



Categoría: STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Systematic review MedTech, and Artificial Intelligence

Revisión sistemática MedTech e Inteligencia Artificial

Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano¹  , Gustavo Del Pozo Sánchez¹  , Karol Nicole Chaves Corral¹  

¹Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Citar como: Zavala Calahorrano AM, Del Pozo Sánchez G, Chaves Corral KN. Systematic review MedTech, and Artificial Intelligence. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2024; 3:789. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024789>

Enviado: 09-01-2024

Revisado: 22-03-2024

Aceptado: 31-05-2024

Publicado: 01-06-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

Introduction: interest in the development of applications in medicine associated over artificial intelligence has grown substantially, due to the possibility of opening new immersive and interactive experiences that support different areas of diagnosis and treatment in relation to medical education. The Metaverse's development and artificial intelligence have had a significant uptake in the medical field, with the advancement of technologies such as Big Data, 5G mobile networks and the Internet of Things.

Objective: to explore the areas of medical breakthroughs with the emergence of artificial intelligence.

Methodology: a systematic review was performed. A search was conducted in PUBMED and SCOPUS databases, together with the academic search engine Google Scholar. Search limits: publication period (January 2020 to January 2024) in the English language. Data was collected and analyzed by the Thematic Analysis Technique, using PRISMA Methodology. A total of 226 articles were found, after searching for doubles in the two bases, 75 documents were reviewed.

Results: after performing the Thematic analysis, 3 categories were determined 1. Diagnostic and treatment; 2. Medical education; 3. Public Health and Ethics.

Conclusion: integrating virtual reality and augmented reality provides extensive possibilities in education and medical training. Artificial intelligence (AI) has an important role to play in solving the challenges facing healthcare around the world, so it is increasingly being used in various fields of medicine. The metaverse found that Lifelogging and Mirror-world have the potential for being an important part of developing equipment and applications regarding diagnosis and treatment of diseases in various medical specialties. This would include cardiology, ophthalmology, diagnostic imaging, as well as medical education, for simulation-based training. MedTech also considered the patient-centered and evidence-based medicine perspectives to integrate the most reliable scientific knowledge, alongside the clinical experience of healthcare professionals as well as the values, preferences, and particular circumstances of each patient. This aims to arrive at the best medical decision, which is shared with the patient, related to diagnostics and treatments.

Keywords: Artificial Intelligence; Medical Technology (Medtech).

RESUMEN

Introducción: el interés por el desarrollo de aplicaciones del metaverso en el área de la medicina asociadas a la inteligencia artificial ha crecido exponencialmente. Diferentes áreas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades se han abierto ante la posibilidad de nuevas experiencias inmersivas e interactivas en relación con la educación médica. El metaverso ha ganado aceptación en el ámbito médico con el avance de tecnologías tales como los Big Data, el Internet de las Cosas y las redes móviles 5G.

Objetivo: explorar las áreas de mayor desarrollo de aplicaciones en el campo de la medicina con el surgimiento de la inteligencia artificial.

Metodología: se llevó a cabo una revisión sistemática. Se realizó una búsqueda en las bases de datos PUBMED y SCOPUS, junto con el motor de búsqueda académica en Google Scholar. Límites de la búsqueda: período de publicación (enero de 2020 a enero de 2024) en idioma inglés. Los datos se recopilaron y analizaron mediante la técnica de análisis temático utilizando Metodología PRISMA. Se encontraron 226 artículos, luego de buscar los repetidos en las dos bases se revisaron 75 documentos.

Resultados: luego de realizar el Análisis temático se determinaron 3 categorías 1. Diagnóstico y tratamiento en varias áreas como cardiología, oftalmología, diagnóstico por imagen y tratamiento en áreas como neurología, psiquiatría, fisioterapia; 2. Educación médica basada en simulación; 3. Salud Pública y Ética.

Conclusiones: la inteligencia artificial (IA) tiene un importante rol para resolver los desafíos a los que se enfrenta la asistencia sanitaria en todo el mundo, siendo utilizada cada vez más en diversos campos de la medicina. Dentro del metaverso el *lifelogging* y el mundo espejo tienen el potencial de favorecer el desarrollo de equipos y aplicaciones relacionadas con el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en varias especialidades médicas, así como en la educación médica, para el aprendizaje basado en simulación. MedTech también ha considerado las perspectivas de la medicina centrada en el paciente y basada en la evidencia para integrar los conocimientos científicos más sólidos, junto con la experiencia clínica de los profesionales sanitarios, así como los valores, preferencias y circunstancias particulares de cada paciente, con el fin de llegar a la mejor decisión médica compartida con el paciente en relación con diagnóstico y tratamiento.

Palabras claves: Inteligencia Artificial; Tecnología en Medicina (Medtech).

INTRODUCCIÓN

Neal Stephenson en la novela de ciencia ficción *Snow Crash* acuña el término "metaverso" en 1992. Este término viene del prefijo "*meta*", que significa "trascendencia y virtualidad", y de la raíz "*verso*", que significa "mundo y universo". El metaverso es un entorno inmersivo y colaborativo que conforman mundos virtuales tridimensionales, en tiempo real en los que múltiples usuarios llevan a cabo actividades de aprendizaje, sociales, culturales, económicas. A pesar, de que este tipo de tecnología se la conocía hace algunos años, los avances han sido escasos. La razón de esta situación está dada por los retos técnicos que plantean los mecanismos de la comunicación, la interpretación compartida y la gestión coordinada.^(1,2,3,4) Las metodologías de aprendizaje han cambiado con el rápido desarrollo de las nuevas tecnologías. La atención se centra en proporcionar un acceso eficiente y rápido a conocimientos de alta calidad. Varios estudios han demostrado el potencial de la Realidad aumentada (RA) para salvar la brecha entre la adquisición de las habilidades necesarias en el mundo real, en un entorno de alta presión, y la formación en un entorno virtual, lo que permite un aprendizaje en función del tiempo y rentable y aumenta el compromiso del alumno.⁽⁴⁾ De igual forma se ha producido un gran cambio en la manera de enseñar las Ciencias médicas.^(5,6,7) La Medicina Basada en la Evidencia (MBE) es un ejercicio de la medicina que integra los conocimientos científicos más sólidos con la experiencia clínica del profesional sanitario, así como los valores, preferencias y circunstancias particulares de cada paciente para llegar a la mejor decisión médica compartida con el paciente.⁽⁸⁾

MÉTODO

Se llevó a cabo una revisión sistemática. Se realizó una búsqueda en las bases de datos PUBMED y SCOPUS, junto con el motor de búsqueda académica en *Google Scholar*. Límites de la búsqueda: período de publicación (enero de 2020 a enero de 2024) en idioma inglés. Palabras de búsqueda, *medical technology* (MedTech) e inteligencia artificial. La OMS define como *MedTech* a la aplicación de conocimientos y habilidades en forma de herramientas, medicamentos, procedimientos para mejorar la calidad de vida de las personas. Se incluyeron solo los artículos que constaban de textos completos. Los datos se recopilaron y analizaron mediante la técnica de análisis temático utilizando Metodología PRISMA. Se encontraron 226 artículos, luego de buscar los repetidos en las dos bases se revisaron 77 documentos. Luego de realizar el análisis temático se determinaron 3 categorías.

RESULTADOS

Las áreas de las ciencias médicas que más desarrollo han tenido con relación a la inteligencia artificial de acuerdo con la categorización temática son:

1. Diagnóstico y tratamiento en varias áreas entre ellas: cardiología, nefrología, genética, oftalmología, neurología, oncología, psiquiatría
2. Educación Médica
3. Salud pública y Ética

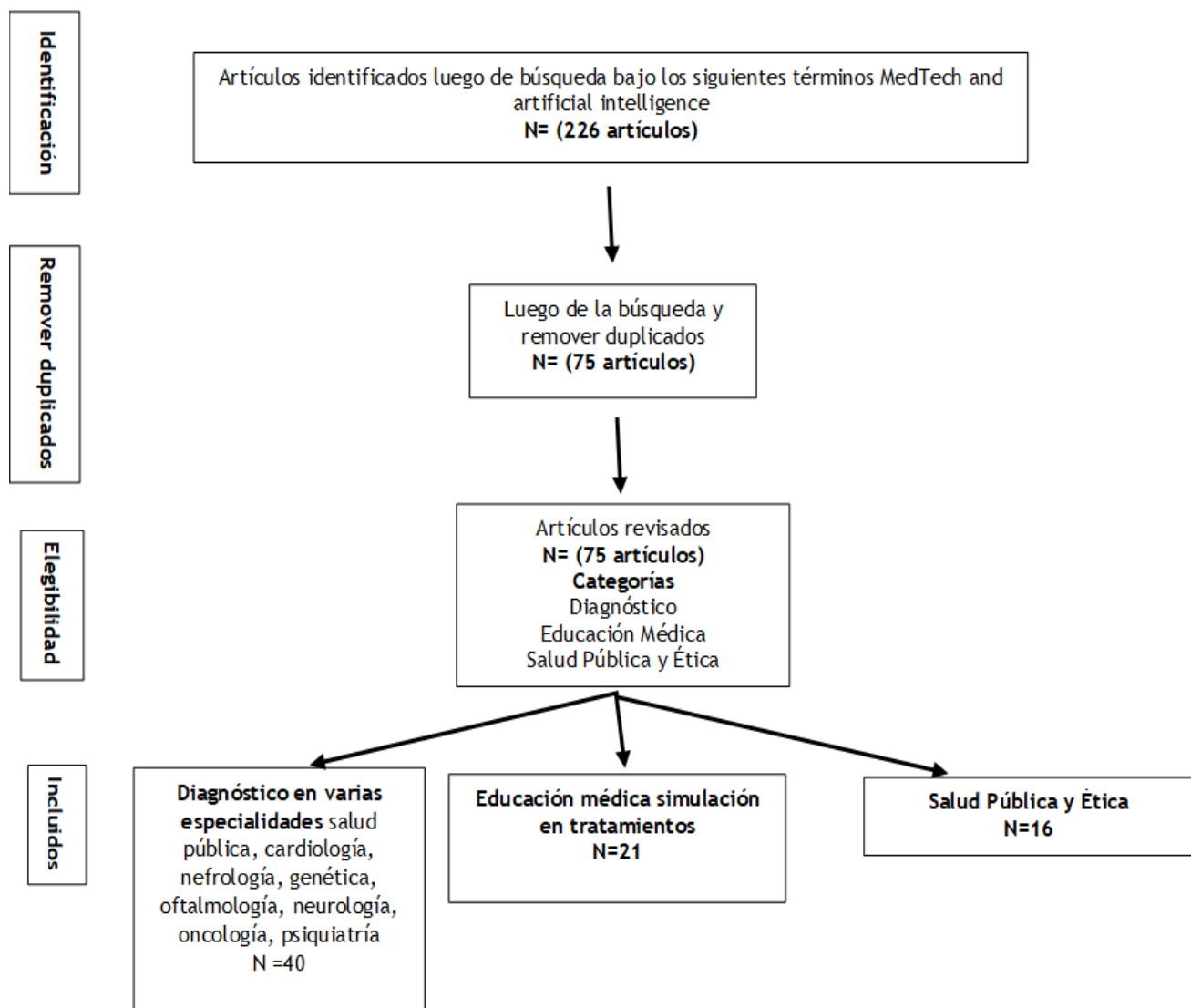


Figura 1. Análisis temático de las áreas de la medicina que más desarrollo han tenido con el aparecimiento y desarrollo de la inteligencia artificial

DISCUSIÓN

Diagnóstico y tratamiento de enfermedades

El diagnóstico médico se debe integrar la información que se obtiene del paciente a través de la anamnesis, el examen físico y las herramientas de apoyo diagnósticos como los estudios de laboratorio y gabinete.^(9,10,11) Con el uso de las herramientas del metaverso se puede integrar la información de manera eficiente para diagnosticar de manera temprana enfermedades. Se han desarrollado equipos de imagenología^(12,13) los cuales detectan enfermedades pulmonares, cardíacas^(14,15) y problemas de visión.⁽⁷⁾ También se está utilizando la inteligencia artificial para diagnosticar enfermedades del neurodesarrollo⁽¹⁶⁾, genéticas^(17,18,19,20,21), oncológicas^(22,23) y las que producen deterioro cognitivo con sistemas que monitorean, recopilan la información a través de sensores, luego sistematizan y analizan la información del paciente y pudiendo luego realizar predicciones diagnósticas.⁽⁶⁾

El registro de vida (*lifelogging*)⁽¹⁾ está formado por plataformas que registran las actividades realizadas por las personas, lo que puede proporcionar información acerca de los estilos de vida de cada uno de los individuos.^(2,3) En el área médica, estos sistemas son ampliamente utilizados a través de relojes y teléfonos digitales que registran datos que pueden proveer información sobre funciones vitales de las personas, como la medición de la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, distancia y pasos recorridos diariamente, así como patrones de

sueño, entre otros.

En relación con la innovación en tratamientos médicos, la aplicación de las herramientas del metaverso promete grandes avances en el tratamiento ofreciendo mejoras en técnicas de psicoterapia, así como en la prevención de deterioro cognitivo en la población adulta mayor ayudando con el diagnóstico de enfermedades como la de Parkinson.^(8,24,25) El potencial de expansión es alto en el área de tratamiento, por ejemplo, en el área de la salud mental a través de la flexibilidad que ofrecen los sistemas digitales para crear entornos virtuales, por el desarrollo de tratamientos la realidad virtual para tratamiento de enfermedades psicológicas y psiquiátricas como trastornos del estado del ánimo (depresión y ansiedad), que han documentado mejoras en la sintomatología de estos pacientes (26). Así como en trastornos de estrés postraumático donde el paciente ingresa a un entorno de simulación controlada, para que la situación que causa estrés sea afrontada en presencia de un psicoterapeuta, quien podrá guiar la terapia de manera óptima fobias y esquizofrenia.⁽¹⁶⁾

El proceso de rehabilitación es primordial para recuperar funciones que se han alterado como consecuencia de diferentes patologías.⁽¹⁶⁾ El metaverso ofrece una amplia gama de aplicaciones que permiten crear terapias de rehabilitación individualizadas. Así, la rehabilitación neurocognitiva está implementando tecnologías que asisten a los pacientes con trastornos del movimiento, cognitivos y neurológicos.^(16,27) Se está estudiando el efecto de los entornos virtuales, y juegos en el progreso del deterioro cognitivo. Se han realizado investigaciones que demuestran que un nuevo método de fisioterapia; la fisioterapia metaversa (MPT) la cual podría afectar de manera positiva los resultados de la rehabilitación de niños con parálisis cerebral. Además, se está utilizando el metaverso para la rehabilitación del ejercicio que mejora la calidad de vida de las personas al recuperar la salud física, psicológica y social a través del movimiento del cuerpo.⁽²⁷⁾

Educación médica

La educación médica utiliza distintas herramientas del relacionadas con la inteligencia artificial.⁽⁶⁾ Los tipos de herramientas en el metaverso más utilizados en esta área son el mundo espejo en donde se utilizan aplicaciones de videoconferencia para recibir clases y la realidad virtual que integra la utilización de los sentidos, mejorando el aprendizaje permitiendo crear entornos clínicos: ambulatorios y hospitalarios en múltiples situaciones.^(28,29,30) El mundo espejo, reproduce la realidad del mundo tal y como se lo conoce, a través de programas informáticos “el mundo en la palma de su mano”.

La realidad aumentada (RA) combina el mundo físico con el mundo virtual creado por sistemas informáticos que se encargan de ampliar la información disponible del mundo real, esto se lo realiza utilizando sistemas de ubicación. Una de las ventajas es que permite la interacción entre docente y estudiante desde diferentes ubicaciones a través de tecnologías como realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR).^(31,32) La realidad virtual (RV) es el tipo de metaverso más conocido que proporciona ventajas al no existir límites para su aplicación.^(33,34) La realidad virtual ofrece una simulación del mundo real a partir de gráficos tridimensionales generados por computadora, su uso puede ser totalmente inmersivo al poder combinar múltiples dispositivos tecnológicos que transmiten el contenido de manera visual y auditiva.^(35,36,37,38,39,40) Además, se están creando dispositivos hápticos que transfieren información a través del tacto lo que hace que los usuarios se conecten a través de todos sus sentidos.⁽⁴¹⁾

Estas herramientas permiten realizar entrenamiento quirúrgico con seguridad y menor costo poniendo en práctica métodos para desarrollar habilidades blandas y técnicas.^(42,43,44,45,46,47) Además, de perfeccionar procedimientos quirúrgicos o intervenciones no invasivas como endoscopías⁽⁴⁸⁾ adquiriendo experticia en la realización de procedimientos quirúrgicos en pacientes virtuales por repetidas veces sin causar molestias, ni poner en riesgo la vida de una persona. También se lo utiliza para desarrollar habilidades como la comunicación con los pacientes, toma de decisiones clínicas^(49,50) y pensamiento crítico, lo que mejora el diagnóstico y tratamiento.

La enseñanza de procedimientos quirúrgicos utilizando realidad virtual en simulación para práctica de técnicas quirúrgicas de manera segura, representa un avance en relación con la seguridad del paciente.^(46,51) Además, en la práctica el área quirúrgica está siendo revolucionada al combinar la realidad virtual, la realidad aumentada y la inteligencia artificial para planificar cirugías y practicarlas en pacientes virtuales antes de realizar una intervención real en el paciente.^(26,52,53) Estas nuevas tecnologías facilitan la implementación de telemedicina, esto elimina las fronteras y permite realizar procedimientos quirúrgicos desde diferentes partes del mundo.

La educación en salud toma mayor relevancia a raíz de la pandemia causada por el SARS COV-2 o COVID 19, la cual obligó al mundo a cambiar la forma de realizar las actividades adaptándose a la virtualidad.^(54,55) La educación en el área de las ciencias médicas tiene el potencial de maximizar el aprendizaje, permitiendo la interacción dinámica entre los usuarios de manera simultánea desde distintos lugares;^(47,56,57) esto brinda facilidad para el acceso a la educación. Por otro lado, se han desarrollado plataformas, las cuales apoyan al aprendizaje al incluir material audiovisual y tecnología háptica que complementan a la educación tradicional.^(58,59,60,61,62) El material de enseñanza se vuelve interactivo y mejora el aprendizaje tanto de los estudiantes como

de los profesionales de sanitarios a corto y largo plazo.^(38,63,64,65)

Salud pública

El análisis revela que la innovación y la legitimidad en el uso de los datos destacan como los principales motivos para implicar al sector público en los debates sobre los dilemas éticos asociados a las tecnologías de IA.^(2,4,6,7,8,9,57,66,67,68) Las consideraciones éticas más estudiadas en la literatura se refieren a la intervención humana,⁽³⁴⁾ seguidas de las cuestiones relacionadas con la privacidad y la gobernanza de los datos.⁽⁶⁹⁾ Por el contrario, los temas relacionados con el bienestar social y medioambiental, la equidad, diversidad, seguridad, transparencia la no discriminación, la responsabilidad social y corporativa reciben relativamente menos atención.⁽²⁾ El análisis revela un cambio en que la salud humana y la atención sanitaria se enmarcan en una "crisis" para la que la tecnología de la IA parece ser el tratamiento.^(39,40,70) Los artículos argumentan la necesidad de hacer un seguimiento de los cambios que experimenta el pensamiento como forma de entender, vigilar y, en caso de ser pertinente, responsabilizar a la sociedad de dichos cambios en la forma de gobierno de la Inteligencia Artificial.^(4,49,68,71,72,73,74,75)

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial (IA) tiene un importante rol en la resolución de los desafíos a los que se enfrenta la salud pública en todo el mundo, debido a esto cada vez es más utilizada en diversos campos de la medicina. El metaverso está conformado por múltiples tecnologías que han influenciado en un cambio de la percepción y como entienden la vida de las personas.

El campo de la salud está en constante transformación a la par del avance de la tecnología y está abierto al uso del metaverso en distintas aplicaciones, en varios campos entre ellos en la educación médica, como apoyo diagnóstico en la realización de algoritmos que pueden ser sistematizados de una manera no solo más rápida, sino más asertiva, promoviendo formas de tratamiento y rehabilitación que ofrecen a los pacientes terapias personalizadas que mejoran la adherencia al tratamiento, efectividad y la percepción del usuario frente al proceso que está viviendo.

Así es que el metaverso está determinando tendencias en el desarrollo de la medicina, modificando la forma de entender y practicar la medicina. La integración de la realidad virtual y la realidad aumentada ofrecen amplias posibilidades en la educación y la formación médica. Además, considera la perspectiva de la medicina basada en la evidencia y centrada en el paciente con el fin de integrar los conocimientos científicos más fiables con la experiencia clínica del profesional de la salud, así como los valores, preferencias y circunstancias particulares de cada paciente, para llegar a la mejor decisión médica compartida con el paciente. Adicionalmente, es importante indicar que tanto *lifelogging* y el mundo espejo (*mirror world*) tienen el potencial de ser parte del desarrollo de equipos y aplicaciones relativas al diagnóstico y tratamiento de enfermedades en diversas especialidades médicas como la salud pública, cardiología, nefrología, genética, oftalmología, neurología, oncología, psiquiatría en el diagnóstico por imagen y tratamiento; así como en la educación médica para la formación basada en la simulación.

De igual forma, es imperativo que los profesionales de la salud se interesen de una manera más activa en adquirir conocimientos relacionados al área tecnológica para ser parte de las oportunidades de mejora dentro de la práctica clínica. Por lo tanto, deben estar al tanto del progreso tecnológico para implementar el nuevo conocimiento que se adquiera en el futuro y de este modo mejorar el ejercicio de la medicina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wu TC, Ho CTB. A scoping review of metaverse in emergency medicine. *Australas Emerg Care*. 2023 Mar 1;26(1):75-83.
2. Machado H, Silva S, Neiva L. Publics' views on ethical challenges of artificial intelligence: a scoping review. *AI and Ethics* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00387-1>
3. Machado H, Silva S, Neiva L. Publics' views on ethical challenges of artificial intelligence: a scoping review. *AI and Ethics* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00387-1>
4. Strange M, Tucker J. Global governance and the normalization of artificial intelligence as 'good' for human health. *AI Soc* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s00146-023-01774-2>
5. Crompton H, Burke D. Artificial intelligence in higher education: the state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* [Internet]. 2023;20(1):22. Available from: <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>

6. Zhang W, Cai M, Lee HJ, Evans R, Zhu C, Ming C. AI in Medical Education: Global situation, effects and challenges. *Educ Inf Technol (Dordr)* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12009-8>
7. Pedram S, Kennedy G, Sanzone S. Toward the validation of VR-HMDs for medical education: a systematic literature review. *Virtual Real* [Internet]. 2023;27(3):2255-80. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00802-2>
8. Javed AR, Saadia A, Mughal H, Gadekallu TR, Rizwan M, Maddikunta PKR, et al. Artificial Intelligence for Cognitive Health Assessment: State-of-the-Art, Open Challenges and Future Directions. *Cognit Comput* [Internet]. 2023;15(6):1767-812. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12559-023-10153-4>
9. Harris M, Qi A, Jeagal L, Torabi N, Menzies D, Korobitsyn A, et al. A systematic review of the diagnostic accuracy of artificial intelligence-based computer programs to analyze chest x-rays for pulmonary tuberculosis. *PLoS One*. 2019;14(9):e0221339.
10. Wang DD, Qian Z, Vukicevic M, Engelhardt S, Kheradvar A, Zhang C, et al. 3D Printing, Computational Modeling, and Artificial Intelligence for Structural Heart Disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021 Jan;14(1):41-60.
11. Garcia-Canadilla P, Sanchez-Martinez S, Crispi F, Bijmens B. Machine Learning in Fetal Cardiology: What to Expect. *Fetal Diagn Ther*. 2020;47(5):363-72.
12. Pesapane F, Volonté C, Codari M, Sardanelli F. Artificial intelligence as a medical device in radiology: ethical and regulatory issues in Europe and the United States. *Insights Imaging*. 2018 Oct;9(5):745-53.
13. Lakhani P, Gray DL, Pett CR, Nagy P, Shih G. Hello World Deep Learning in Medical Imaging. *J Digit Imaging*. 2018 Jun;31(3):283-9.
14. Tsoi K, Yiu K, Lee H, Cheng HM, Wang TD, Tay JC, et al. Applications of artificial intelligence for hypertension management. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2021 Mar;23(3):568-74.
15. Al-Arkee S, Mason J, Lane DA, Fabritz L, Chua W, Haque MS, et al. Mobile Apps to Improve Medication Adherence in Cardiovascular Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2021 May;23(5):e24190.
16. Huo CC, Zheng Y, Lu WW, Zhang TY, Wang DF, Xu DS, et al. Prospects for intelligent rehabilitation techniques to treat motor dysfunction. *Neural Regen Res*. 2021 Feb;16(2):264-9.
17. Zillikens MC, Demissie S, Hsu YH, Yerges-Armstrong LM, Chou WC, Stolk L, et al. Large meta-analysis of genome-wide association studies identifies five loci for lean body mass. *Nat Commun*. 2017 Jul;8(1):80.
18. Li Y, Xiong Z, Zhang M, Hysi PG, Qian Y, Adhikari K, et al. Combined genome-wide association study of 136 quantitative ear morphology traits in multiple populations reveal 8 novel loci. *PLoS Genet*. 2023 Jul;19(7):e1010786.
19. Arking DE, Pulit SL, Crotti L, van der Harst P, Munroe PB, Koopmann TT, et al. Genetic association study of QT interval highlights role for calcium signaling pathways in myocardial repolarization. *Nat Genet*. 2014 Aug;46(8):826-36.
20. Zwir I, Del-Val C, Hintsanen M, Cloninger KM, Romero-Zaliz R, Mesa A, et al. Evolution of genetic networks for human creativity. *Mol Psychiatry*. 2022 Jan;27(1):354-76.
21. Xiong Z, Dankova G, Howe LJ, Lee MK, Hysi PG, de Jong MA, et al. Novel genetic loci affecting facial shape variation in humans. *Elife*. 2019 Nov;8.
22. Chua IS, Gaziel-Yablowitz M, Korach ZT, Kehl KL, Levitan NA, Arriaga YE, et al. Artificial intelligence in oncology: Path to implementation. *Cancer Med*. 2021 Jun;10(12):4138-49.

23. Jie Z, Zhiying Z, Li L. A meta-analysis of Watson for Oncology in clinical application. *Sci Rep*. 2021 Mar;11(1):5792.
24. Aggarwal N, Saini BS, Gupta S. Role of Artificial Intelligence Techniques and Neuroimaging Modalities in Detection of Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Cognit Comput [Internet]*. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12559-023-10175-y>
25. Mansour RF, Escorcía-Gutierrez J, Gamarra M, Díaz VG, Gupta D, Kumar S. Artificial intelligence with big data analytics-based brain intracranial hemorrhage e-diagnosis using CT images. *Neural Comput Appl [Internet]*. 2023;35(22):16037-49. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06240-y>
26. Delanerolle G, Yang X, Shetty S, Rayment V, Shetty A, Phiri P, et al. Artificial intelligence: A rapid case for advancement in the personalization of Gynaecology/Obstetric and Mental Health care. *Womens Health (Lond)*. 2021;17:17455065211018112.
27. Haug A, Renz FM, Nicholson AA, Lor C, Götzendorfer SJ, Sladky R, et al. Predictors of real-time fMRI neurofeedback performance and improvement - A machine learning mega-analysis. *Neuroimage*. 2021 Aug;237:118207.
28. Nunes A, Schnack HG, Ching CRK, Agartz I, Akudjedu TN, Alda M, et al. Using structural MRI to identify bipolar disorders - 13 site machine learning study in 3020 individuals from the ENIGMA Bipolar Disorders Working Group. *Mol Psychiatry*. 2020 Sep;25(9):2130-43.
29. Sinno AK, Fader AN. Robotic-assisted surgery in gynecologic oncology. *Fertil Steril*. 2014 Oct;102(4):922-32.
30. Demner-Fushman D, Elhadad N. Aspiring to Unintended Consequences of Natural Language Processing: A Review of Recent Developments in Clinical and Consumer-Generated Text Processing. *Yearb Med Inform*. 2016 Nov;1(1):224-33.
31. Vasey B, Ursprung S, Beddoe B, Taylor EH, Marlow N, Bilbro N, et al. Association of Clinician Diagnostic Performance With Machine Learning-Based Decision Support Systems: A Systematic Review. *JAMA Netw Open*. 2021 Mar;4(3):e211276.
32. Pyun KR, Rogers JA, Ko SH. Materials and devices for immersive virtual reality. *Nature Reviews Materials* 2022 7:11 [Internet]. 2022 Oct 3 [cited 2023 Aug 11];7(11):841-3. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41578-022-00501-5>
33. Gianola S, Castellini G, Biffi A, Porcu G, Fabbri A, Ruggieri MP, et al. Accuracy of pre-hospital triage tools for major trauma: a systematic review with meta-analysis and net clinical benefit. *World Journal of Emergency Surgery [Internet]*. 2021 Dec 1 [cited 2023 Jul 8];16(1):1-11. Available from: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s13017-021-00372-1>
34. Slater M, Gonzalez-Liencre C, Haggard P, Vinkers C, Gregory-Clarke R, Jelley S, et al. The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality. *Front Virtual Real*. 2020 Mar 3;1:512449.
35. de Almería España Guerrero Cuevas U, Aguayo V. Efectos secundarios tras el uso de realidad virtual inmersiva en un videojuego. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy [Internet]*. 2013 [cited 2023 Jul 8];13(2):163-78. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56027416002>
36. Martirosov S, Bureš M, Zítka T. Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. *Virtual Real [Internet]*. 2022 Mar 1 [cited 2023 Jul 8];26(1):15. Available from: <https://pmc/articles/PMC8132277/>
37. Won JH, Kim YS. A New Approach for Reducing Virtual Reality Sickness in Real Time: Design and Validation Study. *JMIR Serious Games* 2022;10(3):e36397 <https://games.jmir.org/2022/3/e36397> [Internet]. 2022 Sep 27 [cited 2023 Jul 8];10(3):e36397. Available from: <https://games.jmir.org/2022/3/e36397>
38. Wüller H, Behrens J, Garthaus M, Marquard S, Remmers H. A scoping review of augmented reality in

nursing. BMC Nurs [Internet]. 2019 May 16 [cited 2023 Jul 8];18(1):1-11. Available from: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s12912-019-0342-2>

39. Surer E, Erkayaoğlu M, Öztürk ZN, Yücel F, Bıyık EA, Altan B, et al. Developing a scenario-based video game generation framework for computer and virtual reality environments: a comparative usability study. Journal on Multimodal User Interfaces [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2023 Jul 8];15(4):393-411. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12193-020-00348-6>

40. Halabi O, Salahuddin T, Karkar AG, Alinier G. Virtual reality for ambulance simulation environment. Multimed Tools Appl [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Jul 8];81(22):32119-37. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-022-12980-3>

41. Schuurin MJ, Išgum I, Cosyns B, Chamuleau SAJ, Bouma BJ. Routine Echocardiography and Artificial Intelligence Solutions. Front Cardiovasc Med. 2021;8:648877.

42. Humm G, Harries RL, Stoyanov D, Lovat LB. Supporting laparoscopic general surgery training with digital technology: The United Kingdom and Ireland paradigm. BMC Surg. 2021 Mar;21(1):123.

43. Reis G, Yilmaz M, Rambach J, Pagani A, Suarez-Ibarrola R, Miernik A, et al. Mixed reality applications in urology: Requirements and future potential. Ann Med Surg (Lond). 2021 Jun;66:102394.

44. Sood J. Advancing frontiers in anaesthesiology with laparoscopy. World J Gastroenterol. 2014 Oct;20(39):14308-14.

45. Tsai SH, Liu CA, Huang KH, Lan YT, Chen MH, Chao Y, et al. Advances in Laparoscopic and Robotic Gastrectomy for Gastric Cancer. Pathol Oncol Res. 2017 Jan;23(1):13-7.

46. Tătaru OS, Vartolomei MD, Rassweiler JJ, Virgil O, Lucarelli G, Porpiglia F, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Prostate Cancer Patient Management-Current Trends and Future Perspectives. Diagnostics (Basel). 2021 Feb;11(2).

47. Guimarães B, Dourado L, Tsisar S, Diniz JM, Madeira MD, Ferreira MA. Rethinking Anatomy: How to Overcome Challenges of Medical Education's Evolution. Acta Med Port. 2017 Feb;30(2):134-40.

48. Finocchiaro M, Cortegoso Valdivia P, Hernansanz A, Marino N, Amram D, Casals A, et al. Training Simulators for Gastrointestinal Endoscopy: Current and Future Perspectives. Cancers (Basel). 2021 Mar;13(6).

49. Al-Azri NH. How to think like an emergency care provider: A conceptual mental model for decision making in emergency care. Int J Emerg Med [Internet]. 2020 Apr 16 [cited 2023 Jul 10];13(1):1-9. Available from: <https://intjem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12245-020-00274-0>

50. Zavala AM, Day GE, Plummer D, Bamford-Wade A. Decision-making under pressure: medical errors in uncertain and dynamic environments. Aust Health Rev [Internet]. 2018 [cited 2023 Jul 10];42(4):395-402. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28578757/>

51. Diller GP, Arvanitaki A, Opatowsky AR, Jenkins K, Moons P, Kempny A, et al. Lifespan Perspective on Congenital Heart Disease Research: JACC State-of-the-Art Review. J Am Coll Cardiol. 2021 May;77(17):2219-35.

52. Kristensen SE, Mosgaard BJ, Rosendahl M, Dalsgaard T, Bjørn SF, Frøding LP, et al. Robot-assisted surgery in gynecological oncology: current status and controversies on patient benefits, cost and surgeon conditions - a systematic review. Acta Obstet Gynecol Scand. 2017 Mar;96(3):274-85.

53. Taylor AT, Garcia E V. Computer-assisted diagnosis in renal nuclear medicine: rationale, methodology, and interpretative criteria for diuretic renography. Semin Nucl Med. 2014 Mar;44(2):146-58.

54. Gunasekaran DV, Tseng RMWW, Tham YC, Wong TY. Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies. NPJ Digit Med. 2021 Feb;4(1):40.

55. Su Z, McDonnell D, Ahmad J, Cheshmehzangi A. Disaster preparedness in healthcare professionals amid COVID-19 and beyond: A systematic review of randomized controlled trials. *Nurse Educ Pract*. 2023 May 1;69:103583.
56. Mouta A, Pinto-Llorente AM, Torrecilla-Sánchez EM. Uncovering Blind Spots in Education Ethics: Insights from a Systematic Literature Review on Artificial Intelligence in Education. *Int J Artif Intell Educ* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00384-9>
57. Iniesta R. The human role to guarantee an ethical AI in healthcare: a five-facts approach. *AI and Ethics* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00353-x>
58. Otero-Varela L, Cintora AM, Espinosa S, Redondo M, Uzuriaga M, González M, et al. Extended reality as a training method for medical first responders in mass casualty incidents: A protocol for a systematic review. *PLoS One* [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2023 Jul 7];18(3):e0282698. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0282698>
59. Mohan D, Elmer J, Arnold RM, Forsythe RM, Fischhoff B, Rak K, et al. Testing the feasibility, acceptability, and preliminary effect of a novel deliberate practice intervention to reduce diagnostic error in trauma triage: a study protocol for a randomized pilot trial. *Pilot Feasibility Stud* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Jul 7];8(1):1-11. Available from: <https://pilotfeasibilitystudies.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40814-022-01212-y>
60. Lima DS, De-Vasc Oncelos IF, Queiroz EF, Cunha TA, Dos-Santos VS, Arruda FAEL, et al. Multiple victims incident simulation: Training professionals and university teaching. *Rev Col Bras Cir*. 2019;46(3).
61. Raper JD, Khoury C, Bloom AD. Simulation in emergency medicine graduate medical education: a call to lead. *Clin Exp Emerg Med* [Internet]. 2023 Jan 30 [cited 2023 Jul 7];10(1):107-9. Available from: <http://ceemjournal.org/journal/view.php?doi=10.15441/ceem.22.413>
62. Park SK, Kim HJ. Development and Evaluation of Virtual Reality-based Simulation Content for Nursing Students Regarding Emergency Triage. *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing* [Internet]. 2023 May 31 [cited 2023 Jul 7];30(2):292-301. Available from: <http://j.kafn.or.kr/journal/view.php?doi=10.7739/jkafn.2022.30.2.292>
63. Arthur T, Loveland-Perkins T, Williams C, Harris D, Wilson M, de Burgh T, et al. Examining the validity and fidelity of a virtual reality simulator for basic life support training. *BMC Digital Health* 2023 1:1 [Internet]. 2023 May 11 [cited 2023 Jul 8];1(1):1-14. Available from: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s44247-023-00016-1>
64. Aiello S, Cochrane T, Sevigny C. The affordances of clinical simulation immersive technology within healthcare education: a scoping review. *Virtual Real* [Internet]. 2023 Jan 14 [cited 2023 Jul 8];1:1-19. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-022-00745-0>
65. Joshi A, Abdelsattar J, Castro-Varela A, Chase ·, Wehrle J, Cullen · Christian, et al. Incorporating mass casualty incidents training in surgical education program. *Global Surgical Education - Journal of the Association for Surgical Education* 2022 1:1 [Internet]. 2022 Apr 14 [cited 2023 Jul 8];1(1):1-5. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44186-022-00018-z>
66. Mooney SJ, Pejaver V. Big Data in Public Health: Terminology, Machine Learning, and Privacy. *Annu Rev Public Health*. 2018 Apr;39:95-112.
67. Demaidi MN. Artificial intelligence national strategy in a developing country. *AI Soc* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s00146-023-01779-x>
68. Persson J. Artificial Intelligence and UK Education: Research, the Redistribution of Authority, and Rights. *Int J Artif Intell Educ* [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00347-0>
69. Murphy K, Di Ruggiero E, Upshur R, Willison DJ, Malhotra N, Cai JC, et al. Artificial intelligence for good health: a scoping review of the ethics literature. *BMC Med Ethics*. 2021 Feb;22(1):14.

70. Oyelere SS, Bouali N, Kaliisa R, Obaido G, Yunusa AA, Jimoh ER. Exploring the trends of educational virtual reality games: a systematic review of empirical studies. Smart Learning Environments [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2023 Jul 8];7(1):1-22. Available from: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s40561-020-00142-7>

71. Rodríguez-López B, Rueda J. Artificial moral experts: asking for ethical advice to artificial intelligent assistants. AI and Ethics [Internet]. 2023;3(4):1371-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00246-5>

72. Mouchabac S, Adrien V, Falala-Séchet C, Bonnot O, Maatoug R, Millet B, et al. Psychiatric Advance Directives and Artificial Intelligence: A Conceptual Framework for Theoretical and Ethical Principles. Front Psychiatry. 2020;11:622506.

73. Savoia E, Lin L, Bernard D, Klein N, James LP, Guicciardi S. Public Health System Research in Public Health Emergency Preparedness in the United States (2009-2015): Actionable Knowledge Base. Am J Public Health. 2017 Sep;107(S2):e1-6.

74. Bharat C, Hickman M, Barbieri S, Degenhardt L. Big data and predictive modelling for the opioid crisis: existing research and future potential. Lancet Digit Health. 2021 Jun;3(6):e397-407.

75. Platts-Mills TF, Nagurney JM, Melnick ER. Tolerance of Uncertainty and the Practice of Emergency Medicine. Ann Emerg Med [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Jul 10];75(6):715-20. Available from: <http://www.annemergmed.com/article/S0196064419313174/fulltext>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Curación de datos: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano.

Análisis formal: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Investigación: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez, Karol Nicole Chaves Corral.

Metodología: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Administración del proyecto: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano.

Software: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano.

Supervisión: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Validación: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Visualización: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.

Redacción - borrador original: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez, Karol Nicole Chaves Corral.

Redacción - revisión y edición: Alicia Marifernanda Zavala Calahorrano, Gustavo Del Pozo Sánchez.