (psychomotor development)) AND (simulators) 3. ((dental simulation OR dental students) AND (Psychomotor development OR motor skills)) AND (Simulation software in dentistry OR haptic simulator OR	Estudios desde 2011 a 2021. Idioma: 1. Inglés. 2. Español.	3. 23 4. 16 5. 37

	Augmented reality OR Virtual reality OR technologies)		
Cochrane	1. ((psychomotor skills) AND (dental students)) AND (technologies). 2. (((((clinical simulation) AND (dental students)) AND (haptic technologies)) OR (augmented reality)) AND (psychomotor development)) AND (simulators) 3. ((dental simulation OR dental students) AND (Psychomotor development OR motor skills)) AND (Simulation software in dentistry OR haptic simulator OR Augmented reality OR Virtual reality OR technologies)	Estudios desde 2011 a 2021. Cualquier idioma	1. 1 2. 3 3. 3

2. Criterios de selección

2.1 Criterios de inclusión: Se consideraron artículos con 10 años de antigüedad, en idiomas inglés o español y que se tuviera acceso completo al artículo. Estos estudios debían incluir temas sobre simulación clínica en odontología, nuevas estrategias y herramientas tecnológicas en el desarrollo de competencias psicomotrices.

2.2 Criterios de exclusión: No se incluyeron artículos que hablasen sobre plataformas de videoconferencias y de E-learning. Por otro lado, aquellos artículos que evaluaban competencias en alumnos de postgrado no fueron seleccionados para esta revisión.

3.Selección de artículos

Tras la realización de la búsqueda inicial, se encontró un total de 759 artículos, los cuales pasaron por un proceso de lectura de títulos y resúmenes, se seleccionaron los más relevantes a partir de los objetivos propuestos por este trabajo de investigación. Luego, se eliminaron aquellos artículos sin acceso completo al mismo, los duplicados y los artículos que no estuvieran enfocados en estudiantes de pregrado.

Posterior a la eliminación inicial, se hizo el proceso de lectura completa de los artículos, en donde nuevamente se hizo una eliminación donde se excluyeron los estudios que no contribuyeron a los objetivos acordados según los investigadores. Finalmente se seleccionaron un total de 33 estudios que fueron incluidos en la revisión.

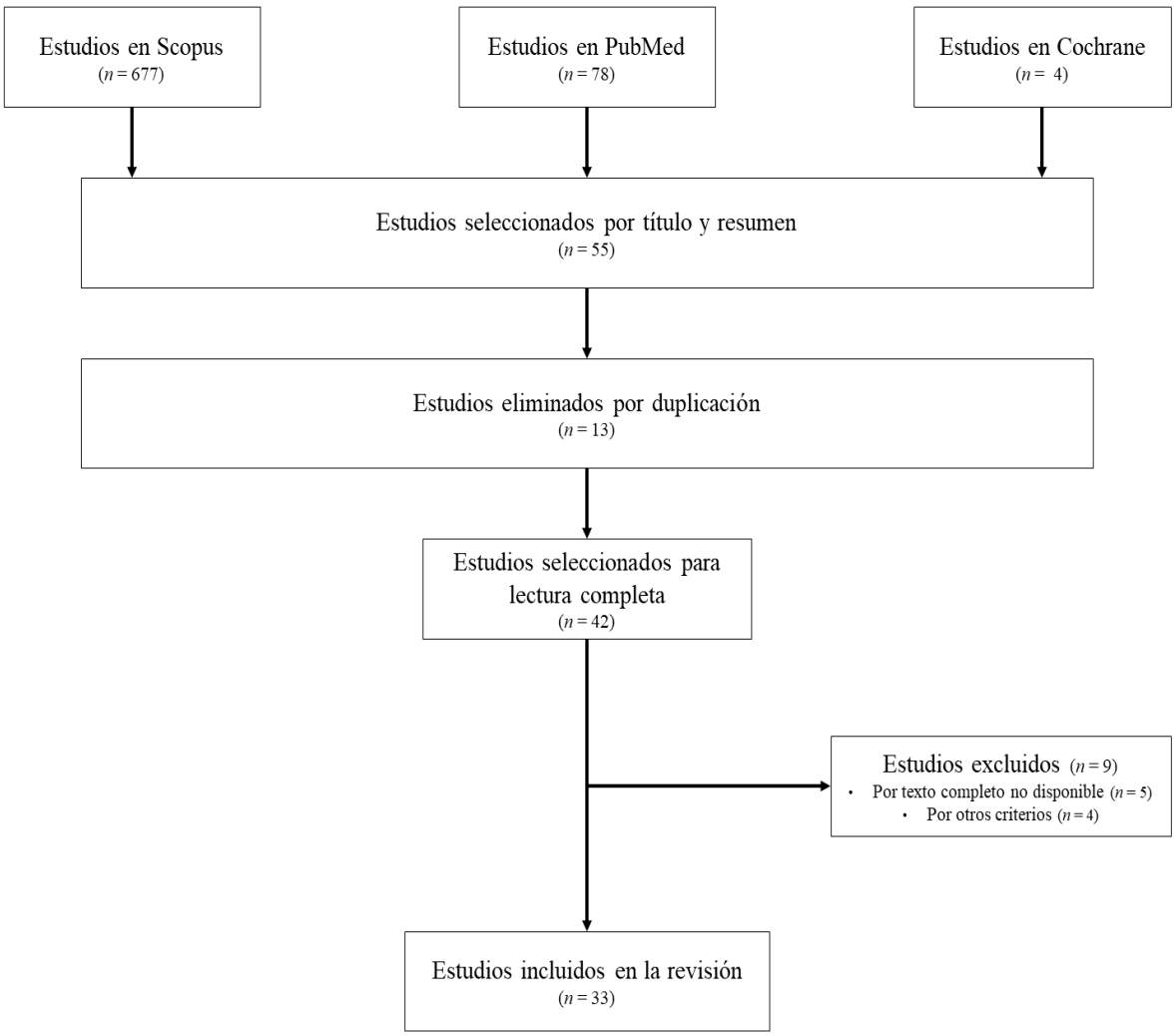
4.Análisis de artículos.

Los artículos fueron leídos por las investigadoras, se discriminaron y analizaron por tipo de herramienta utilizada o investigada en el paper seleccionado. Cada artículo seleccionado se leyó por completo y se realizaron tablas con el nombre de los estudios, año de publicación, autor, tipo de investigación o metodología y los principales hallazgos de los artículos. Para luego discriminar por tipo de herramienta desarrollando cada objetivo específico del estudio.

Resultados

Posteriormente a la búsqueda realizada se seleccionaron un total de 33 artículos (ver Figura 1). De estos estudios, un 61.7% investigó sobre herramientas de realidad virtual y simuladores hápticos, un 14.7% investigó tecnologías CAD/CAM y/o impresión 3D, 8.8 % sobre lupas de magnificación y un 14.7% de los artículos investigó sobre otros tipos de herramientas.

Figura 1. Flujograma PRISMA del método de selección de artículos.



Los temas de investigación identificados fueron: la descripción de las herramientas de simulación, las ventajas y desventajas de las herramientas descritas, y la contribución de estas en el área de simulación clínica de pregrado odontológica. La selección de los artículos se basó en los objetivos propuestos al inicio de esta investigación y se sintetizaron en una tabla indicando nombre del artículo, año de publicación, autor(es), tipo de metodología y principales hallazgos (Ver Anexos Tabla 1-A a Tabla 1-N).

Dentro de los principales hallazgos encontrados en la literatura consultada se destaca que los simuladores no tradicionales entregan una retroalimentación objetiva, constante e inmediata de las actividades preclínicas que realizan los estudiantes; dan información sobre el tiempo empleado, precisión, acciones y fallas (25-37).

Además, estas herramientas son usadas de forma adicional a la enseñanza de los docentes de pregrado que se consideran “expertos”, y son un entrenamiento complementario. Ciertas herramientas pueden ser usadas de manera ilimitada, y también otorgan un entorno seguro de práctica. (26, 27, 38-43)

Asimismo, diversos artículos describen las ventajas y desventajas de las diferentes herramientas que existen o que fueron utilizadas en los estudios, las cuales son desarrolladas más adelante en la discusión de este escrito (25, 27, 42, 44-50). Artículos como los de Haji et al, Maggio et al, al igual que otros autores, relatan sobre los efectos positivos que tienen estas herramientas en la postura y ergonomía de los estudiantes al utilizarlas (27, 51-53).

Otro parámetro positivo considerado importante en los artículos fue la eficiencia del tiempo utilizado, que tiende a reducirse; para los docentes en el sentido de enseñanza y evaluación, y para los estudiantes porque adquieren habilidades en un entorno seguro (26-29, 31, 33, 39, 40, 43, 52, 54-56).

De los artículos que evalúan el desarrollo de habilidades motoras ante la exposición de estas herramientas, la mayoría de los estudios describen diferencias favorables, demostrando mayores tasas de éxito y apoyando el desempeño de los estudiantes en el entrenamiento de habilidades motoras (26, 27, 31, 33-35, 39, 41, 43, 46, 51,57)

Discusión

Actualmente, existen diversos tipos y marcas de simuladores de realidad virtual, realidad aumentada, tecnología háptica, impresoras 3D, entre otros tantos. Sin embargo, a causa de la ausencia de guías y protocolos estandarizados para evaluar estas herramientas, la información disponible es ampliamente diversa y no comparable entre sí, lo que dificulta su aplicación en el área pedagógica (47).

Desde este punto de vista, realizar un análisis crítico de la literatura disponible cobra relevancia para evaluar ventajas, desventajas y la real contribución que pueden aportar estas nuevas tecnologías en el entrenamiento práctico para el desarrollo de habilidades psicomotoras de estudiantes de pregrado en odontología.

A. Simuladores hápticos, realidad virtual y realidad aumentada.

La tecnología háptica en entornos virtuales se caracteriza por un flujo bidireccional de información entre el usuario y la generada por computadora a través de una interfaz háptica, que simula tanto sensaciones táctiles y kinestésicas mediante la aplicación de fuerzas, vibración o movimiento al usuario (57).

Algunas de las fortalezas de estos simuladores para el entrenamiento y evaluación de habilidades psicomotoras es que pueden registrar los datos cinemáticos de los usuarios sobre cómo realizan cada paso de una tarea específica, y también le permite el acceso al estudiante a ver sus registros para identificar errores que pudiese haber cometido dentro de la simulación práctica (31, 34, 44).

Una de las confusiones en el área de la tecnología de simulación es la diferencia entre la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV). Según un estudio de Huang et al. (44), la realidad aumentada es una tecnología que superpone un escenario virtual, generado por computadora, encima de una realidad existente para crear una percepción sensorial con la que se puede interactuar; mientras que la realidad virtual, corresponde a una simulación artificial, generada por computadora, de una situación en un ambiente

real o una situación en donde se sumerge al usuario para que sienta la experiencia de la realidad simulada. La realidad virtual tiene dos características principales: la inmersión que corresponde a un escenario virtual, y la interacción que se refiere a la realización de modificaciones por parte del operador (27).

Según la revisión de la literatura de Chopra et al. (32), los simuladores hápticos y de realidad virtual son útiles para mejorar la destreza motora y manual de los estudiantes de odontología, así como también la coordinación ocular. Estos simuladores son útiles para adquirir habilidades que van desde la punción de anestesia local, identificación de enfermedades periodontales, preparación de cavidades de acceso al conducto radicular e instalación de implantes dentales. Los simuladores más utilizados son Simodont, DentSim, Compare e IDEA (31). El más estudiado de los mencionados es el simulador Simodont (39), pues este incluye módulos para destreza manual, cariología, ejercicios de coronas y puentes, casos clínicos y una experiencia de simulación de boca completa. Se están desarrollando módulos de higiene dental enfocados en periodoncia y módulos de endodoncia para versiones futuras.

En el ensayo clínico de Suebnukarn et al. (30) se desarrolló un sistema háptico de realidad virtual para el entrenamiento de habilidades psicomotoras enfocadas en simular la preparación de una apertura coronaria para tratamiento endodóntico, este contaba con una retroalimentación en cada paso realizado por el usuario. Se demostró que los estudiantes que utilizaron este simulador para aprender el procedimiento mejoraron sus resultados. Sin embargo, cabe destacar, que estos sistemas no son tan beneficiosos por sí solos, sino que se ven potenciados cuando existe una retroalimentación constante.

Diversos estudios coinciden en que el éxito de aprendizaje en este tipo de herramientas requiere de retroalimentación durante el uso de estos simuladores (34). Por ejemplo, Rhienmora et al. (25) realizaron un estudio con respecto al simulador háptico PHANTOM Omni, el cual es un simulador de preparación de coronas. Dentro de los datos que se pueden obtener de este simulador, se encontró la posición de la herramienta, la orientación de la misma y la fuerza aplicada del estudiante. El simulador va monitoreando

durante todo el procedimiento, entregando así una evaluación objetiva de lo que se está realizando en el momento, así como también, da mensajes de retroalimentación instantánea con recomendaciones al usuario para mejorar la técnica utilizada que tiene como fin que el estudiante adquiera las habilidades psicomotoras en esa área.

En la simulación tradicional esta retroalimentación proviene de los docentes a cargo, el cual se ve sesgado por la subjetividad y presencia de variables adicionales, como la experiencia docente-alumno, el nivel académico y la dedicación a la enseñanza; lo que resulta en una variabilidad de aprendizaje en los distintos estudiantes.

La ventaja de los simuladores hápticos es que existe la posibilidad de tener retroalimentación del simulador, del docente o de ambos. Esta retroalimentación puede ser inmediata, que es la que se entrega al realizar cada etapa de un procedimiento; o puede ser terminal, que es la que se da al finalizar el procedimiento. Ambas retroalimentaciones son fundamentales para el desarrollo psicomotor y el entrenamiento de las habilidades de los estudiantes (26). Gracias a este refuerzo dual surge además la ventaja de disminuir el tiempo docente; ya que el uso de métodos virtuales ha reducido cinco veces el tiempo que utilizan los profesores en realizar una retroalimentación, en comparación con los métodos de enseñanza preclínica tradicionales (31).

En un estudio de Al-Saud et al. (43) se evalúo aleatoriamente tres grupos de estudiantes expuestos a los tres tipos de retroalimentación; los datos indican que los participantes que recibieron una combinación de retroalimentación dirigida por un instructor y un simulador háptico de realidad virtual adoptaron una estrategia más cautelosa que aquellos que estuvieron expuestos a un solo tipo de retroalimentación. Este comportamiento es beneficioso para los aprendices novatos, produciendo una práctica más segura en relación a un estudiante demasiado ambicioso que sacrifica la precisión para lograr realizar un procedimiento recién aprendido en un menor tiempo. Los resultados indican que la retroalimentación de los dispositivos de realidad virtual por sí solo no es suficiente para un entrenamiento óptimo de las habilidades motoras y debe ir acompañada de una persona experta que sería un docente.

La investigación sobre la adquisición de habilidades motoras indica la existencia de dos amplios mecanismos que interactúan y contribuyen a este aprendizaje, los cuales son, el mecanismo “basado en modelos” y “sin modelos”. Se requiere un conocimiento inicial basado en modelos para luego integrar esa información y generarse en otras situaciones. La literatura propone que al aumentar los niveles de habilidad, estos se consolidan en el tiempo y se pueden extrapolar a otros problemas (43, 48).

Si los estudiantes adquieren una habilidad utilizando una herramienta de realidad virtual en un cierto nivel de retroalimentación, pueden transferir esta habilidad a otro nivel superior. Por lo tanto, se sugiere que la realidad virtual no replique una situación clínica exacta para aprender de ella, puesto que, el estudiante es capaz de extrapolar el aprendizaje a situaciones clínicas, independiente si son similares a ellas; sin embargo, se requieren más estudios. (48)

Joda et al. (54) afirmaron que el uso de sistemas que incorporan realidad virtual y aumentada como herramientas educativas, mejoran la adquisición de habilidades psicomotrices, lo que conlleva a mejorar la curva de aprendizaje y la confianza del estudiante que lo utiliza. A pesar de que lo anterior sea prometedor, la literatura indica que los resultados de habilidades psicomotrices son más significativos en etapas tempranas de aprendizaje, es decir, en individuos novatos, por lo que no se podría aplicar de la misma forma en estudiantes experimentados (45). Suebnukarn et al. (30) concuerdan en esto, afirman que, a pesar de que estos sistemas de realidad virtual y realidad aumentada ayudan al proceso de aprendizaje, no son tan beneficiosos utilizarlos en la última etapa de formación preclínica.

Como se ha mencionado, estas herramientas no sólo aportan en el aprendizaje psicomotor, sino que también en la confianza del estudiante ante estos escenarios. En un ensayo clínico de Vural et al. se enseñó a aplicar anestesia mediante un simulador de realidad virtual. Dentro de los resultados se obtuvo que los pacientes calificaron con mayor confianza al aplicar anestesia al grupo de estudiantes experimental que se entrenó con el simulador, en comparación al grupo control que no utilizó el simulador; así como

también se calificó a los estudiantes con una actitud más tranquilizadora para el paciente. No obstante, no hubo resultados estadísticamente significativos en la confianza y preparación autoinformada por los estudiantes (55).

Aunque los simuladores virtuales y RV pueden parecer prometedores, de igual forma presentan desventajas. Se ha descrito su alto costo de implementación limitando a las instituciones que no tienen los suficientes recursos para acceder a ellas y, por lo tanto, a una gran cohorte de estudiantes. Por otro lado, las herramientas tecnológicas y simuladores modernos presentan un desarrollo periódico de los software por lo que se debe estar en constante aprendizaje del manejo de los mismos, de modo que el mantenimiento debe ser habitual (27).

Además, existe una falta de evidencia empírica, pues es complicado estandarizar y hacer guías de evaluación. Esto sucede principalmente por las diferencias de los fabricantes, porque al realizar una guía de evaluación solo se puede aplicar al simulador para el que fue diseñado, ya que presentan una pieza de mano única no comparable con la de otros simuladores (46).

Para evaluar la contribución de los simuladores en el desarrollo de habilidades motrices, los autores Ben Gat et al. y Urbankova et al; utilizaron como parámetros la precisión, número de repeticiones y el tiempo para realizar un procedimiento.

Ben Gat et al. (28) definen precisión como “cuando no hubo desviación del camino deseado”; mientras que, Urbankova et al. (56) lo definieron como “la cantidad de estructura eliminada correctamente y sin salirse de los límites”, en ambos casos implica mantenerse dentro de la forma predeterminada, lo que se considera el éxito del ejercicio.

El tiempo lo definieron en términos generales como “tiempo máximo asignado a cada tarea”. Se evaluó cada parámetro por separado y en conjunto, dependiendo del estudio, con datos del software de simulación utilizado en cada caso. Ben Gat et al. concluyeron que al medir la precisión la evaluación no era lo suficientemente sensible a

los errores, por lo que no obtuvo diferencias significativas. Urbankova et al obtuvieron resultados similares en ejercicios simples, como las preparaciones lineales, bajo los parámetros de precisión y tiempo; a pesar de obtener mejores puntajes, no existe una correlación significativa, pero en la preparación circular, que se considera más compleja, se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre el tiempo y la precisión de los estudiantes (28, 56).

Ambos autores, Ben Gat et al y Urbankova et al, recomiendan fortalecer la validez y fiabilidad de la evaluación de habilidades manuales utilizando el simulador. Los dos estudios coinciden en que los ejercicios más complejos, con formas circulares o de cavidades, pueden ser el punto de partida de nuevos estudios que busquen identificar componentes para la evaluación de habilidades preclínicas (28, 56). Mientras que, Koo et al. (46) no definieron el parámetro de precisión propiamente tal, pero en su estudio hubo diferencia estadísticamente significativa al comparar el manejo del diente adyacente en preparaciones de cavidades. El grupo experimental expuesto al software de simulación tuvo un mejor manejo del diente adyacente que el grupo control no expuesto.

Se puede destacar que, según Koo et al., cuando se utilizan simuladores hápticos en la práctica de preparación de cavidades con formas geométricas tridimensionales con límites, anchos y profundidades predeterminados, puede existir una mejora en la destreza manual de los estudiantes, pues se entrena la precisión al momento de realizar cavidades dentales sin dañar las superficies adyacentes. Por otra parte, no existe una correlación estadísticamente significativa entre el entrenamiento con simuladores hápticos y el tiempo que requieren para finalizar la actividad, lo que coincide con la literatura (46).

B. Inteligencia artificial y robótica.

Grischke et al. (47) hizo una revisión bibliográfica acerca de lo que se conoce como *dentronics* o robots con potencial de enseñanza dental. Se han introducido robots de enseñanza que ayudan a los estudiantes a familiarizarse con situaciones de emergencia o a realizar procedimientos cotidianos de la odontología, lo que los antepone a un escenario probable para cuando ejerzan en la clínica. Dentro de los robots más populares dentro de la odontología, encontramos ROBOTUTOR que se dedica a enseñar y demostrar técnicas de cepillado dental y SIMROID que es un robot que simula ser un humano y es capaz de imitar los reflejos de tos, salivar, realizar un reflejo nauseoso, entre otros.

El uso de estas tecnologías es aún muy limitado, ya que no todos los países del mundo tienen acceso a la tecnología robótica ni a la inteligencia artificial. Además, la implementación, al igual que sucede con los simuladores de realidad virtual, es muy costosa.

A pesar de su costo, se debe destinar dinero para seguir creando e investigando a estos humanoides, ya que representan un escenario muy similar al real y prepara a los estudiantes ante variables que no pueden controlar al momento de atender a un paciente, por ejemplo, la tos, la saliva o los movimientos de la lengua.

C. Impresión 3D y CAD/CAM.

Estos últimos años se han introducido rápidamente softwares de impresión para evaluar las características de las preparaciones dentales, en el área de la rehabilitación oral se ha hecho por medio de empresas de diseño asistido por computadora. Entre los más populares se encuentra el sistema CAD/CAM el cual permite la visualización de las características de la preparación para la reducción adecuada, conicidad, configuración marginal y textura de la superficie. Por sus ventajas ha sido aplicado en el entrenamiento de habilidades psicomotrices en estudiantes de odontología (37, 29).

Dentro de sus ventajas en el entrenamiento preclínico, está la posibilidad de mejorar la objetividad del proceso de calificación tanto para los estudiantes como para el profesorado. Un estudio tuvo como objetivo comparar la evaluación docente tradicional con la evaluación digital, obteniéndose como resultado que, los criterios docentes para un nivel aceptable de las preparaciones, eran rangos mayores que los criterios de CAD/CAM. Por lo que, además de ser más objetivos son también más precisos. Estas tecnologías también permiten a los profesionales evaluar sus propias preparaciones, recibir retroalimentación y mejorar la práctica profesional (37).

Por otro lado, las impresoras 3D se han utilizado para crear modelos de dientes con conductos radiculares, con el fin de aplicarse en la enseñanza del procedimiento de endodoncia. En un estudio de Kolling et al. (42), se implementaron modelos de dientes 3D, dientes naturales extraídos y cubos de resina para enseñar el procedimiento de endodoncia a un grupo de estudiantes, estos realizaron las mismas tareas en los tres módulos. Dentro de los resultados, los estudiantes comentaron que, los dientes impresos en 3D fueron más beneficiosos que los cubos de resina, pero menos beneficiosos que los dientes naturales extraídos. Sin embargo, destacaron que es difícil conseguir dientes naturales apropiados, por lo que el uso de dientes impresos en 3D podría ayudar a realizar prácticas endodónticas, disminuyendo el riesgo de incidentes de mal praxis antes de su práctica con pacientes reales; por lo tanto, se recomienda integrar dientes impresos 3D al plan curricular.

También existe la impresión de Polyjet el cual puede reproducir la dureza del esmalte, la dentina y caries de los dientes naturales, complementada con un escaneo a la boca de un paciente, se puede acercar aún más a la realidad a los estudiantes en la práctica preclínica (38).

D. Sistema de magnificación.

El microscopio quirúrgico dental es una herramienta integral en la práctica endodóntica actual. Ayuda a optimizar la visualización del diente y sus estructuras. Se demostró que los resultados de la endodoncia mejoraron, pues utilizan un microscopio con un aumento mayor que las lupas.

Las ventajas incluyen facilitar la preparación del acceso; localización de los orificios del canal; mejorar las habilidades motoras finas; mejorar la capacidad de examinar, limpiar y dar forma a la compleja anatomía del canal; extracción y derivación de instrumentos separados; detección de líneas de fractura; ayudar en la obturación; y mejorar la técnica.

Algunas de las limitaciones de esta herramienta incluyen dificultad posicional y un campo de visión restringido (52). A causa de estos inconvenientes distintos autores proponen otros tipos de magnificación tanto para el uso docente como clínico.

Un estudio (52) consideró el videoscopio como alternativa al microscopio, el cual fue diseñado principalmente para cirugías mínimamente invasivas periodontales. Este consta de una cámara electrónica de alta definición de 2,7 mm de diámetro rodeada de luces micro-LED en un patrón de 360°. Se consideró su uso en el entrenamiento de estudiantes sobre tratamientos endodónticos; sin embargo, los resultados de la encuesta mostraron que el microscopio es más fácil de usar en comparación con el videoscopio. Por otro lado, el microscopio obtuvo una clasificación más alta que el videoscopio en visualización, eficiencia de tiempo, ergonomía y orientación.

A pesar de los resultados expuestos, los autores (52) igualmente proponen su uso por las limitaciones propias del microscopio y recomiendan un mayor entrenamiento con videoscopio para obtener resultados significativos de aprendizaje.

Las lupas de aumento se acoplan a un lente a medida, estas poseen diferentes aumentos, en el estudio de Maggio et al. fue de 2.5x. El uso de estas lupas es beneficioso ya que la agudeza visual es una parte fundamental al momento de adquirir habilidades motoras, debido a que se tiene una mejor visión de la boca del paciente, por lo que los procedimientos se realizan en menor tiempo y con mayor seguridad. Asimismo, ayuda en tener una correcta ergonomía al momento de realizar los procedimientos dentales (51).

Puede existir cierta desventaja en las personas que tienen discapacidad visual por el uso de los lentes ópticos, pero no en todos los casos. Además, es difícil de medir la mejora que estos pueden tener ya que son bastantes subjetivas.

Estas herramientas podrían contribuir de gran manera en el aprendizaje y el desarrollo de la psicomotricidad, coordinación mano-ojo y ojo-mano, pero falta evidencia que sustente estos dichos. (51,52)

E. Videos.

La educación dental se apoya constantemente en las demostraciones en vivo, las cuales llevan a lo práctico lo que se enseñó de forma teórica, mejorando así la comprensión de los diversos temas. Sin embargo, estas demostraciones tienen cierto grado de limitaciones, pues no todos los estudiantes logran visualizar de buena manera lo que el docente a cargo está realizando, y tampoco tienen acceso a repetir la demostración en vivo (49).

Esto se puede mejorar con el uso de videos educativos, que son grabaciones realizadas por los docentes, las cuales van a representar un tema determinado. Existen variadas formas de realizar la grabación, así como de editar los videos para que sean expuestos a los estudiantes. Una forma de grabar es la que se realiza con una cámara montada en la cabeza del operador o del docente con lupas, esto da una perspectiva diferente, ya que se puede ver a través de los ojos del examinador y se tiene una idea más clara de los procedimientos a realizar en la boca del paciente (49).

Por el lado de la edición de estos videos, los más aceptados por los estudiantes son los que tienen una narración con subtítulos, ya que les ayuda a tener una mayor comprensión de los temas, promoviendo una enseñanza de habilidades motoras a través de videos instructivos (41). Estos videos instructivos para que sean efectivos deben ser otorgados antes de realizar los procedimientos y las actividades como un método de estudio complementario a las clases y a los métodos de enseñanza tradicionales. Los estudiantes deben tener el tiempo suficiente para verlos y analizarlos, ya que como se evidencia en el estudio de Patel et al., los estudiantes visualizaron el video justo antes de realizar el procedimiento, por lo que no se tuvo un mayor impacto en los resultados de las preparaciones (50).

Por lo tanto, los videos son ventajosos en el sentido de que son reproducibles las veces que sean necesarias para analizarlas de manera individual o en conjunto. Tienen el beneficio de que nadie se quede sin ver lo que están explicando, a diferencia de las demostraciones en vivo, además de la fácil difusión de estas herramientas (41, 49, 50).

Por el contrario, debemos considerar que los videos pueden tener ciertas desventajas al momento de grabar y/o editarlos, puesto que no todos los docentes están capacitados para realizarlos o no tienen los programas para editar. Por otro lado, no se deben utilizar de manera individual como método de enseñanza, sino que más bien, deben ser usados de forma complementaria (41, 49, 50).

La principal contribución que tiene este tipo de herramienta audiovisual es comprender, analizar y recordar por parte de los estudiantes las habilidades clínicas previo a algún procedimiento tanto preclínico de práctica o de evaluación.

F. Psicomotricidad.

Las herramientas tecnológicas desarrolladas anteriormente influyen en la psicomotricidad de los estudiantes de pregrado en odontología; en primera instancia a la retroalimentación constante que estos simuladores poseen, realizados, muchas veces, en una misma acción, otorgándole la posibilidad al alumno de repetir la actividad, lo que mejora cada vez más sus habilidades. La evidencia indica que, a mayor práctica preclínica, mayor desarrollo de la psicomotricidad, y si es corregida a medida que se van realizando las acciones, el aprendizaje resulta más significativo, ya que el estudiante no cometerá los mismos errores (26, 27, 34, 39).

Por otro lado, estas herramientas y simuladores aportan cada uno con diferentes aspectos relevantes para potenciar el desarrollo psicomotor, como lo son las habilidades visuales y su conexión con las habilidades manuales en el caso de las lupas y los sistemas de magnificación, por ejemplo; herramientas táctiles que entregan y enseñan la fuerza necesaria para aplicar en los diferentes ámbitos de la práctica preclínica, circunstancia que no se da en la simulación tradicional, lo cual es muy difícil de adquirir por los estudiantes al momento de iniciar con sus acciones prácticas (26, 39, 50, 51).

Se debe considerar que el uso de estas herramientas en la adquisición de las habilidades psicomotrices no deben ser utilizadas de manera excluyente, sino que es necesario que sean usadas de forma complementaria para que los estudiantes puedan adquirir las habilidades necesarias para continuar con el pregrado de odontología (26, 39, 41, 50, 51).

Limitaciones y fortalezas de la investigación

La mayoría de los ensayos clínicos se realizaron con una muestra pequeña, por lo que es complicado extrapolar los resultados a todos los estudiantes. Asimismo, el acceso a estas herramientas es muy escaso por el alto costo que estas poseen. Además, el nivel de evidencia de las herramientas tecnológicas y nuevas simulaciones, se limita a revisiones bibliográficas o sistemáticas. Hay muy pocos estudios clínicos, los que en su mayoría corresponden a casos pilotos.

La selección de los artículos en esta revisión fue realizada de tal manera que es replicable si se quiere seguir con esta línea investigativa. Por otro lado, la cantidad de artículos disponible es amplia, generando una diversidad de opiniones y resultados con respecto a los simuladores de realidad virtual y las otras herramientas estudiadas. En este caso, se tuvo que reducir la búsqueda por el número de investigadores.

Recomendaciones

Debido a que los simuladores hápticos de realidad virtual, así como también las otras herramientas y tecnologías investigadas en este estudio se encuentran en su apogeo, es de suma importancia que se comiencen a destinar recursos para estudiarlos, con el fin de poder establecer guías de aplicación e identificar otros aportes que pueden brindar en la enseñanza de habilidades psicomotoras en los estudiantes de odontología de pregrado, ya que la evidencia sugiere que existe un grado de contribución en diversos aspectos y no sólo en la psicomotricidad.

Debido a que actualmente nos encontramos en una crisis climática, estas herramientas pueden ayudar a disminuir los desechos, pues no son desechables al corto plazo, o de un solo uso; sino que, pueden utilizarse de forma reiterada y son de larga duración.

Dentro de los resultados de esta revisión, se detectaron ciertas ideas que pueden ser desarrollados en otras investigaciones, lo que contribuiría un mayor conocimiento de estas herramientas tecnológicas y diversos simuladores. Es importante que se realicen estudios que determinen protocolos de aplicación y evaluación de las herramientas en el ámbito pedagógico, con el fin de que la capacitación de profesionales sea accesible y favorezca su implementación.

Se podrían realizar estudios primarios que busquen evaluar diferencias en el desarrollo de habilidades, se recomienda que se utilicen ejercicios complejos o similares al diente con el propósito de obtener resultados estadísticamente significativos. Por lo que, continuar esta línea de investigación a mayor escala para obtener resultados de mayor evidencia científica, podría ser favorable para el desarrollo de nuevas herramientas en el área pedagógica.

Conclusiones

La implementación de herramientas tecnológicas en el área docente de odontología presenta múltiples ventajas, no sólo en el aspecto pedagógico, sino que también, en el medio ambiente y aspectos éticos-morales. La enseñanza de procedimientos, tales como la aplicación de anestesia entre estudiantes y luego su aplicación directa en los pacientes, es una práctica común en las escuelas de odontología del mundo; sin embargo, puede ser cuestionada debido a los riesgos éticos, morales y legales asociados con este método educativo.

El uso de tecnologías modernas disminuye los desechos propios de la práctica preclínica, compatible con las problemáticas medioambientales que actualmente cobran relevancia. Debido a esto, investigar alternativas de prácticas se ha convertido en una prioridad en el área docente (55).

A pesar de las limitaciones económicas y de implementación que presentan estas herramientas hoy en día, la literatura sugiere que, al superar estas barreras, las herramientas tecnológicas en simulación odontológica presentan un potencial beneficio a las comunidades estudiantiles, por lo que es necesario considerar su uso y potenciar su desarrollo.

Si bien el costo de algunas de estas herramientas es alto, tanto por el equipo como por la capacitación del equipo docente, el beneficio que tienen tanto a corto como a largo plazo es favorable para el desarrollo psicomotor de los estudiantes.

Las herramientas tecnológicas y simulación modernas, se consideran eficaces y pueden ser una inversión muy favorable en las Universidades. Por lo tanto, deben ser planteadas y estudiadas por las mismas para su aplicación en los diferentes cursos y grados de la carrera.

Referencias bibliográficas

1. Ruíz A, Ángel E, Guevara O. La simulación clínica y el aprendizaje virtual: tecnologías complementarias para la educación médica. Rev Fac Med. 2009; 57: 67 - 79.
2. Christiani JJ. La simulación en la enseñanza en Odontología: una herramienta de aprendizaje para la seguridad del paciente y la calidad de atención. Rev Fac Odontol UNNE. 2016; 9(1): 69 - 72.
3. Salgado A. Aplicación de simulación dental mediante realidad aumentada para el aprendizaje de las técnicas de anestesia en estudiantes de quinto semestre de la carrera de odontología de la Universidad Nacional de Chimborazo [tesis de titulación]. Ecuador; Universidad Nacional de Chimborazo, 2017.
4. Perez-Sayans M, Gallas M. Enseñar, aprender y evaluar competencias clínicas en el Grado de Odontología: una propuesta innovadora. Rev Inv Universitaria. 2020; 3(1): 13 - 24.
5. ADEA foundation knowledge and skills for the new general dentist [Internet]. J Dent Educ. 2016; 80(7): 829 - 833. http://dx.doi.org/10.1002/j.0022-0337.2016.80.7.tb06154.x
6. Lantz MS, Shuler CF, Tendencias en la enseñanza de las ciencias básicas en las facultades de odontología. J Dent Educ. 2017; 81(8): 55 - 66. http://dx.doi.org/10.21815/JDE.017.008
7. Weyant RJ. Teaching evidence-based practice: Considerations for dental education [Internet]. Dent Clin North Am. 2019; 63(1): 97 - 117. http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2018.08.010
8. Gerzina TM, Worthington R, Byrne S, McMahon C. Student use and perceptions of different learning aids in a problem-based learning (PBL) dentistry course [Internet]. J Dent Educ. 2003; 67(6): 641 - 653. http://dx.doi.org/10.1002/j.0022-0337.2003.67.6.tb03664.x
9. Sánchez G. Cisterna F. La evaluación de los aprendizajes orientada al desarrollo de competencias en Odontología [Internet]. Ed Med Sup. 2014; 28(1): 104-114 . Concepción, Chile. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/educacion/cem-2014/cem141l.pdf

10. Vericat A, Orden AB. Psychomotor development and its disorders: between normal and pathological development. Ciên & Saú Col. 2013; 18(10): 2977 - 2984.
11. Justo Martínez E. Desarrollo psicomotor en educación infantil. Ed Univ Almería; 2014.
12. Ceballos R. La aplicación de la psicomotricidad para el desarrollo del aprendizaje de lectoescritura en niños de primer año de educación básica en el jardín experimental “Lucinda Toledo” de la ciudad de Quito durante el año lectivo 2009 - 2010 [tesis de titulación]. 2011.
13. Akaike M, Fukutomi M, Nagamune M, Fujimoto A, Tsuji A, Ishida K, Iwata T. (2012). Simulation-based medical education in clinical skills laboratory. J Med Invest. 59(1-2); 28 - 35.
14. Baltera Zuloaga C. Clinical simulation as a strategy to increase motivation in dentistry students [Internet]. Edu.ar. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11278/balterazuloagarfo-1112017.pdf
15. Simulación clínica en odontología. Odontología Vital [Internet]. 2017; (26): 4-4. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000100004&lng=en.
16. Grandez K. Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas: un diálogo permanente. Odontol Sanmarquina. 2021; 24(3): 261 - 267. doi: http://dx.doi.org/10.15381/os.v24i3.20717
17. Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, Glisic M, Zeiner S, Kulnik ST, Crutzen R, Kimberger O, Kletecka-Pulker M, Atanasov AG, Willschke H. Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. J Med Internet Res. 2021; 10; 23(2): e25499. doi: 10.2196/25499.
18. Plessas A. Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction? Simul Healthc. 2017; 12(5): 332-338. doi: 10.1097/SIH.0000000000000250.

19. Genaro LE, Capote TS. Uso de la realidad virtual en odontología: revisión de literatura [Internet]. Odovtos. 2021; 33-38. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34112021000200033&lng=en. doi: http://dx.doi.org/10.15517/ijds.2020.42111.
20. Mirghani I, Mushtaq F, Allsop MJ, Al-Saud LM, Tickhill N, Potter C, Keeling A, Mon-Williams MA, Manogue M. Capturing differences in dental training using a virtual reality simulator. Eur J Dent Educ. 2018; 22(1): 67-71. doi: 10.1111/eje.12245.
21. Sabalic M, Schoener J. Virtual Reality-Based Technologies in Dental Medicine: Knowledge, Attitudes and Practice Among Students and Practitioners. Tech Know Learn. 2017; 22: 199 – 207. doi 10.1007/s10758-017-9305-4
22. Izard SG, Juanes JA, García FJ, Estella JMG, Ledesma MJS, Ruisoto P. Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. J Med Syst. 2018; 1: 42(3): 50. doi: 10.1007/s10916-018-0900-2. PMID: 29392522.
23. Dawood A, Marti-Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. Br Dent J. 2015; 219(11): 521 - 529. doi: 10.1038/sj.bdj.2015.914.
24. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. Dent Clin North Am. 2011; 55(3): 559 - 570. doi: 10.1016/j.cden.2011.02.011.
25. Rhienmora P, Haddawy P, Suebnukarn S, Dailey MN. Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. Artif Intell Med. 2011;52(2):115–21. doi: 10.1016/j.artmed.2011.04.003
26. Su Yin M, Haddawy P, Suebnukarn S, Kulapichitr F, Rhienmora P, Jatuwat V, et al. Formative feedback generation in a VR-based dental surgical skill training simulator. J Biomed Inform. 2021;114(103659):103659. doi: 10.1016/j.jbi.2020.103659
27. Haji Z, Arif A, Jamal S, Ghafoor R. Augmented reality in clinical dental training and education. J Pak Med Assoc. 2021; (1): S42– S48. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33582722/
28. Ben-Gal G, Weiss EI, Gafni N, Ziv A. Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. Eur J Dent Educ. 2013; 17(3): 138 - 142. doi: 10.1111/eje.12023

29. Siegel SC, Kramer SB, Deranek KM. Lean methods applied to CAD/CAM pedagogy in the dental simulation laboratory. J Dent Educ. 2019; 83(9): 1081 - 1091. doi: http://dx.doi.org/10.21815/JDE.019.100
30. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition. J Dent Educ. 2010; 74(12): 1357 - 1366.
31. Roy E, Bakr MM, George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. Saudi Dent J. 2017; 29(2): 41 - 47. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.001
32. Chopra SS, Sahoo NK. Pandemic proofing dental education [Internet]. Med J Armed Forces India. 2021; 77: S31 - S36. Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33612929/
33. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital undergraduate education in dentistry: A systematic review [Internet]. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(9): 32 - 69. doi: 10.3390/ijerph17093269
34. Sadid-Zadeh R, D'Angelo EH, Gambacorta J. Comparing feedback from faculty interactions and virtual assessment software in the development of psychomotor skills in preclinical fixed prosthodontics [Internet]. Clin Exp Dent Res. 2018; 4(5): 189 - 195. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30386641/
35. Matthisson L, Zitzmann NU, Zaugg LK, Joda T. Potential of intraoral optical scanning to evaluate motor skills' improvement for tooth preparation: A prospective cohort study. Eur J Dent Educ. 2021. doi: http://dx.doi.org/10.1111/eje.12745
36. Gadbury-Amyot CC, Purk JH, Williams BJ, Van Ness CJ. Using tablet technology and instructional videos to enhance preclinical dental laboratory learning [Internet]. J Dent Educ. 2014; 78(2): 250 - 258. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24489032/
37. Mays KA, Crisp HA, Vos P. Utilizing CAD/CAM to measure total occlusal convergence of preclinical dental students' crown preparations [Internet]. J Dent Educ. 2016; 80(1): 100 - 107. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26729690/

38. Uoshima K, Akiba N, Nagasawa M. Technical skill training and assessment in dental education. Jpn Dent Sci Rev. 2021; 57: 160 - 163. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2021.08.004
39. Farag A, Hashem D. Impact of the haptic virtual reality simulator on dental students' psychomotor skills in preclinical operative dentistry [Internet]. Clin Pract. 2021; 12(1): 17 - 26. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35076504/
40. Urbankova A, Eber M, Engebretson SP. A complex haptic exercise to predict preclinical operative dentistry performance: a retrospective study [Internet]. J Dent Educ. 2013; 77(11): 1443 - 1450. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24192409/
41. Wong G, Apthorpe HC, Ruiz K, Nanayakkara S. An innovative educational approach in using instructional videos to teach dental local anesthetic skills [Internet]. Eur J Dent Educ. 2019; 23(1): 28 – 34. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30069994/
42. Kolling M, Backhaus J, Hofmann N, Keß S, Krastl G, Soliman S, et al. Student's perception of three-dimensionally printed teeth in endodontic training [Internet]. Eur J Dent Educ. 2021. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34921718/
43. Al-Saud LM, Mushtaq F, Allsop MJ, Culmer PC, Mirghani I, Yates E, et al. Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator [Internet]. Eur J Dent Educ. 2017; 21(4): 240 - 247. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27324833/
44. Huang T-K, Yang C-H, Hsieh Y-H, Wang J-C, Hung C-C. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. Kaohsiung J Med Sci. 2018; 34(4): 243 - 248. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.009
45. Loulwa M. Al-Saud LM. The utility of haptic simulation in early restorative dental training: A scoping review. J Dent Educ. 2021; 85(5): 704 - 721. doi: http://dx.doi.org/10.1002/jdd.12518
46. Koo S, Kim A, Donoff RB, Karimbux NY. An initial assessment of haptics in preclinical operative dentistry training [Internet]. J Investig Clin Dent. 2015; 6(1): 69 - 76. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23946269/

47. Grischke J, Johannsmeier L, Eich L, Griga L, Haddadin S. Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry. Dent Mater. 2020; 36(6): 765 - 778. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2020.03.021
48. de Boer IR, Lagerweij MD, Wesselink PR, Vervoorn JM. The effect of variations in force feedback in a virtual reality environment on the performance and satisfaction of dental students [Internet]. Simul Healthc. 2019; 14(3): 169 - 174. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31116175/
49. Prabhu S, John V, Blanchard S, Eckert GJ, Hamada Y. Assessing effectiveness of an audiovisual educational tool for improving dental students probing depth consistency [Internet]. J Dent Educ. 2019; 83(4): 429 - 436. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30745343/
50. Patel SA, Barros JA, Clark CM, Frey GN, Streckfus CF, Quock RL. Impact of technique-specific operative videos on first-year dental students performance of restorative procedures [Internet]. J Dent Educ. 2015; 79(9): 1101 - 1107. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26329035/
51. Maggio MP, Villegas H, Blatz MB. The effect of magnification loupes on the performance of preclinical dental students. Quintessence Int. 2011; 42(1): 45 – 55. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21206933/
52. Al Shaikhly B, Harrel SK, Umorin M, Augsburger RA, Jalali P. Comparison of a dental operating microscope and high-resolution videoscope for endodontic procedures. J Endod. 2020; 46(5): 688 - 693. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2020.01.013
53. Gottlieb R, Lanning SK, Gunsolley JC, Buchanan JA. Faculty impressions of dental students' performance with and without virtual reality simulation. [Internet] J Dent Educ. 75(11): 1443 – 1451. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22058393/
54. Joda T, Gallucci GO, Wismeijer D, Zitzmann NU. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review [Internet]. Comput Biol Med. 2019; 108: 93 – 100. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31003184/
55. Vural Ç, Bozkurt P, Vardar Acar C, Üçok C. Analysis of confidence levels and application success rates in simulator-based dental anesthesia education among

undergraduate dental students [Internet]. J Oral Maxillofac Surg . 2021; 79(6): 1236. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33716007/

56. Urbankova A, Engebretson SP. The use of haptics to predict preclinic operative dentistry performance and perceptual ability [Internet]. J Dent Educ. 2011; 75(12): 1548 - 1557. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22184593/

57. Perry S, Bridges SM, Zhu F, Leung WK, Burrow MF, Poolton J, et al. Getting to the root of fine motor skill performance in dentistry: Brain activity during dental tasks in a virtual reality haptic simulation. J Med Internet Res. 2017; 19(12): e371. doi: http://dx.doi.org/10.2196/jmir.8046

Anexos

Tabla 1-A. Resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback	2011	Rhienmora et al.	Ensayo clínico controlado no aleatorizado	• Dispositivo háptico PHANToM Omni (SensAble Technologies Inc.) simula procedimientos de preparación de coronas. • El simulador entrega una retroalimentación objetiva del procedimiento realizado. • Como ventaja, los simuladores de realidad virtual es que se registran datos sobre el entorno y las acciones del usuario.
Formative feedback generation in a VR-based dental surgical skill training simulator	2020	Su Yin et al.	Ensayo clínico controlado aleatorizado	• La retroalimentación inmediata otorgada por los simuladores es uno de los factores más importantes que conducen a diferencias en el aprendizaje motor, en donde existe un vínculo entre la acción y el resultado, que es importante para aprender y perfeccionar las habilidades psicomotoras. • Los simuladores virtuales no pueden reemplazar a los expertos durante la formación sino complementar a los expertos en el proceso de formación. • El tiempo y la carga de trabajo de los expertos se puede ver reducido con la adición de simuladores de realidad virtual equipados con funciones de evaluación y retroalimentación.
Technical skill training and assessment in dental education	2021	Uoshima et al.	Revisión de la literatura	• Impresión Polyjet reproduce dureza del esmalte, dentina y la caries de los dientes naturales, creando modelos impresos en 3D a partir de escaneos orales de pacientes reales. • Los simuladores dentales de VR y AR son efectivos, pero en este momento se aconseja utilizarlos como recursos auxiliares.

				• Un único método de evaluación puede no entregar una validez suficiente para evaluar la habilidad clínica, por lo que la combinación de diferentes métodos podrían dar una mayor validez y objetividad.

Tabla 1-B. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Augmented reality in clinical dental training and education	2021	Haji et al.	Revisión de la literatura	• La realidad aumentada (RA) se suma al entorno real, tiene más libertad para el usuario, la tecnología está más desarrollada y no requieren de una pantalla montada en la cabeza y en la realidad virtual (RV) hay un intercambio con el entorno, es más inmersivo, es una tecnología relativamente nueva, y requiere de una pantalla montada en la cabeza. • Entre las ventajas de la RA y RV se tiene el refuerzo de los conceptos, orientación al uso de los instrumentos odontológicos, posición ergonómica cuidadosa, desarrollo de habilidades motoras coordinadas, autoevaluación sin supervisión, evaluación estandarizada, adquisición más rápida de habilidades y se puede disponer por más tiempo de estos recursos para la práctica. • Estas herramientas presentan desventajas como el desarrollo continuo de softwares en donde la mayoría está en fase de experimentación, por lo que se debe tener un aprendizaje constante del manejo de los mismos. Presentan un costo relativamente alto de instalación y configuración inicial de simulación, limitaciones de los instrumentos y/o herramientas disponibles en el sistema y mantenimiento constante de los equipos.
Impact of the Haptic Virtual Reality Simulator on Dental Students' Psychomotor Skills in Preclinical Operative Dentistry	2021	Farag et al.	Ensayo clínico no controlado	• Entrenamiento complementario en los simuladores hápticos parece mejorar las habilidades psicomotoras, da acceso ilimitado a la práctica de tareas clínicas y reduce el tiempo de supervisión docente requerido. • La práctica con simuladores de realidad virtual hápticos previo a la realización de una cavidad en un diente plástico, disminuyó el tiempo en que se hace la cavidad, así como hubo una mejora en los parámetros de la cavidad. • La mejora en estos aspectos es atribuible a las evaluaciones continuas de los estudiantes proporcionadas por los simuladores hápticos, mejorando el aprendizaje ojo-mano y el control psicomotor fino.

Tabla 1-C. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Testing manual dexterity using a virtual reality simulator	2013	Ben Gal et al.	Ensayo clínico controlado no aleatorizado	• Simulador háptico IDEA dental evalúa los siguientes parámetros tiempo, precisión, número de intentos para completar la tarea con éxito y puntuación proporcionada por el simulador. • Si se quiere implementar un simulador de realidad virtual como una herramienta de medición y evaluación de las habilidades manuales en odontología se debe determinar que estas mediciones sean confiables y válidas. • La mayor fiabilidad fue para la puntuación proporcionada por el sistema que combina precisión y tiempo, estas son estables y consistentes.
A complex haptic exercise to predict preclinical operative	2013	Urban kova et al.	Estudio retrospectivo	• Realizar una prueba de destreza manual en el simulador háptico es un fuerte predictor del desempeño del estudiante en la práctica preclínica temprana. • Los ejercicios hápticos, parecen proporcionar un entorno relativamente fácil y seguro para la prueba y el aprendizaje de las habilidades en operatoria, con una disminución de la necesidad de instrucción individual de los docentes y la eliminación de desechos.
The effect of magnification loupes on the performance of preclinical dental students	2011	Maggi o et al.	Ensayo clínico controlado aleatorizado	• El uso de magnificación mejora significativamente el desempeño de los estudiantes en la educación dental preclínica, es considerado un complemento eficaz. • La agudeza visual es fundamental en el aprendizaje de habilidades psicomotoras. • Existen efectos positivos en la ergonomía y en la postura durante los procedimientos dentales.

Tabla 1-D. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
An innovative educational approach in using instructional videos to teach dental local anaesthetic skills	2018	Wong et al.	Ensayo clínico controlado	• El uso de videos instructivos son efectivos para ayudar a los estudiantes a comprender y recordar las habilidades clínicas previo a una evaluación. • El enfoque ATLS es efectivo para enseñar habilidades prácticas básicas, pero su efectividad no puede aislarse en este estudio por las limitaciones que presenta. • Los videos instructivos son efectivos para complementar el enfoque ATLS en la enseñanza de habilidades psicomotoras.
Assessing Effectiveness of an Audiovisual Educational Tool for Improving Dental Students' Probing Depth Consistency	2019	Prabhu et al.	Ensayo clínico controlado aleatorizado	• El uso del "video de entrenamiento periodontal calibrado" mejoró la precisión de la profundidad de sondaje de los estudiantes para sitios con PD de 4 mm en un 10 %. • El uso de una cámara montada en lupas proporciona una perspectiva distintiva para los espectadores: permite a los estudiantes ver a través de los ojos del instructor y simular lo que puede ser su propia vista dentro de la boca de un paciente. • Los videos proponen un beneficio mayor al de las demostraciones en vivo, ya que no todos son capaces de ver lo que se está haciendo, así como no se puede ver las veces que sea necesario, en cambio el video es de fácil acceso, se puede reproducir varias veces y todos ven el mismo material.

Lean Methods Applied to CAD/CAM Pedagogy in the Dental Simulation Laboratory	2019	Siegel et al.	Estudio clínico controlado aleatorizado	• El uso de la metodología Lean mejoró la eficacia de los estudiantes, disminuyendo el tiempo empleado en esto. • El uso del sistema CAD/CAM capacita a los estudiantes en hacer las preparaciones de coronas en menor tiempo. • Existe una disminución en el tiempo de espera para la retroalimentación por el uso de estándares visuales, esto también redujo la dependencia constante de docentes para la retroalimentación.

Tabla 1-E. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Impact of Technique-Specific Operative Videos on First-Year Dental Students' Performance of Restorative Procedures	2015	Patel et al.	Ensayo clínico controlado aleatorizado	• Los videos de técnicas quirúrgicas en el momento previo a la realización de una actividad preclínica no mejoran la capacidad de los estudiantes de odontología para cavidades de amalgama. • Es recomendable el uso de demostraciones de psicomotricidad en video, pero estos deben estar disponibles antes de los procedimientos que se realizarán por primera vez, para el análisis y comprensión de estos, que puede ser de forma independiente por cada estudiante o que el instructor discuta de él en un grupo grande a modo de complemento de la enseñanza tradicional. • Las demostraciones de psicomotricidad en video pareciera aumentar la capacidad de los estudiantes para comprender los aspectos conceptuales de las técnicas de psicomotricidad.
Augmented Kinematic Feedback from Haptic Virtual Reality for Dental Skill Acquisition	2010	Suebnukarn et al.	Ensayo clínico controlado aleatorizado	• Se desarrolló un sistema háptico de RV para el entrenamiento de habilidades clínicas dentales que se enfocó en simular la preparación de la corona y la apertura del acceso endodóntico, el cual proporciona retroalimentación que es importante en el desarrollo de habilidades y se da en varios puntos del proceso de aprendizaje. • El uso de este simulador en la tarea asignada mejoró los resultados en aquellos estudiantes que lo utilizaron para aprender. • A pesar de que estos sistemas de RV y realidad aumentada (RA) ayudan al proceso de aprendizaje, no son tan beneficiosos utilizarlos en la última etapa de aprendizaje. • Lo que potencia a estos sistemas tecnológicos es la retroalimentación, lo que puede llevar a mejorar el rendimiento de los estudiantes en las sesiones de adquisición y retención de habilidades.

Tabla 1-F. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review	2019	Joda et al.	Revisión sistemática	• La realidad aumentada (RA) es una tecnología que superpone un escenario virtual generado por computadora sobre una realidad existente para crear una percepción sensorial a través de la capacidad de interactuar con él. • La realidad virtual (RV) es una simulación artificial generada por computadora de un entorno o situación de la vida real, sumerge al usuario haciéndole sentir que experimenta la realidad simulada de primera mano mediante la estimulación de la visión y la audiencia en tiempo real. • Los estudios analizados dentro de esta revisión sistemática demostraron que el uso de sistemas de RV/RA como herramienta educativa mejoran la adquisición de habilidades psicomotrices, así como también mejoran la curva de aprendizaje y la confianza en el estudiante.
The need for virtual reality simulators in dental education. A review.	2017	Bakr et al.	Revisión de la literatura	• Los simuladores de RV brindan a los estudiantes la oportunidad de obtener comentarios instantáneos, así como también de practicar tareas de evaluación utilizando criterios similares a los utilizados por los examinadores. • Existen varios simuladores dentales de RV donde se destacan DentSim, IDEA, Simodont, PerioSim, Voxel-Man, etc. • El uso de métodos virtuales ha reducido cinco veces el tiempo de los docentes en comparación con los métodos de enseñanza preclínica tradicionales. • Se ha informado que las cortezas neurales pre motoras y motoras muestran una actividad significativamente mayor cuando trabajan y observan tareas con sistemas virtuales, en lugar de actuar como observadores pasivos de un procedimiento. Esto mejora los resultados del aprendizaje.

Tabla 1-G. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry	2018	Huang et al.	Revisión de la literatura	• El problema principal sobre RV y RA es que para lograr la puntuación estándar se debe realizar la estandarización para facilitar el aprendizaje y la práctica de los estudiantes. • Los sistemas con RV y RA, no solo integran sistemas para aprender y enseñar desde una perspectiva organizacional, sino que también entrenan habilidades y mejoras en la coordinación ojo-mano. • A través de los simuladores dentales digitales y el entorno clínico, es fácil para los estudiantes practicar por sí mismos, esto les permite obtener una experiencia clínica y una precisión cruciales.
Pandemic proofing dental education	2021	Chopra et al.	Revisión de la literatura	• Los simuladores hápticos y de RV son útiles para explicar y mejorar la destreza motora y manual de los estudiantes de odontología, así como también la coordinación ocular. • Los sistemas de RV, RA y hápticos se pueden utilizar para adquirir habilidades que van desde la punción anestesia local, identificación de enfermedades periodontales, preparación de la cavidad de acceso al conducto radicular y colocación de implantes dentales. • La incorporación de tecnología háptica en el plan de estudios de odontología permitiría a los estudiantes "tratar a un paciente virtual" y facilitaría una retroalimentación objetiva del procedimiento durante y después de un procedimiento.
Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry	2020	Grischke et al.	Revisión sistemática	• Se han introducido robots de enseñanza con el objetivo de ayudar a los estudiantes de odontología a familiarizarse con situaciones de emergencia. • Dentro de los robots más populares dentro del mundo de la odontología se encuentran ROBOTUTOR y SIMROID, uno enseña y muestra técnicas de cepillado dental, mientras que el otro es capaz de imitar reflejos humanos con el fin de simular a un paciente, respectivamente. • El uso de estas tecnologías todavía está restringido a casos piloto y preguntas de investigación limitadas.

Tabla 1-H. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Analysis of Confidence Levels and Application Success Rates in Simulator-Based Dental Anesthesia Education Among Undergraduate Dental Students	2021	Vural et al.	Ensayo clínico controlado no aleatorizado	• El grupo de estudio que fue entrenado con simuladores de RV mostraron mayor confianza a los pacientes al aplicar anestesia dental, en comparación con el grupo control. • Se ha descrito que el uso de simuladores de RV para enseñar la técnica anestésica aumentó la confianza y capacidad para controlar una jeringa y disminuyó el tiempo requerido para inducir anestesia en los estudiantes en los que se les enseñó mediante esta tecnología. • Aunque el uso de estos simuladores facilita la transición de las estudiantes de pre-grado desde el laboratorio preclínico a la clínica, el éxito no es garantizado.
Students perception of three-dimensionally printed teeth in endodontic training	2021	Kolling et al.	Ensayo clínico no controlado	• Los estudiantes prefirieron el uso de dientes naturales extraídos antes que el uso de cubos de resina y dientes impresos en 3D. Aunque comentaron que el uso de dientes impresos en 3D, fue más beneficioso que el uso de cubos de resina. • Teniendo en cuenta las dificultades para obtener dientes naturales extraídos adecuados, los estudiantes respaldaron la formación clínica usando el diente impreso en 3D para disminuir el riesgo de incidentes de mala praxis antes de su práctica en pacientes reales. • Dados los resultados positivos de este estudio y las ventajas reconocidas que preparan a los estudiantes para entornos de la vida real, se recomienda integrar los dientes impresos en 3D en la educación dental.

Tabla 1-I. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Digital Undergraduate Education in Dentistry. A systematic Review	2020	Zitzmann y cols	Revisión sistemática	• En uno de los estudios revisados, se concluyó que las tecnologías digitales de RA/RV son valiosas en la educación de pregrado y posgrado en odontología, ofreciendo conceptos de aprendizaje interactivo con acceso 24/7 y evaluación objetiva. • Se registró que el tiempo de instrucción de los docentes para enseñar preparaciones de cavidades y coronas se redujo significativamente cuando se utilizaron sistemas de simulación asistidos por computadora de realidad virtual. • Para entrenar habilidades motoras, las herramientas de software digital se pueden utilizar para evaluar las habilidades manuales, analizar las preparaciones preclínicas de los estudiantes, permitir la autoevaluación y mejorar la calidad de la educación. La naturaleza objetiva y exacta de estas evaluaciones digitales ayuda a mejorar la visualización de los estudiantes, brinda retroalimentación inmediata y mejora la evaluación del instructor y la autoevaluación y autocorrección de los estudiantes.
The utility of haptic simulation in early restorative dental training: A scoping review	2020	Loulwa M. et al.	Revisión de la literatura	• Su implementación se ve limitada por la falta de estudios y la gran variedad de tecnologías, principalmente más estudios empíricos para mejorar la disponibilidad de evidencia de validación, en particular para los simuladores comerciales establecidos. • Ventajas del uso de simuladores es la posibilidad de establecer puntos de referencia de rendimiento estandarizados basado en métricas de simulador háptico para la evaluación de tareas dentales simuladas simples y complejas. Su desventaja su alto costo de implementación limita a instituciones con recursos limitados y una gran cohorte de estudiantes. • Dentro de la contribución en entrenamiento, en etapas tempranas los estudiantes presentan mayor avance y se puede predecir su rendimiento. Autores concluyen que el uso de simuladores se debe utilizar en conjunto con simulación tradicional.

Tabla 1-J. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator	2016	Al-Saud et al.	Ensayo clínico aleatorizado	• El grupo con retroalimentación de instructor y dispositivo tuvo diferencias estadísticamente significativas respecto a los otros grupos, con puntuaciones de error significativamente menores, además de adoptar una estrategia más cautelosa que aquellos que estuvieron expuestos a un solo tipo de retroalimentación. La retroalimentación multimodal es más efectiva que la retroalimentación unimodal. • La investigación sobre la adquisición de habilidades motoras indica la existencia de dos amplios mecanismos que interactúan y contribuyen al aprendizaje de cualquier tarea motora dada. • El método más rápido para mejorar el rendimiento de las tareas se conoce como 'basado en modelos' (MB) y el segundo método más lento, pero más significativa 'sin modelos' (MF). El grupo con retroalimentación multimodal demostró generalización de los conocimientos, demuestra al descubrir que sus niveles de habilidad se consolidaron con el tiempo y que la información aprendida en una tarea podría generalizarse a otra.
The Effect of Variations in Force Feedback in a Virtual Reality Environment on the Performance and Satisfaction of Dental Students	2019	de Boer et al.	Ensayo clinico	• Los investigadores concluyen que el FFB en esta RV puede no necesitar replicar con precisión la realidad para permitir que los estudiantes adquieran una habilidad motora o aprendan al realizar el ejercicio, pero se necesita más investigación para investigar si esto se puede extrapolar al ámbito clínico. • Se evaluaron los materiales a usar, los resultados sugieren que trabajar con material más blando podría ser más difícil que aprender con material más duro; sin embargo, este resultado no es estadísticamente significativo, pero coincide con la bibliografía. • Los resultados de este estudio no se pueden extrapolar directamente a otra pieza de mano de RV, ya que la anterior usaba micromotor.

Tabla 1-K. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Comparing feedback from faculty interactions and virtual assessment software in the development of psychomotor skills in preclinical fixed prosthodontics	2018	Sadid-Zadeh et al.	Ensayo clínico controlado no aleatorizado	• Los resultados de este estudio sugieren que algunos estudiantes pueden beneficiarse del uso del software Compare como un mecanismo de retroalimentación inmediato para desarrollar sus habilidades psicomotoras en ausencia de retroalimentación del profesorado. Aunque el número de estudiantes fue muy pequeño en este estudio. • Los porcentajes de comparación generados por software calculados mediante la comparación virtual de las preparaciones de los estudiantes frente a una preparación estándar se han sugerido como un método confiable y consistente de evaluación de los estudiantes.
Comparison of a Dental Operating Microscope and High-resolution Videoscope for Endodontic Procedures	2020	Al Shaikhly et al.	Ensayo clinico controlado no aleatorizado	• El microscopio quirúrgico dental (DOM) es una herramienta integral en la práctica endodóntica. Se demostró que los resultados de la endodoncia quirúrgica mejoraron utilizando un microscopio con un aumento mayor que las lupas. • Los resultados de la encuesta mostraron que DOM es más fácil de usar en comparación con VS y también mostró que DOM obtuvo una clasificación más alta que VS en visualización, eficiencia de tiempo, ergonomía y orientación, mientras que VS fue similar a las lupas en ergonomía y visualización. • Sin embargo, DOM presenta limitaciones en ciertas áreas de la boca por lo que VS puede tener ventajas potenciales sobre el DOM para procedimientos de endodoncia no quirúrgicos.

Tabla 1-L. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
An initial assessment of haptics in preclinical operative dentistry training	2013	Koo et al.	Ensayo clinico aleatorizado	• Los estudiantes que completaron los ejercicios hápticos obtuvieron puntuaciones más altas estadísticamente significativas en el tratamiento del diente adyacente. En este estudio no hubo resultados estadísticamente significativos que demostraran mejoras en las habilidades motoras, respecto al grupo control, excepto para el manejo del diente adyacente. • Percepción: los estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo en que la característica similar a un juego del software hizo que la experiencia de aprendizaje fuera más divertida e interesante.
Getting to the root of fine motor skill performance in dentistry: Brain activity during dental tasks in a virtual reality haptic simulation	2017	Perry et al.	Ensayo clinico controlado no aleatorizado	• Los autores concluyeron que una mayor tendencia al control consciente de los movimientos durante los procedimientos dentales se asoció con mayores demandas de oxihemoglobina en sangre en los pacientes corteza prefrontal dorsolateral (un área del cerebro asociada con la memoria de trabajo y la planificación motora). • No está claro hasta qué punto el aprendizaje motor implícito es factible cuando se aprenden procedimientos dentales, pero puede tener un lugar durante las primeras etapas del entrenamiento de habilidades motoras dentales. • El entrenamiento estructurado cuando se aprenden habilidades con piezas de mano dentales, por ejemplo, podría ser reemplazado inicialmente por protocolos de práctica diseñados para reducir los errores, lo que se ha demostrado que causa un aprendizaje motor implícito.

Tabla 1-M. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Potential of intraoral optical scanning to evaluate motor skills' improvement for tooth preparation: A prospective cohort study	2021	Mathisson et al.	Estudio de cohorte prospectivo	• Los estudiantes pueden usar IOS para capturar sus preparaciones dentales y recibir evaluaciones objetivas. • Demostró que IOS-herramientas basadas fueron especialmente útil para los estudiantes más débiles al permitirles mejorar sus habilidades en aspectos específicos. Principalmente que aquellos que tuvieron acceso sin restricciones a la preparación digital. • Esto indica que el objetivo de las herramientas de evaluación con visualización digital podrían ser efectivas desarrollándose a sí mismo habilidades de evaluación de los estudiantes de odontología que apoyan la adquisición de habilidades motoras.
Using Tablet Technology and Instructional Videos to Enhance Preclinical Dental Laboratory Learning	2013	Gadbury-Amyot et al.	Ensayo clínico aleatorizado	• Los investigadores dentales han recomendado que una parte de la calificación de cualquier proyecto refleje las habilidades de autoevaluación. • Hubo una ligera tendencia hacia menos fallas y mayores tasas de aprobación en el grupo experimental (expuestos a los videos). • Las respuestas ilustran que los estudiantes percibieron fuertemente que los iPads y los videos que los acompañaban los ayudaron a desempeñarse mejor y a autoevaluar con mayor precisión sus productos de trabajo.
The Use of Haptics to Predict Preclinic Operative Dentistry Performance and Perceptual Ability	2011	Urbankova et al.	Ensayo clínico aleatorizado	• No observamos correlaciones estadísticas con las medidas de precisión o tiempo. Ninguna prueba pudo predecir los resultados de la prueba, sin embargo, el éxito general se asoció a pruebas PAT significativamente más altas. • Este hallazgo puede sugerir que el desempeño en el PAT y el desempeño en la preclínica de odontología operativa requieren diferentes aptitudes que involucran diferentes conjuntos de habilidades.

Tabla 1-N. Continuación de resultados de búsqueda.

Nombre	Año de publicación	Autor	Tipo de investigación o metodología	Principales hallazgos
Utilizing CAD/CAM to Measure Total Occlusal Convergence of Preclinical Dental Students' Crown Preparations	2015	May et al.	Ensayo clínico no aleatorizado	• El software CAD/CAM puede mejorar la objetividad del proceso de calificación tanto para estudiantes como para profesores. • Las percepciones de los profesores sobre las habilidades de los estudiantes de VRS fueron generalmente más altas que las de los estudiantes que no son de VRS. El uso de la evaluación digital de la preparación preclínica de coronas con E4D Compare puede proporcionar a los estudiantes comentarios instantáneos, objetivos y visuales. • Una excelente manera de reducir la subjetividad es usar una guía de reducción de masilla que se fabrica antes de comenzar la preparación.
Faculty impressions of Dental Students' performance with and without virtual reality simulation	2011	Gottlieb et al.	Ensayo clínico no aleatorizado	• Las percepciones de los profesores sobre las habilidades de los estudiantes de VRS fueron generalmente más altas que las de los estudiantes que no son de VRS. • La percepción de la facultad sobre la ergonomía constituyó la principal diferencia entre los estudiantes de VRS y los que no eran de VRS. • Se le pidió a los encuestados que calificaran el nivel de estrés de los estudiantes. La calificación de los estudiantes VSR fue ligeramente más alta que la de los estudiantes que no son VRS.