

Modelización 3D de última generación y simulación mediante dispositivos de realidad virtual para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de cirugía hepatobiliar con alumnos de medicina.

3D modelling and simulation using virtual reality devices to enhance the teaching and learning process in hepatobiliary surgery for medical students.

Víctor López López
Universidad de Murcia, Murcia, España.
victor.lopez5@um.es

Juan de la Cruz
Universidad de Murcia, Murcia, España.
juancruz@um.es

Álvaro Navarro Barrios
Universidad de Murcia, Murcia, España.
alvaro.navarro@um.es

Roberto Brusadin
Universidad de Murcia, Murcia, España.
roberto.brusadin1@um.es

María Jesús Crespo Castillo.
Universidad de Murcia, Murcia, España.
mariajesus.crespoc@um.es

Ignacio Sánchez Esquer
Universidad de Murcia, Murcia, España.
ignacio.sanchez6@um.es

Carmen Mezquita
Universidad de Murcia, Murcia, España.
Carmen.mezqitan@um.es

María Iniesta Cortés
Universidad de Murcia, Murcia, España.
mc.iniestacortes@um.es

Asunción López Conesa
Universidad de Murcia, Murcia, España.
alconesa2@um.es

Ricardo Robles Campos
Universidad de Murcia, Murcia, España.
rirocam@um.es

Resumen

Los nuevos dispositivos de modelización 3D de última generación y simulación con gafas de Realidad Virtual (RV) suponen una nueva herramienta que puede ser utilizada con para mejorar la comprensión de la cirugía hepatobiliar en los estudiantes de medicina. Entre septiembre de 2022 y enero de 2024 realizamos un estudio prospectivo entre los alumnos de medicina de 4º curso. Se implementó una nueva metodología docente basada en innovaciones tecnológicas centradas en 3D de última generación. Mediante una encuesta se valoraron índices de satisfacción, utilidad,

mejora, implementación, comprensión y motivación. Un total de 46 alumnos contestaron al cuestionario. Un 95,7% estaban de acuerdo con que los modelos virtuales 3D y la RV favorecen a mostrar un mayor interés por la clase sin ninguna respuesta desfavorable al respecto. Un 95,7% coinciden con que la utilización de modelos impresos en 3D deberían tener más presencia en las clases de cirugía. Un 97,8% estaban de acuerdo en que los vídeos quirúrgicos asistidos por reconstrucciones 3D deberían tener más presencia en las aulas. Los resultados de este estudio respaldan la efectividad y la aceptación de la metodología docente basada en tecnología 3D en la enseñanza de la anatomía quirúrgica hepática.

Palabras clave: realidad virtual; software 3D; impresión 3D; cirugía hepatobiliar; educación; Enseñanza-aprendizaje.

Abstract

Next generation modelling 3D devices and simulation with Virtual Reality (VR) glasses represent a new tool that can be used to improve the understanding of hepatobiliary surgery in medical students. Between September 2022 and January 2024, we conducted a prospective study among 4th year medical students. A new teaching methodology based on technological innovations centered on state-of-the-art 3D was implemented. A survey was used to evaluate satisfaction, usefulness, improvement, implementation, comprehension and motivation indexes. A total of 46 students answered the questionnaire. A total of 95.7% agreed that the 3D virtual models and VR favored a greater interest in the class, with no unfavorable response in this respect. 95.7% agreed that the use of 3D printed models should have a greater presence in surgery classes. A 97.8% agreed that surgical videos assisted by 3D reconstructions should have more presence in the classroom. The results of this study support the effectiveness and acceptance of 3D technology-based teaching methodology in the teaching of hepatic surgical anatomy.

Key words: virtual reality; 3D software; 3D printing; hepatobiliary surgery; education; teaching-learning.

1. - Introducción

La aplicación de las nuevas tecnologías como los softwares de reconstrucción 3D y la simulación mediante dispositivos de Realidad Virtual (RV), se están implementando rápidamente en la práctica quirúrgica diaria (López-López et al., 2021a; Aranda et al., 2022; López-López et al., 2021b; López-López et al., 2023). La posibilidad de simular escenarios reales usando modelos anatómicos personalizados, permite realizar una medicina basada en la evidencia adaptada a las características únicas de cada paciente. Los recursos digitales para la simulación clínica están demostrando una gran utilidad, puesto que facilitan la toma de decisiones en los procedimientos terapéuticos. Además, adquieren una especial relevancia en el ámbito de las especialidades quirúrgicas, donde es imprescindible conjugar los conocimientos teóricos con unas habilidades técnicas y manuales que se van adquiriendo con la práctica y la experiencia.

Existe una cierta preocupación respecto a la falta de enseñanza de estas habilidades quirúrgicas en los estudiantes de medicina y en los médicos en formación (Glossop et al., 2023). Esta situación nos plantea la necesidad utilizar nuevos modelos educativos con el objetivo de mejorar las competencias de los futuros sanitarios.

Los espacios de trabajo tridimensionales o virtuales y las tecnologías de la información y la comunicación representan una herramienta especialmente útil para mejorar la enseñanza de las habilidades quirúrgicas. Presentamos nuestra experiencia de docente apoyada por la nueva modelización de última generación 3D aplicada en la enseñanza de los principios fundamentales de la anatomía quirúrgica hepática.

La integración de la RV en los entornos educativos, particularmente en el campo de la medicina y la cirugía, ha sido objeto de un creciente interés académico y de investigación en la última década (Ammanuel et al., 2019; Pottle, 2019). Diversos estudios han explorado la aplicación de estas tecnologías emergentes para facilitar el aprendizaje y mejorar las habilidades, resaltando su potencial para mejorar tanto la percepción espacial (Del Cerro & Morales, 2021), como las habilidades prácticas de los estudiantes (Samadbeik et al., 2018).

Uno de los aspectos más destacados de la RV y la modelización 3D en la educación quirúrgica es su capacidad para reducir la carga cognitiva de los estudiantes. Según Mayer y Moreno (2003), la carga cognitiva se refiere a la cantidad de recursos mentales requeridos para procesar información. Los entornos virtuales pueden simplificar la presentación de información compleja, permitiendo a los estudiantes enfocarse en los componentes críticos de una tarea quirúrgica sin la sobrecarga de información no esencial. Esto es particularmente relevante en la cirugía hepatobiliar, donde la comprensión de la anatomía compleja y las variantes anatómicas es crucial.

Por otro lado, como ya se ha introducido, la percepción espacial, una habilidad vital en la cirugía, se ve significativamente mejorada mediante el uso de simulaciones 3D y RV. Estudios como los de Stull et al. (2009) han demostrado que la interacción con modelos anatómicos tridimensionales mejora la capacidad de los estudiantes para comprender estructuras complejas en comparación con métodos de enseñanza más tradicionales, como imágenes bidimensionales o texto. Esto no solo mejora la capacidad de los estudiantes para realizar procedimientos quirúrgicos, sino que también aumenta su confianza y minimiza potencialmente la tasa de errores.

Otros estudios también resaltan la importancia de la inmersión y la interactividad que ofrecen estas tecnologías. Sattar et al. (2020) subrayan que los cursos que incorporan RV y modelización 3D no solo son más efectivos en términos de resultados de aprendizaje, sino que también generan un mayor interés y motivación entre los estudiantes, siendo crucial para el aprendizaje a largo plazo y la retención de conocimientos.

La relevancia de estas herramientas en la educación médica se ve reflejada en el aumento del número de programas y facultades que las incorporan en sus currículos. La experiencia práctica adquirida a través de simulaciones virtuales permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones clínicas complejas de manera segura, sin poner en riesgo a los pacientes, preparándolos mejor para sus futuros roles como profesionales de la salud. Por todo lo anterior, continuar la investigación en este campo es esencial para explorar su potencial y optimizar las estrategias de enseñanza en la educación médica.

El estudio se centra en un diseño prospectivo para analizar la integración de tecnologías avanzadas, como la impresión 3D y la RV, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la

cirugía hepatobiliar a estudiantes de medicina. En este sentido, se detalla la implementación de herramientas tecnológicas específicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía y técnicas quirúrgicas, y se emplea un cuestionario post-curso para medir la percepción sobre el aprendizaje de los estudiantes en relación a la tendencia de la eficacia y utilidad de estas herramientas en su formación.

2.- Método

2.1.- Diseños del estudio

Estudio se ha realizado entre septiembre de 2022 y enero de 2024 con los estudiantes de 4º curso del grado de medicina de la Facultad de Medicina de la Universidad de Murcia (España). Solo se incluyeron aquellos alumnos que asistieron de forma presencial a la clase impartida. Todos los alumnos dieron su consentimiento para formar parte del estudio.

Se implementó una intervención docente basada en la innovación con la tecnología 3D de última generación en la asignatura de Cirugía del Aparato Digestivo, en concreto, en el tema de anatomía quirúrgica hepática. La asignatura fue impartida por profesores asociados y un catedrático de cirugía de Ciencias de la Salud de la Universidad de Murcia, especializados en cirugía hepatobiliar y trasplante hepático. La clase impartida (Figura 1) se centraba en la segmentación hepática, en las variantes de la arteria hepática, en la irrigación venosa portal, en el sistema de drenaje por las venas hepáticas y vena cava, en la anatomía del árbol biliar, en los diferentes tipos de resecciones hepáticas y en el abordaje quirúrgico en cirugía hepática.

Figura 1.

Clase magistral empleando RV e impresión 3D en la enseñanza de la segmentación hepática.

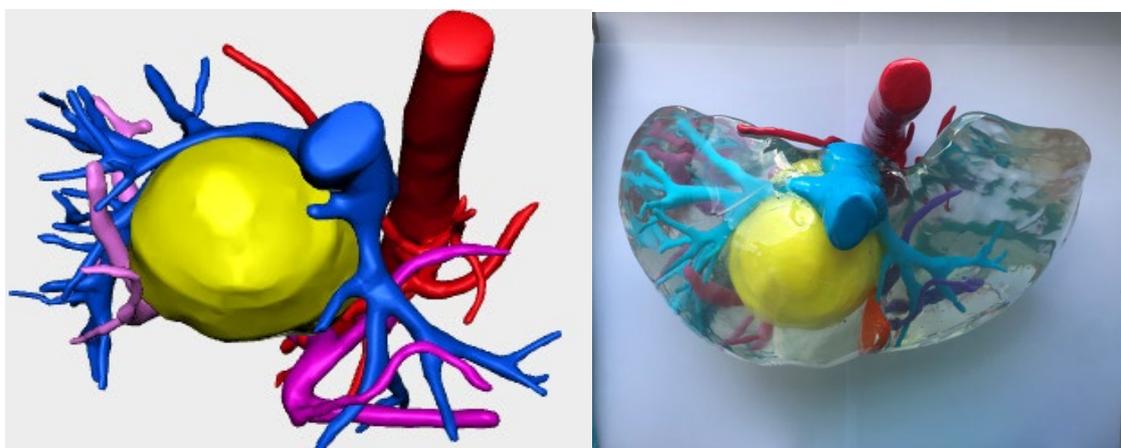


2.2.- Herramientas empleadas

Durante el desarrollo de la clase se utilizaron: 1) modelos de impresión 3D personalizados (Figura 2) basados en un software de última generación 3D ("3D-MSP", Cella Medical Solutions©, Número de patente: WO2017077146A1); 2) un sistema de RV basado en un dispositivo holográfico autónomo ergonómico en el que se visualizaban los modelos anatómicos hepáticos diseñados con el software en 3D (Hololens®, Microsoft, USA); y 3) vídeos quirúrgicos asistidos con gráficos con reconstrucciones 3D de la plataforma de cirugía hepatobiliar de la Universidad de Toronto (TVASurg).

Figura 2.

Ejemplo de un modelo 3D virtual y su correspondiente modelo 3D impreso.



2.3.- Cuestionario

El cuestionario con preguntas adaptadas del modelo ARCS de Keller (2010) fue facilitado a los alumnos tras finalizar el semestre por vía electrónica (Google Forms®, Mountain View, CA, USA). Se plantearon 8 cuestiones en las que se valoraban índices de satisfacción, utilidad, mejora, implementación, comprensión y motivación. Se pidió a los participantes que indicaran su "acuerdo/desacuerdo" con los parámetros propuestos mediante una escala Likert de 5 puntos: 1: "totalmente en desacuerdo", 2: "en desacuerdo", 3: "ni de acuerdo ni en desacuerdo", 4: "de acuerdo", y 5: "totalmente de acuerdo". Además, se incluyeron 4 campos de escritura libre en los que los estudiantes podían reflejar sus opiniones en relación a la metodología utilizada en clase.

2.4.- Análisis estadístico

Todos los datos incluidos se analizaron con un paquete estadístico profesional (proyecto R, ver. 3.6.1, GLP). En general, se utilizó una escala de Likert de cinco puntos con un valor central neutro y, en unos pocos casos, elección múltiple. Los resultados se presentan en forma de números y porcentajes. Para representar la escala Likert utilizamos un gráfico de barras divergentes centrado en el valor neutro, de modo que se pueda destacar el

acuerdo o desacuerdo con cada pregunta. Calculamos, además, la puntuación mediana y la desviación intercuartílica (IQD) para esta escala.

3.- Resultados

Un total de 46 alumnos contestaron al cuestionario. Todos los estudiantes que participaron en la encuesta habían asistido presencialmente a las clases impartidas con la propuesta metodológica apoyada en RV e impresión 3D. Un 84.7% confirmaron que las clases habían sido de utilidad y un 93.5% consideraron las clases interesantes sin recibir ninguna respuesta negativa en ambos casos. En la Tabla 1 se recoge la mediana para cada uno de los ítems de la encuesta según la escala de Likert.

Tabla 1.

Descripción detallada de cada una de las cuestiones formuladas en la encuesta en función del grado de acuerdo según la escala de Likert.

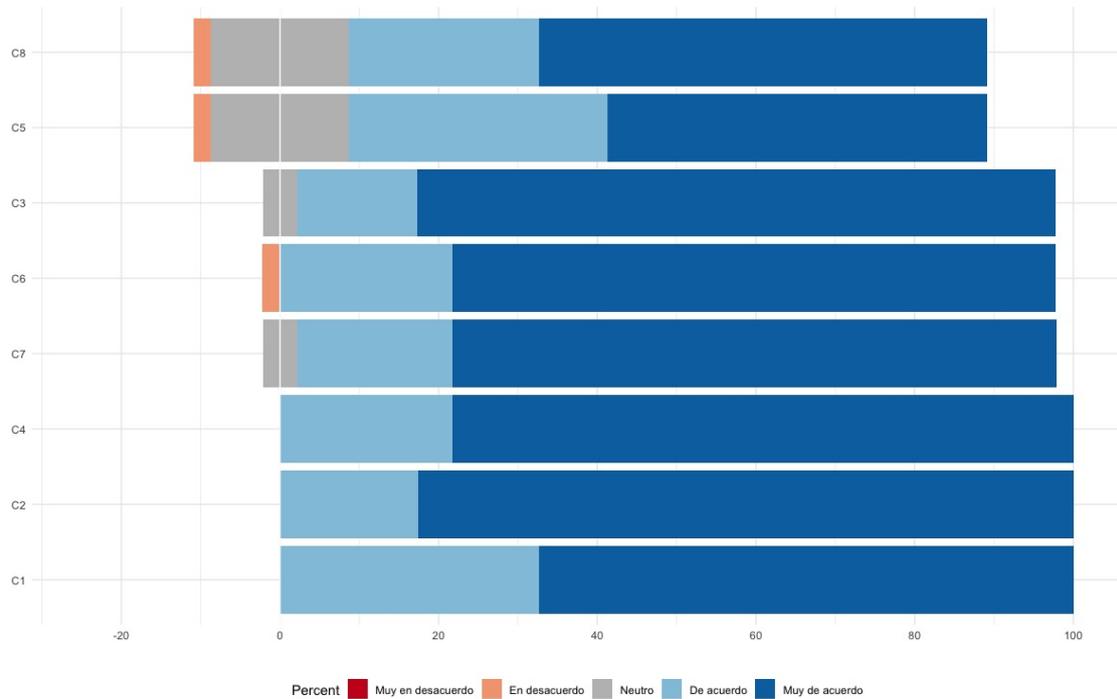
CUESTIONES	MEDIAN	Muy en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Neutro (3)	De acuerdo (4)	Muy de acuerdo (5)
1 ¿Crees que los modelos 3D y la realidad virtual ayudan a comprender mejor la clase?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	15 (32.6%)	31 (67.4%)
2 ¿Crees que los modelos 3D y la realidad virtual ayudan a comprender mejor la anatomía?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (17.4%)	38 (82.6%)
3 ¿Crees que los modelos 3D y la realidad virtual favorecen a mostrar un mayor interés por la clase?	5	0 (0%)	0 (0%)	2 (4.3%)	7 (15.2%)	37 (80.4%)
4 ¿Incorporarías los modelos 3D y la realidad virtual en otros talleres o clases de la carrera?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (21.7%)	36 (78.3%)
5 ¿Los modelos 3D y la realidad virtual han fomentado en ti un mayor interés por la cirugía?	4	0 (0%)	1 (2.2%)	8 (17.4%)	15 (32.6%)	22 (47.8%)
6 ¿Crees que los vídeos en 3D como el de youtube o de las cirugías deberían tener más presencia en las clases?	5	0 (0%)	1 (2.2%)	0 (0%)	10 (21.7%)	35 (76.1%)
7 ¿Crees que los modelos de impresión en 3D deberían tener más presencia en las clases?	5	0 (0%)	0 (0%)	2 (4.3%)	9 (19.6%)	35 (76.1%)
8 ¿Crees que aplicaciones como la de Kahoot debería tener más presencia en las clases?	5	0 (0%)	1 (2.2%)	8 (17.4%)	11 (23.9%)	26 (56.5%)

Fuente: Elaboración propia.

El grado de concordancia fue del 100% para todas las cuestiones exceptuando las cuestiones 5, 6 y 8 como queda reflejado en la Figura 3.

Figura 3.

Respuestas de los estudiantes en relación a la metodología aplicada.



3.1.- Modelización 3D, impresión 3D y RV

Todos los alumnos estuvieron de acuerdo en que la utilización de modelos 3D y RV ayudan a comprender mejor la clase y entender mejor la anatomía hepatobiliar. Un 95,7% de los alumnos estaban de acuerdo con que los modelos 3D y la RV les hacen mostrar un mayor interés y motivación por la clase sin ninguna respuesta desfavorable al respecto. Todos los estudiantes coincidieron en incorporar los modelos 3D y la RV en otros talleres o clases del grado de medicina. Un 80,4% de los estudiantes reconocieron que los modelos 3D y la RV fomentaron en ellos un mayor interés por la asignatura de cirugía general y del aparato digestivo. Un 95,7% de los estudiantes coinciden con que la utilización de modelos impresos en 3D deberían tener más presencia en las clases de cirugía.

3.2.- Vídeos quirúrgicos asistidos por reconstrucciones 3D

Respecto a la utilización de material audiovisual con tecnología 3D didácticos sobre procedimientos quirúrgicos combinados con cirugías de los procedimientos quirúrgicos un 97,8% de los estudiantes estaban de acuerdo en que deberían tener más presencia en las clases. Un 80.4% de los estudiantes coincidían en la que la utilización de plataformas gratuitas que permitan la creación de cuestionarios de evaluación mediante una aplicación en móvil por la que el profesor crea concursos en el aula para aprender o reforzar el

aprendizaje y donde los alumnos son los concursantes, deberían tener más presencia en las aulas. Todos los encuestados puntuaron con los grados de mayor calificación las clases en las que se utilizaron dispositivos virtuales 3D, modelos impresos, RV, videos didácticos con tecnología 3D integrada y cuestionarios para móvil, frente a las clases que habían recibido con metodologías tradicionales durante los años previos de su grado.

3.3.- Áreas de mejora educativa

En el análisis de las áreas de mejora educativa basado en los cuestionarios cumplimentados por los estudiantes, se identificaron varias tendencias y sugerencias que merecen atención. A pesar de que las respuestas a los campos de respuesta libre revelan una percepción generalmente positiva hacia la nueva metodología implementada, también se identifican oportunidades para mejorar y enriquecer aún más el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Resalta la preferencia de los estudiantes por un enfoque más dinámico e interactivo que incorporé tecnologías avanzadas, como la impresión 3D y la RV, en la educación médica, lo cual subraya el valor de la inmersión y la participación activa en el aprendizaje de conceptos complejos, tales como la anatomía quirúrgica hepática. La implicación directa de los estudiantes mediante el uso de dispositivos de RV evidencia una comprensión más profunda de la materia, así como un aumento del interés y la motivación hacia el estudio de la cirugía hepatobiliar.

Además, la sugerencia de incorporar más herramientas interactivas como Kahoot indica un deseo de diversificar las estrategias de aprendizaje y aumentar la participación estudiantil. La integración de estas herramientas podría complementar la tecnología de RV e impresión 3D, proporcionando una variedad de instrumentos didácticos que atiendan a diferentes estilos de aprendizaje y mantengan el compromiso de los estudiantes a lo largo del curso.

Cabe destacar, que un número significativo de estudiantes expresó el deseo de que la metodología empleada en este curso, basada en tecnologías avanzadas como la impresión 3D y la RV, se implementara desde los primeros años de la carrera de medicina. Argumentan que esta aproximación innovadora hubiera sido de gran ayuda para la comprensión y el aprendizaje de conceptos fundamentales en los cursos iniciales, facilitando una base sólida y una mejor preparación para los sucesivos cursos académicos y prácticas futuras. Este feedback resalta la importancia de reconsiderar la cronología y la integración de las metodologías de enseñanza innovadoras en el currículo médico, sugiriendo que la exposición temprana a estas herramientas en los estudios de grado de medicina puede mejorar significativamente el proceso de aprendizaje, al ofrecer experiencias educativas más ricas y atractivas desde el inicio de la formación médica. La adopción de estas tecnologías no solo en cursos avanzados sino también en etapas tempranas de la carrera, podría revolucionar la manera en que los estudiantes entienden y se relacionan con el material médico complejo, perfeccionando así su desarrollo académico y profesional.

4.- Discusión

La anatomía humana, fundamental en el currículo del Grado en Medicina, es una disciplina en la que la visión espacial y la comprensión de la relación entre las diferentes estructuras reviste una gran importancia (Berney et al., 2015). Sin embargo, las representaciones bidimensionales presentes en los libros de anatomía y radiología, así como los cortes anatómicos de cadáver, ofrecen una limitada visión de la complejidad tridimensional de estas estructuras (Langlois et al., 2015).

Este desafío es particularmente relevante en el estudio de la anatomía hepática, dada su intrincada naturaleza con múltiples estructuras tubulares entrelazadas y ampliamente ramificadas. Por ello, el estudio de la segmentación hepática puede entrañar una elevada dificultad y llegar a ser frustrante para estudiantes de medicina y residentes de cirugía (Jurgaitis et al., 2008; Chen et al., 2010; DeOliveira et al., 2011).

El interés por las herramientas de modelización 3D ha ido en aumento, como lo demuestra el creciente número de publicaciones al respecto en la última década. De hecho, la preferencia de los estudiantes de ciencias de la salud por los modelos anatómicos en 3D, tanto en formato digital como físico, ha sido ampliamente documentada debido a su capacidad para mejorar las habilidades de visualización espacial (Azer & Azer, 2016). La mayoría de estos estudios demuestran que los estudiantes de ciencias de la salud prefieren los modelos anatómicos en 3D (en formato digital y/o impreso en formato físico) frente a las representaciones bidimensionales, puesto que les ayudan a mejorar sus habilidades en la visualización espacial de los órganos estudiados.

Hasta la fecha, se han publicado 12 estudios aleatorizados y controlados (Metzler et al., 2012; Li et al., 2015; Kong et al., 2016; Lim et al., 2016; Wang et al., 2017; Huang et al., 2018; Wu et al., 2018; Yi et al., 2019; Chedid et al., 2020; Zhang et al., 2021; Al-Badri et al., 2022; Cheng et al., 2023; Giehl-Brown et al., 2023) sobre la utilidad de la modelización 3D como estrategia de enseñanza, enfatizándose en dos de ellos la utilidad de la modelización 3D para la comprensión de la segmentación hepática (Kong et al., 2016; Chedid et al., 2020) y la planificación quirúrgica en el tratamiento de los tumores malignos del hígado, como el hepatocarcinoma (Cheng et al., 2023). Asimismo, recientes estudios controlados apuntan a que el uso de modelos 3D también incrementa la satisfacción e implicación de los pacientes, ya que proporciona una mejor comprensión de la cirugía compleja a la que van a ser sometidos (Giehl-Brown et al., 2023).

La introducción de innovaciones tecnológicas en la educación médica es un tema de gran relevancia en la actualidad. Los resultados obtenidos en nuestra investigación, durante la enseñanza de la anatomía quirúrgica hepática con estudiantes de medicina, respaldan una tendencia positiva en la efectividad del aprendizaje y en la motivación por el mismo, cuando utilizamos metodologías docentes apoyadas en modelos 3D, RV y vídeos quirúrgicos con reconstrucciones 3D.

En primer lugar, es importante destacar que la aceptación y la utilidad percibida por parte de los alumnos fueron altas, con un porcentaje significativo que afirmó que las clases fueron de gran utilidad y resultaron interesantes. Este hallazgo concuerda con estudios

previos que han demostrado que el uso de tecnología en la enseñanza puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje (Wu et al., 2018; Yi et al., 2019; Chedid et al., 2020).

En el presente estudio, no se llevó a cabo un análisis comparativo entre el modelo impreso, el modelo virtual y el representado mediante gafas de RV. Sin embargo, al evaluar la satisfacción global de los alumnos con este tipo de herramientas (Preguntas 1-5), se observó una tasa prácticamente nula de respuestas negativas en todas ellas, con una tasa de respuestas positivas en torno al 95,7%. En este sentido, como ha sucedido a otros autores ya comentados, estos hallazgos respaldan la premisa de que la visualización tridimensional facilita la asimilación de conceptos complejos y la comprensión de estructuras anatómicas que resultan difíciles de conceptualizar en dos dimensiones.

No obstante, el modelo virtual podría presentar algunas limitaciones en comparación con el modelo impreso-físico. En primer lugar, el modelo virtual ofrece una visualización a través de entornos virtuales que carecen de respuesta háptica, lo que puede dificultar la percepción táctil y la orientación espacial de los estudiantes a la hora de interpretar el modelo. En segundo lugar, las imágenes virtuales representan objetos tridimensionales en un plano bidimensional, lo que puede generar confusiones debido a la superposición de estructuras situadas en un mismo plano. Esta característica puede dificultar la comprensión de la anatomía. Además, algunos estudiantes pueden tener dificultades con la imaginación espacial, lo que podría llevar a una interpretación errónea de las imágenes virtuales. Por esta razón, se incluyeron las gafas de RV durante las clases para mejorar la interacción de los estudiantes con el modelo y su percepción espacial, al proporcionarles una sensación más realista de tridimensionalidad, mejorando y facilitando su interpretación de las estructuras anatómicas. La impresión 3D emerge como una herramienta complementaria que podría abordar algunos de los desafíos asociados con los modelos virtuales mencionados anteriormente.

En los estudios publicados hasta la fecha, no se han encontrado diferencias significativas entre el uso del modelo 3D en su versión física frente a la utilización del modelo virtual (Kong et al., 2016). Con todo, existieron diferencias significativas en la efectividad del aprendizaje cuando se comparaban con el modelo tradicional de enseñanza mediante imágenes bidimensionales.

Las herramientas adicionales para mejorar la enseñanza en el aula, como los vídeos de cirugías, plataformas como YouTube y sistemas de encuesta tipo Kahoot, representan avances significativos en la educación médica contemporánea. Los vídeos de cirugías ofrecen una ventana única hacia procedimientos quirúrgicos reales, permitiendo a los estudiantes observar y comprender los conceptos teóricos en un contexto práctico y dinámico. Por su parte, plataformas como YouTube proporcionan acceso a una amplia gama de recursos educativos, desde conferencias magistrales hasta tutoriales prácticos, en un formato fácilmente accesible y adaptable a las necesidades individuales de aprendizaje. Asimismo, los sistemas de encuesta tipo Kahoot ofrecen una forma interactiva y lúdica de evaluar el conocimiento y fomentar la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En conjunto, estas herramientas complementarias no solo enriquecen la experiencia educativa, sino que también

empoderan a los estudiantes para adquirir habilidades críticas y relevantes para la práctica clínica moderna.

Los resultados indican que la utilización de vídeos quirúrgicos con reconstrucciones 3D también fue bien recibida por los estudiantes y se percibió como una herramienta útil para complementar la enseñanza teórica. La combinación de imágenes en 3D con procedimientos quirúrgicos reales puede ayudar a los estudiantes a visualizar los conceptos teóricos en un contexto práctico, lo que mejora su comprensión y retención del material.

Es importante señalar que los estudiantes expresaron un claro interés en que estas metodologías se incorporen en otras áreas del grado de medicina, lo que sugiere un deseo de seguir utilizando estas herramientas en su formación académica futura. Esto respalda la idea de que la integración de tecnología en la educación médica puede contribuir significativamente a la preparación de los estudiantes para enfrentar los desafíos de la práctica clínica moderna.

En cuanto a las áreas de mejora educativa identificadas por los estudiantes en los campos de respuesta libre, es fundamental tener en cuenta sus comentarios para seguir mejorando la metodología docente. Las opiniones y sugerencias de los estudiantes pueden proporcionar valiosos puntos de vista sobre cómo optimizar el uso de la tecnología en el aula y adaptarla mejor a las necesidades y preferencias de los estudiantes.

5.- Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren una tendencia positiva en la eficacia en el aprendizaje del alumnado y en su aceptación generalizada hacia el uso tecnologías avanzadas como herramientas metodológicas innovadoras en la enseñanza-aprendizaje de la anatomía quirúrgica hepática, en concreto, herramientas basadas en la impresión 3D y la RV. La investigación destaca cómo la adopción de tales herramientas tecnológicas puede enriquecer significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje, pudiendo proporcionar a los estudiantes de medicina una comprensión más profunda y detallada de conceptos complejos y de los procedimientos quirúrgicos.

En consonancia con el análisis de los resultados obtenidos, se evidencia una clara preferencia por parte de los estudiantes hacia métodos de enseñanza que promuevan la interactividad y la inmersión. La alta tasa de satisfacción y la percepción de utilidad reflejan el potencial transformador de estas tecnologías para mejorar la calidad de la educación médica. La favorable recepción de los modelos 3D y las simulaciones en RV, junto con el apoyo de vídeos quirúrgicos asistidos por reconstrucciones 3D, ilustran el valor añadido de combinar teoría y práctica mediante recursos digitales avanzados.

Se resalta la demanda estudiantil de extender la implementación de esta metodología educativa a otros cursos del grado de medicina, sugiriendo su potencial aplicación desde el inicio de la carrera. Tal extensión podría facilitar una base sólida de conocimientos y habilidades, preparando mejor a los estudiantes para los retos académicos y clínicos futuros. Esta propuesta destaca la necesidad de revisar y adaptar los currículos médicos

para incorporar tecnologías educativas avanzadas que respondan a las expectativas y necesidades de una nueva generación de estudiantes de medicina.

El análisis cualitativo de las áreas de mejora sugeridas por los estudiantes proporciona una dirección clara para futuras intervenciones pedagógicas. La inclusión de más herramientas interactivas y la ampliación de la utilización de metodologías basadas en tecnología 3D desde los primeros años de formación médica, no solo podría mejorar la comprensión y retención de conocimientos, sino también aumentar el interés y la motivación de los estudiantes.

Finalmente, se subraya la importancia de la continua innovación y adaptación de la educación médica a las tecnologías emergentes. La evidencia obtenida respalda la incorporación de herramientas digitales avanzadas como un complemento esencial para los métodos de enseñanza tradicionales, con el objetivo de preparar a los futuros médicos para una práctica clínica que es cada vez más tecnológica y especializada. La exploración continua de nuevas tecnologías y metodologías docentes, en estrecha colaboración con la retroalimentación y las preferencias de los estudiantes, será crucial para el desarrollo de programas educativos que sean relevantes, efectivos y capaces de satisfacer las demandas actuales del entorno clínico.

Presentación del artículo: 7 de marzo de 2024

Fecha de aprobación: 9 de junio de 2024

Fecha de publicación: 30 de junio de 2024

López-López, V. et al (2024). Modelización 3D de última generación y simulación mediante dispositivos de realidad virtual como herramientas educativas para mejorar la enseñanza-aprendizaje en cirugía hepatobiliar en alumnos de medicina. <i>RED. Revista de Educación a Distancia</i> , 24(79). http://dx.doi.org/10.6018/red.608431

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Declaración de los autores sobre el uso de LLM

Este artículo no ha utilizado textos provenientes (o generados) de un LLM (ChatGPT u otros) para su redacción.

Referencias

Al-Badri, N., Touzet-Roumazielle, S., Nuytten, A., Ferri, J., Charkaluk, M. L., & Nicot, R. (2022). Three-dimensional printing models improve long-term retention in medical education of pathoanatomy: A randomized controlled study. *Clinical Anatomy*, 35(5), 609-615.

- Ammanuel, S., Brown, I., Uribe, J., & Rehani, B. (2019). Creating 3D models from radiologic images for virtual reality medical education modules. *Journal of medical systems*, 43(6), 166.
- Aranda, F. P., Piñeiro, L. V., Pérez, M. C., & Andorrà, E. C. (2022). Robotic cholecystectomy and transcystic common bile duct exploration with augmented reality glasses and indocyanine green in a patient with a cystic duct cyst. *Cirugia Espanola*, 101(8), 562-563.
- Azer, S. A., & Azer, S. (2016). 3D anatomy models and impact on learning: a review of the quality of the literature. *Health professions education*, 2(2), 80-98.
- Berney, S., Bétrancourt, M., Molinari, G., & Hoyek, N. (2015). How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models. *Anatomical sciences education*, 8(5), 452-462.
- Chen, G., Li, X. C., Wu, G. Q., Zhang, S. X., Xiong, X. F., Tan, L. W., ... & Dong, J. H. (2010). Three-dimensional reconstruction of digitized human liver: based on Chinese Visible Human. *Chinese medical journal*, 123(02), 146-150.
- Chedid, V. G., Kamath, A. A., Knudsen, J. M., Frimannsdottir, K., Yost, K. J., Geske, J. R., ... & Kamath, P. S. (2020). Three-dimensional-printed liver model helps learners identify hepatic subsegments: A randomized-controlled cross-over trial. *Official journal of the American College of Gastroenterology | ACG*, 115(11), 1906-1910.
- Cheng, J., Wang, Z. F., Yao, W. F., Liu, J. W., Lu, Y., Wang, Q., & Cai, X. J. (2023). Comparison of 3D printing model to 3D virtual reconstruction and 2D imaging for the clinical education of interns in hepatocellular carcinoma: a randomized controlled study. *Journal of Gastrointestinal Oncology*, 14(1), 325-333.
- Del Cerro Velázquez, F., & Morales Méndez, G. (2021). Systematic review of the development of spatial intelligence through augmented reality in stem knowledge areas. *Mathematics*, 9(23), 3067.
- DeOliveira, M. L., Schulick, R. D., Nimura, Y., Rosen, C., Gores, G., Neuhaus, P., & Clavien, P. A. (2011). New staging system and a registry for perihilar cholangiocarcinoma. *Hepatology*, 53(4), 1363-1371.
- Giehl-Brown, E., Dennler, S., Garcia, S. A., Seppelt, D., Oehme, F., Schweipert, J., ... & Riediger, C. (2023). 3D liver model-based surgical education improves preoperative decision-making and patient satisfaction—A randomized pilot trial. *Surgical Endoscopy*, 37(6), 4545-4554.
- Glossop, S. C., Bhachoo, H., Murray, T. M., Cherif, R. A., Helo, J. Y., Morgan, E., & Poacher, A. T. (2023). Undergraduate teaching of surgical skills in the UK: systematic review. *BJS open*, 7(5).
- Huang, Z., Song, W., Zhang, Y., Zhang, Q., Zhou, D., Zhou, X., & He, Y. (2018). Three-dimensional printing model improves morphological understanding in acetabular fracture learning: A multicenter, randomized, controlled study. *PloS one*, 13(1).
- Jurgaitis, J., Paškoniš, M., Pivoriūnas, J., Martinaitytė, I., Juška, A., Jurgaitienė, R., ... & Strupas, K. (2008). The comparison of 2-dimensional with 3-dimensional hepatic visualization in the clinical hepatic anatomy education. *Medicina*, 44(6), 428-438.

- Keller, J. (2010). Motivational design for learning and performance. *Science & Business Media*, 227–286, Springer.
- Kong, X., Nie, L., Zhang, H., Wang, Z., Ye, Q., Tang, L., ... & Li, J. (2016). Do 3D printing models improve anatomical teaching about hepatic segments to medical students? A randomized controlled study. *World journal of surgery*, 40, 1969-1976.
- Langlois, J., Wells, G. A., Lecourtois, M., Bergeron, G., Yetisir, E., & Martin, M. (2015). Spatial abilities of medical graduates and choice of residency programs. *Anatomical Sciences Education*, 8(2), 111-119.
- Li, Z., Li, Z., Xu, R., Li, M., Li, J., Liu, Y., ... & Chen, Z. (2015). Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture—A randomized controlled study in China. *Scientific reports*, 5(1), 11570.
- Lim, K. H. A., Loo, Z. Y., Goldie, S. J., Adams, J. W., & McMEnamin, P. G. (2016). Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anatomical sciences education*, 9(3), 213-221.
- Lopez-Lopez, V., Robles-Campos, R., García-Calderon, D., Lang, H., Cugat, E., Jiménez-Galanes, S., ... & Parrilla-Paricio, P. (2021a). Applicability of 3D-printed models in hepatobiliary surgery: results from “LIV3DPRINT” multicenter study. *HPB*, 23(5), 675-684.
- Lopez-Lopez, V., Gomez-Perez, B., de Vicente, E., Jiménez-Galanes, S., Mora-Oliver, I., Sabater, L., ... & Robles-Campos, R. (2021b). Next-generation three-dimensional modelling software for personalized surgery decision-making in perihilar cholangiocarcinoma: multicentre study. *British Journal of Surgery*, 108(12), 394-395.
- Lopez-Lopez, V., Sánchez-Esquer, I., Crespo, M. J., Navarro, M. Á., Brusadin, R., Conesa, A. L., ... & Robles-Campos, R. (2023). Development and validation of advanced three-dimensional navigation device integrated in da Vinci Xi® surgical robot for hepatobiliary surgery: pilot study. *British Journal of Surgery*, 110(1), 108-110.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52.
- Metzler, R., Stein, D., Tetzlaff, R., Bruckner, T., Meinzer, H. P., Büchler, M. W., ... & Fischer, L. (2012). Teaching on three-dimensional presentation does not improve the understanding of according CT images: a randomized controlled study. *Teaching and learning in medicine*, 24(2), 140-148.
- Samadbeik, M., Yaaghobi, D., Bastani, P., Abhari, S., Rezaee, R., & Garavand, A. (2018). The applications of virtual reality technology in medical groups teaching. *Journal of advances in medical education & professionalism*, 6(3), 123.
- Sattar, M., Palaniappan, S., Lokman, A., Shah, N., Khalid, U., & Hasan, R. (2020). Motivating medical students using virtual reality based education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(2), 160-174.
- Stull, A. T., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2009). Getting a handle on learning anatomy with interactive three-dimensional graphics. *Journal of educational psychology*, 101(4), 803.

- Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future healthcare journal*, 6(3), 181.
- Wang, Z., Liu, Y., Luo, H., Gao, C., Zhang, J., & Dai, Y. (2017). Is a three-dimensional printing model better than a traditional cardiac model for medical education? A pilot randomized controlled study. *Acta Cardiologica Sinica*, 33(6), 664-669.
- Wu, A. M., Wang, K., Wang, J. S., Chen, C. H., Yang, X. D., Ni, W. F., & Hu, Y. Z. (2018). The addition of 3D printed models to enhance the teaching and learning of bone spatial anatomy and fractures for undergraduate students: a randomized controlled study. *Annals of translational medicine*, 6(20).
- Yi, X., Ding, C., Xu, H., Huang, T., Kang, D., & Wang, D. (2019). Three-dimensional printed models in anatomy education of the ventricular system: a randomized controlled study. *World neurosurgery*, 125, 891-901.
- Zhang, H., He, Y., Chen, Y., Liu, J., Jin, Q., Xu, S., ... & Niu, F. (2021). Virtual reality and three-dimensional printed models improve the morphological understanding in learning mandibular sagittal split ramus osteotomy: a randomized controlled study. *Frontiers in Surgery*, 8, 705532.