



ORIGINAL

## Visibilidad, impacto y colaboración en la producción científica sobre la realidad virtual en la educación médica (2017-2022)



John Barja-Ore<sup>a</sup>, Alexandra Liñan-Bermudez<sup>b</sup> y Frank Mayta-Tovalino<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento Académico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú

<sup>b</sup> Departamento Académico, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

<sup>c</sup> Unidad de Revisiones Sistemáticas y Meta-análisis, Guías de Práctica Clínica y Evaluaciones de Tecnologías Sanitarias, Vicerrectorado de Investigación, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú

Recibido el 12 de abril de 2023; aceptado el 29 de mayo de 2023

Disponible en Internet el 24 de junio de 2023

### PALABRAS CLAVE

Realidad Virtual;  
Educación Médica;  
Estudiantes de  
Medicina;  
Aprendizaje

### Resumen

**Introducción:** la realidad virtual es una herramienta que favorece el logro de diversas competencias en la formación médica. El objetivo de este estudio fue analizar la visibilidad, el impacto y la colaboración en la producción científica sobre la realidad virtual en la educación médica.

**Métodos:** estudio bibliométrico que consistió en la inclusión de los artículos indizados en Scopus entre los años 2012 y 2021 a partir de una estrategia de búsqueda diseñada con operadores lógicos y términos MESH. Los indicadores bibliométricos se estimaron con SciVal y Bibliometrix.

**Resultados:** la mayoría de los artículos se han publicado en revistas del primer cuartil (50,6%), con un incremento desde el 2019 hasta el 2021. Los términos *Virtual reality* y *Medical education* son los que condensaron mayor coocurrencia. Los autores Winkler-Schwartz, del Maestro y Konge fueron los más representativos y principalmente Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Australia fueron los países más dominantes. El análisis factorial demostró que la dimensión uno parece relacionarse con la experiencia práctica y la simulación, en tanto que la dimensión 2, con la educación médica. La *Journal of Surgical Education* es la que tiene más artículos publicados y la de mayor impacto fue la *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. **Conclusiones:** en los últimos años la literatura científica sobre la realidad virtual aplicada a la educación médica se ha incrementado. Además, existe una red de colaboración internacional que se ha incrementado en diferentes partes del mundo. Las revistas de impacto son las principales para la divulgación de estas investigaciones.

© 2023 The Authors. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [fmayta@usil.edu.pe](mailto:fmayta@usil.edu.pe) (F. Mayta-Tovalino).

## KEYWORDS

Virtual Reality;  
Education Medical;  
Medical Students;  
Learning

## Visibility, impact and collaboration in scientific production on virtual reality in medical education (2017-2022)

### Abstract

*Introduction:* Virtual reality is a tool that promotes the achievement of various competencies in medical education. The aim of this study was to analyze the visibility, impact, and collaboration in scientific production on virtual reality in medical education.

*Methods:* A bibliometric study consisting of the inclusion of articles indexed in Scopus between 2012 and 2021 based on a search strategy designed with logical operators and MESH terms. Bibliometric indicators were estimated using SciVal and Bibliometrix.

*Results:* Most of the articles were published in first quartile journals (50.6%), with an increase from 2019 to 2021. The terms "Virtual reality" and "Medical education" condensed the highest co-occurrence. Authors Winkler-Schwartz, Del maestro and Konge were the most representative and mainly USA, Germany, UK and Australia were the most dominant countries. Factor analysis showed that dimension one seems to be related to practical experience and simulation, while dimension two to medical education. The Journal of Surgical Education has the most published articles and the one with the highest impact was the International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery.

*Conclusions:* In recent years the scientific literature on virtual reality applied to medical education has increased. In addition, there is an international collaboration network that has increased in different parts of the world. Impact journals are the main journals for the dissemination of this research.

© 2023 The Authors. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

En los últimos años el desarrollo tecnológico ha sido muy acelerado y ha generado impacto en las instituciones educativas<sup>1</sup>. Esto ha llevado a la transformación de los paradigmas de este sector, que ahora se reflejan en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la formación médica<sup>2,3</sup>. La educación basada en la realidad virtual es una actividad que utiliza la tecnología para que el usuario explore o manipule entornos multimedia, sensoriales y en 3 dimensiones, ya sean reales o artificiales, que han sido generados por un ordenador a fin de lograr habilidades que se puedan utilizar en la práctica clínica<sup>4</sup>.

El uso de la realidad virtual es relativamente nuevo, debido a que su contenido es maleable de acuerdo con la necesidad y la predilección de los estudiantes, ya que es reconocida como una forma de aprendizaje más atractiva, inspiradora e interactiva<sup>5,6</sup>. En una revisión previa se ha reportado que los simuladores quirúrgicos virtuales (60,5%), la inclusión de modelos 3D (13,2%) y los mundos virtuales (17,5%), fueron las modalidades principales de aplicación en la educación médica, especialmente en la enseñanza de anatomía y cirugía<sup>7</sup>. Al respecto, se ha concluido que la educación médica que incluye esta herramienta posibilita a los estudiantes realizar actividades prácticas más seguras para la atención del paciente<sup>8,9</sup>.

Aunque su aporte es valioso en las dimensiones formativas de los médicos, los escenarios actuales evidencian desafíos y barreras para su adecuada implementación, como los costos más altos para la adquisición o desarrollo de esta tecnología, la insuficiente evidencia científica, la infraestructura de las

instituciones no diseñadas para laboratorios de realidad virtual, así como la propia disposición o actitud de los docentes y estudiantes<sup>5,10,11</sup>.

Es importante reconocer que la educación médica enfrenta nuevos y constantes retos para formar profesionales competentes<sup>12</sup>. La adopción de la realidad virtual se viene realizando de manera progresiva y contribuyendo con los cambios de la enseñanza tradicional<sup>13</sup>. Su inclusión ofrece la oportunidad a los educadores, gestores educativos y estudiantes de reformar la educación médica.

La investigación bibliométrica permite evaluar el impacto de las publicaciones y proponer tendencias o proyecciones futuras sobre un determinado campo temático<sup>14</sup>. Por ello, este estudio tiene como objetivo analizar la visibilidad, el impacto y la colaboración en la producción científica en Scopus sobre la realidad virtual en la educación médica.

## Materiales y métodos

Estudio bibliométrico fundamentado en la búsqueda de artículos sobre el uso de la realidad virtual en la educación médica, que estuvieron indexados en Scopus en el periodo de 2012 a 2021.

Previo a la búsqueda de las publicaciones se realizó la identificación de términos MESH y selección de operadores booleanos para el diseño de la estrategia de búsqueda, la cual se delimitó a los campos del título y resumen, así como al periodo 2012 a 2021. A continuación se presenta la estrategia elaborada: TITLE-ABS (Virtual Reality OR Reality Virtual OR Virtual Simulation OR Virtual Reality Educational OR Educational Virtual Realities OR Educational Virtual

Reality OR Reality Educational Virtual OR Virtual Realities Educational OR Virtual Reality Instructional OR Instructional Virtual Realities OR Instructional Virtual Reality OR Realities Instructional Virtual OR Reality Instructional Virtual OR Virtual Realities Instructional) AND TITLE-ABS (Education Medical Undergraduate OR Medical Education Undergraduate OR Medical Student OR Education Medical OR Medical Students OR Students Medical OR Undergraduate Medical Education OR Medical Education OR Student Medical OR Education Undergraduate Medical) AND PUBYEAR > 2011 AND PUBYEAR < 2022.

La aplicación de la estrategia se realizó el 24 de marzo del 2023, la cantidad resultante fue 573 publicaciones y se incluyeron para el análisis los artículos originales publicados en revistas indexadas en Scopus, en cualquier idioma y entre los años 2012 y 2021; en tanto que se excluyeron los artículos de conferencias (137), revisiones (60), capítulos de libros (17), revisiones de conferencias (3), notas (3), cartas (3), encuestas breves (3), editoriales (2), libros (2), fe de erratas (1) y retractados (1). Es así como la muestra se conformó por 339 artículos (fig. 1).

En la misma fecha de la búsqueda y selección se realizó la exportación de los datos de los artículos con la herramienta Scival. Dicho software permitió la estimación de los parámetros bibliométricos considerados para la investigación (cantidad de artículos publicados, citas por cada publicación, el *SCImago Journal Rank* (SJR), *Source-Normalized Impact per Paper* (SNIP), el cuartil de la revista y el *CiteScore* 2021. El cálculo de porcentajes, así como el

diseño del gráfico de tendencias se realizó con Microsoft Excel 2019. Además, para la visualización de redes de colaboración establecida por coautoría según el país, se empleó el programa VOSviewer versión 1.6.19. Además, se utilizó el paquete Bibliometrix del software RStudio versión 4.2.3 (2023-03-15 ucrt). Copyright© 2023 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit).

## Resultados

Al analizar la coocurrencia por palabra clave, la cual se refiere a la frecuencia en la que se presentan los términos indizados en el título, resumen o palabras clave en los artículos seleccionados y que a su vez permite establecer relaciones en los conceptos o temáticas del estudio, se identificaron 14 grandes clústeres, de los cuales, en el rosado *Virtual reality* se condensó la mayor cantidad de coocurrencias en comparación con otros clústeres menores. Por otro lado, el clúster azul *Medical education* fue el segundo mayor clúster que condensó otras coocurrencias (fig. 2).

El análisis de Three-Field-Plot proporciona una representación de la relación entre 3 dimensiones a partir de una visualización tridimensional. Se evidenció que los autores Winkler-Schwartz, del Maestro y Konge fueron los más representativos y principalmente Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Australia fueron los países más

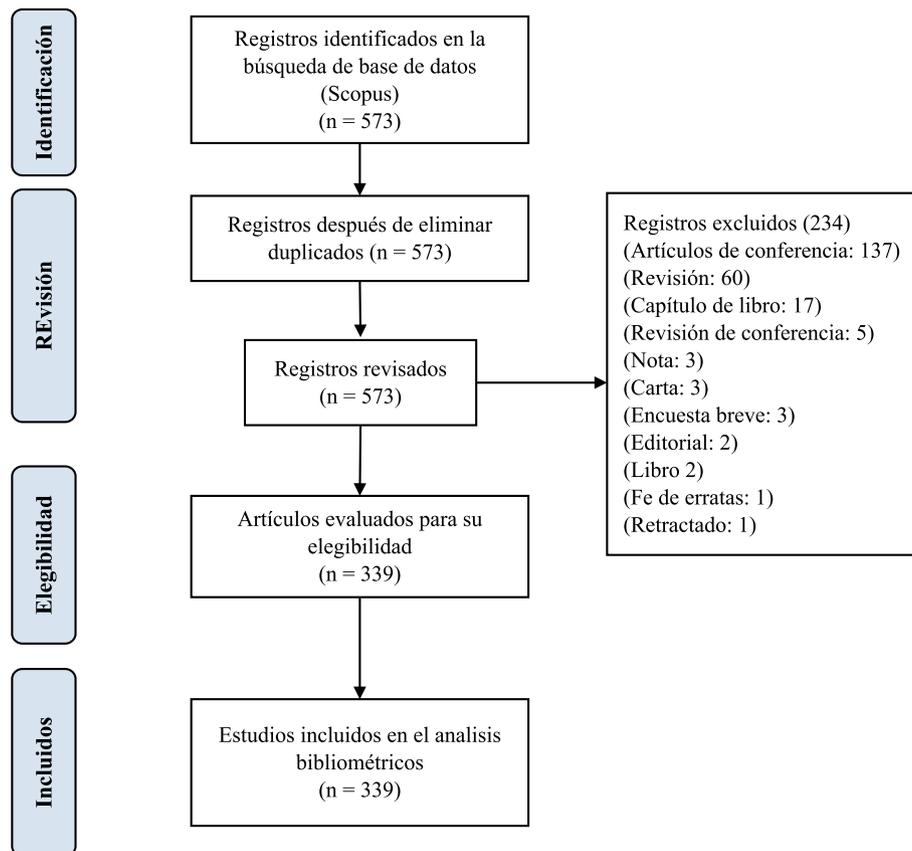


Figura 1 Diagrama de flujo para la selección de publicaciones científicas.

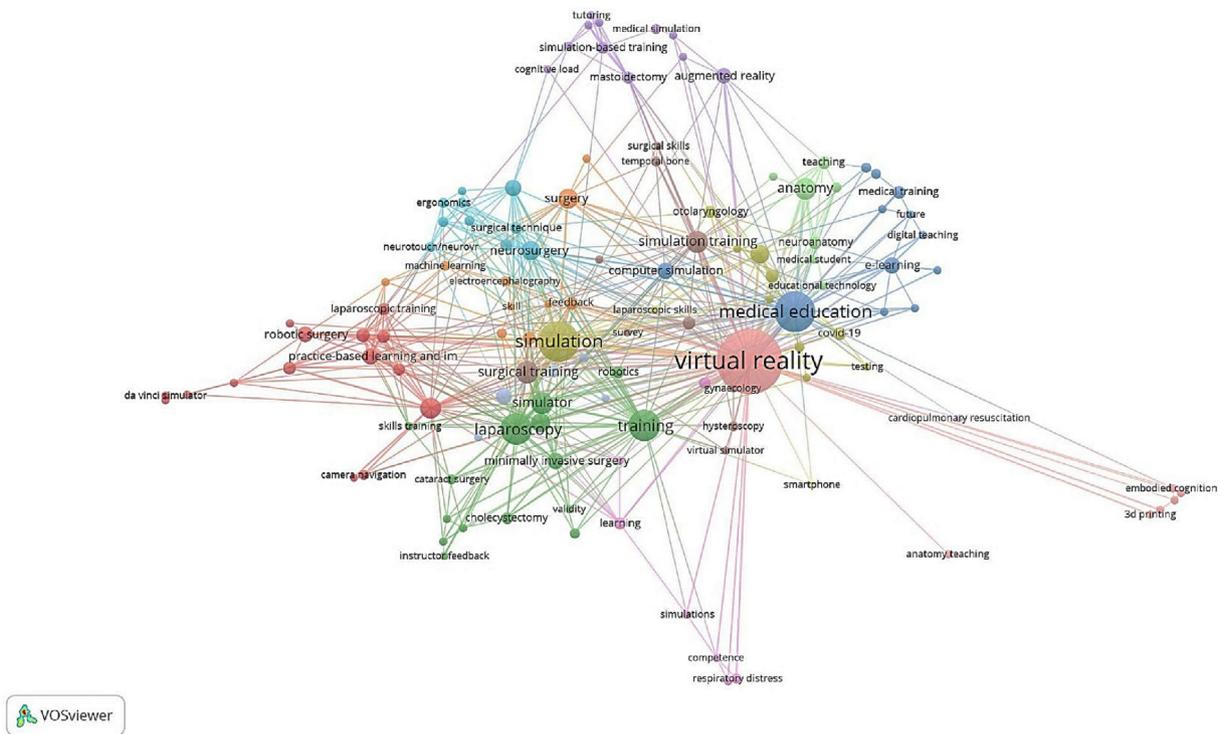


Figura 2 Coocurrencia por palabra clave.

dominantes. Siendo las palabras clave indizadas *Virtual reality*, *Simulation*, *Medical education* las más importantes evidenciadas en esta relación (fig. 3).

Los resultados del grafico de análisis factorial evidencian la presencia de 2 dimensiones para cada palabra y su asignación a un clúster específico. La dimensión uno parece estar relacionada con la experiencia práctica y la simulación, con una alta carga positiva para *training*, *simulator*, *surgical.training*, *simulation.training*. Por otro lado, la dimensión 2 parece estar muy relacionada con la

educación médica, con una carga positiva para *medical.education* y *education*. Además, la dimensión 2 también muestra una carga positiva para *simulation* y *simulator*, lo que sugiere una relación moderada con la dimensión de experiencia práctica y simulación. Con respecto a los clústeres, se evidenció que las palabras clave se encuentran agrupadas en un único clúster (clúster 1), esto podría indicar una estrecha relación entre ellas (fig. 4)

La figura 5 muestra la frecuencia de las colaboraciones que se realizan entre los países. Se evidenció que Canadá ha

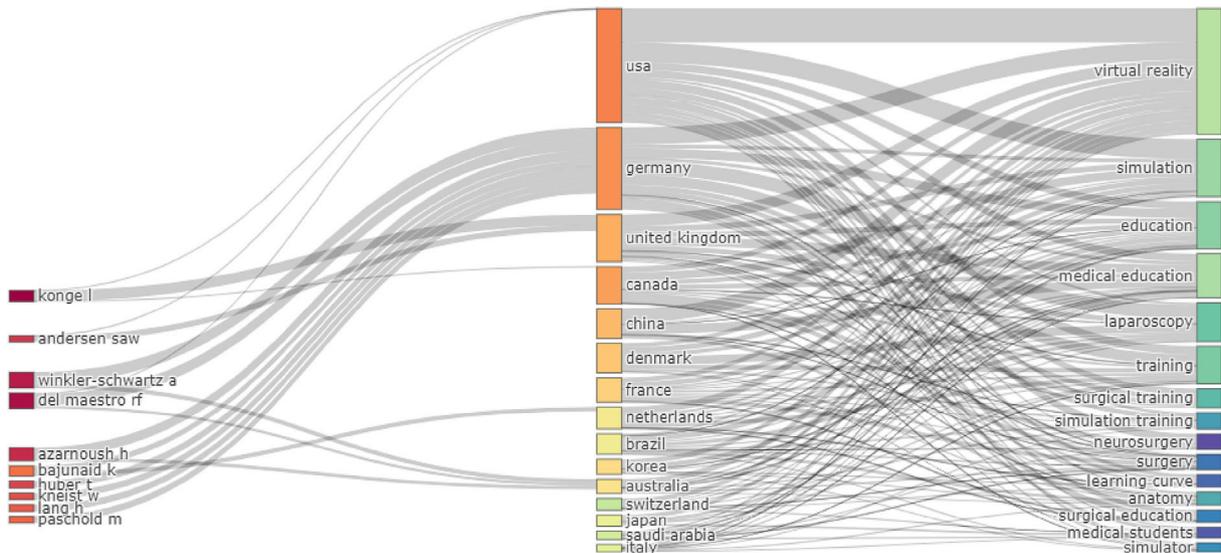


Figura 3 Visión general mediante Three-Field Plot.



**Tabla 1** Top 10 de revistas con mayor producción científica sobre realidad virtual en la educación médica

Revista científica	País	Publicaciones	Citas por publicación	SNIP	CiteScore 2021	SJR	Cuartil
Journal of Surgical Education		22	21,9	1,678	4,4	0,958	Q1
Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques		12	25,2	1,986	6,2	1,208	Q1
BMC Medical Education		12	13,8	1,815	3,7	0,744	Q1
JMIR Serious Games		8	8,8	1,143	4,5	0,581	Q1
Journal of Neurosurgery		6	24,7	2,138	8	1,413	Q1
World Neurosurgery		6	27,2	1,1	3,6	0,695	Q1
Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery		5	28	2,036	8,5	1,829	Q1
International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery		5	31,8	1,397	5,8	1	Q1
PLoS ONE		5	31,6	1,368	5,6	0,852	Q1
Advances in Medical Education and Practice		5	16,6	1,328	2,8	0,483	Q2

SJR: SCImago Journal Rank; SNIP: Source-Normalized Impact per Paper.

atrajo considerablemente la investigación vinculada a la simulación virtual aplicada a la enfermería<sup>16</sup>.

Pawassar et al.<sup>17</sup> y Zhang et al.<sup>16</sup> encontraron que Estados Unidos y Reino Unido se posicionaron como los principales países más productivos e influyentes en la divulgación de investigaciones relacionadas con la realidad virtual en la atención de salud y de enfermería, respectivamente. En ese mismo sentido, este estudio bibliométrico demuestra que la participación de estos países es relevante ya que concentraron el mayor número de publicaciones. Al respecto, la colaboración internacional fue la menos frecuente, aunque con mayor impacto ponderado en investigación es necesaria no solo para incrementar la cantidad de estudios, sino también para promover la innovación científica, con nuevos enfoques y metodologías, y con ello lograr mayor visibilidad e impacto<sup>18</sup>.

Las instituciones formativas tienen la responsabilidad de implementar políticas educativas que favorezcan el desarrollo de nuevas formas de aprendizaje e investigación con inmersión de la tecnología<sup>19</sup>. Tal es el caso de la Universidad de Copenhague y de Toronto, que lideran la producción científica en este campo, y que son instituciones que han implementado estrategias como laboratorios de simulación virtual o redes de desarrollo de realidad virtual. Esto evidencia la necesidad de que en la educación médica se inicie con la capacitación sostenida de la capacitación a los gestores y docentes, a fin de asegurar el logro de competencias clínicas necesarias para el quehacer profesional.

Para los investigadores, la elección de una revista científica es importante para dar a conocer sus hallazgos, en la actualidad, existe una predisposición hacia la divulgación en las revistas con un alto factor de impacto<sup>20,21</sup>. En concordancia con ello, la investigación en realidad virtual aplicada a la formación médica se divulga principalmente en revistas influyentes, de altos estándares de calidad y de gran impacto, como la *Journal of Surgical Education*, *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, *BMC Medical Education* y la *JMIR Serious Games*. Aunque en otro estudio

bibliométrico que consideró el campo de la medicina esta última revista también estuvo posicionada como una de las más productivas<sup>17</sup>.

El desarrollo e implementación de la realidad virtual en los procesos formativos de los médicos es necesario, sin embargo, existen desafíos como los insuficientes estándares técnicos, viabilidad económica, falta de capacitación, problemas con los medios, así como la falta de espacios para su promoción y ejecución<sup>22</sup>. Por ello, se requiere que los investigadores se involucren más en su desarrollo, no solo en el campo clínico sino también en el formativo, como el caso de Lars Konge que fue uno de los más productivos en ambas áreas<sup>16</sup>.

Esta exploración realizada permite mostrar algunas líneas de acción para orientar las futuras investigaciones sobre el uso de la realidad virtual en la educación médica. La implementación de esta tecnología a otras áreas a fin de lograr no solo el desarrollo de habilidades clínicas o procedimentales, la generación de experiencias interactivas e inmersivas que permitan una adherencia real a su uso, el diseño de nuevas estrategias para generar una adopción sostenible de esta nueva tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como la sensibilización a los actores involucrados como docentes, estudiantes y gestores educativos son ejes con un gran potencial para su desarrollo investigativo para el campo de la educación médica.

Se reconocen algunas limitaciones en el desarrollo de este estudio. En principio, no se incluyeron todas las publicaciones disponibles de la temática, ya que la búsqueda de publicaciones solo se realizó en Scopus, cabe precisar que la elección solo de esta base de datos se debió a la interoperabilidad con la herramienta SciVal para realizar el análisis bibliométrico. Además, se debe considerar que los errores de los metadatos en la indización de los artículos, la pérdida de la indización de algunas revistas científicas y la autocitación pudo haber afectado los indicadores estimados. Como fortalezas de este estudio destacamos que, de acuerdo con la búsqueda realizada por los autores, sería el

primer estudio bibliométrico de esta herramienta tecnológica aplicada a la educación médica; además de que, caso contrario a una revisión que sintetiza la literatura existente, la investigación bibliométrica permite estimar indicadores para evaluar el impacto y la visibilidad de la producción científica

La producción científica acerca de la realidad virtual se ha incrementado, especialmente en los últimos años (2019-2021). Las revistas científicas de mayor impacto son las que más se prefieren para la publicación de las investigaciones, además, se ha documentado una red colaborativa incrementada en diferentes partes del mundo.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no presentar conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Lee YJ, Takenaka BP. Extended reality as a means to enhance public health education. *Front Public Health*. 2022;10:1040018. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1040018>.
- Althubaiti A, Tirkstani JM, Alsehaibany AA, Aljedani RS, Mutairi AM, Alghamdi NA. Digital transformation in medical education: factors that influence readiness. *Health Informatics J*. 2022;28(1). <https://doi.org/10.1177/14604582221075554>
- Kamphuis C, Barsom E, Schijven M, Christoph N. Augmented reality in medical education? *Perspect Med Educ*. 2014;3:300–11. <https://doi.org/10.1007/s40037-013-0107-7>.
- Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, et al. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*. 2019;21(1), e12959. <https://doi.org/10.2196/12959>.
- Gerup J, Soerensen CB, Dieckmann P. Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: an integrative review. *Int J Med Educ*. 2020;11:1–18. <https://doi.org/10.5116/ijme.5e01.eb1a>.
- Syed Abdul S, Upadhyay U, Salcedo D, Lin CW. Virtual reality enhancing medical education and practice: brief communication. *Digit Health*. 2022;8:20552076221143948. <https://doi.org/10.1177/20552076221143948>.
- Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT. Virtual reality in Medical students' education: scoping review. *JMIR Med Educ*. 2022;8(1), e34860. <https://doi.org/10.2196/34860>.
- Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, et al. Virtual patient simulations in health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*. 2019;21(7), e14676. <https://doi.org/10.2196/14676>.
- Moya RP, Maxy Ruz A, Elisa Parraguez L, Carreño EV, Rodríguez CA, Patricia Froes M. Efectividad de la simulación en la educación médica desde la perspectiva de seguridad de pacientes. *Rev méd Chile*. 2017;145(4):514–26. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000400012>.
- Baniasadi T, Ayyoubzadeh SM, Mohammadzadeh N. Challenges and practical considerations in applying virtual reality in medical education and treatment. *Oman Med J*. 2020;35(3), e125. <https://doi.org/10.5001/omj.2020.43>.
- Parsons D, MacCallum K. Current perspectives on augmented reality in medical education: applications, affordances and limitations. *Adv Med Educ Pract*. 2021;12:77–91. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S249891>.
- Kim HY, Kim EY. Effects of medical education program using virtual reality: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(5):3895. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053895>.
- Dhar P, Rocks T, Samarasinghe RM, Stephenson G, Smith C. Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. *Med Educ Online*. 2021;26(1):1953953. <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1953953>.
- Mayta-Tovalino F, Pacheco-Mendoza J, Alvitez-Temoche D, Alvitez J, Barja-Ore J, Munive-Degregori A, et al. Scientometric evaluation of trends and global characteristics of published research on occupational public health. *Heliyon*. 2022;8(12), e12165. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12165>.
- Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, et al. Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature. *J Med Internet Res*. 2021;23(2), e25499. <https://doi.org/10.2196/25499>.
- Zhang Q, Chen J, Liu J. Global trends and hot-spots in research on virtual simulation in nursing: a bibliometric analysis from 1999 to 2021. *Front Public Health*. 2022;10, 890773. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.890773>.
- Pawassar CM, Tiberius V. Virtual reality in health care: bibliometric analysis. *JMIR Serious Games*. 2021;9(4), e32721. <https://doi.org/10.2196/32721>.
- Shin H, Kim K, Kogler DF. Scientific collaboration, research funding, and novelty in scientific knowledge. *PLoS One*. 2022;17(7), e0271678. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271678>.
- Jeffries PR, Bushardt RL, DuBose-Morris R, Hood C, Kardong-Edgren S, Pintz C, et al. The role of technology in health professions education during the COVID-19 pandemic. *Acad Med*. 2022;97(35):S104–9. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004523>.
- Shrestha BM. Impact factor of medical journals. *J Nepal Health Res Counc*. 2019;16(41):475–8.
- Muñoz-Estrada GK, Chumpitaz H, Barja-Ore J, Valverde-Espinoza N, Verde-Vargas L, Mayta-Tovalino F. Análisis bibliométrico de la producción científica mundial sobre el aula invertida en la educación médica. *Educ Med*. 2022;23(5):100758. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2022.100758>.
- Garrett B, Taverner T, Gromala D, Tao G, Cordingley E, Sun C. Virtual reality clinical research: promises and challenges. *JMIR Serious Games*. 2018;6(4), e10839. <https://doi.org/10.2196/10839>.