



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Metaverso: el futuro de la medicina en un mundo virtual

Metaverse: the future of medicine in a virtual world

Carlos Miguel Campos Sánchez¹  , Laura Adalys Guillén León¹ , Rossio Cristina Acosta Yanes¹ , Marcos Antonio Gil Oloriz² 

¹Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Facultad de Medicina. Villa Clara, Cuba.

²Universidad Central “Marta Abreu de las Villas”. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Telecomunicaciones. Villa Clara, Cuba.

Citar como: Campos Sánchez CM, Guillén León LA, Acosta Yanes RC, Gil Oloriz MA. Metaverso: el futuro de la medicina en un mundo virtual. Metaverse Bas. App. Res. 2022;1:4. <https://doi.org/10.56294/mr20224>

Enviado: 10-11-2022

Revisado: 06-11-2022

Aceptado: 09-12-2022

Publicado: 13-12-2022

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

RESUMEN

El metaverso es un espacio virtual que utiliza la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Inteligencia Artificial (IA) capaz de recrear un mundo paralelo a la realidad, en las ciencias de la salud el uso de las tecnologías durante la última década ha aumentado vertiginosamente y los beneficios tanto para los pacientes como para los profesionales son incontables. Tras la implementación de la cuarentena por la COVID-19 el aislamiento social llevó al surgimiento de nuevas herramientas que hicieron que las ciencias de la salud se inmiscuyeran aún más en este mundo digital. Las aplicaciones del metaverso en la medicina van desde el procesamiento de datos, la simulación de ambientes para el intercambio entre grupos de pacientes, hasta la simulación de medios quirúrgicos, procesos diagnósticos, experimentales y la simulación de avatares de médicos o enfermeras capaces de aconsejar a los pacientes según sus condiciones clínicas.

Palabras clave: Metaverso; Telemedicina; In Silico.

ABSTRACT

The metaverse is a virtual space that uses Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) and Artificial Intelligence (AI) capable of recreating a world parallel to reality, in the health sciences the use of technologies during the last decade has increased dramatically and the benefits for both patients and professionals are countless. After the implementation of quarantine by COVID-19, social isolation led to the emergence of new tools that made health sciences become even more involved in this digital world. The applications of the metaverse in medicine range from data processing, the simulation of environments for the exchange between groups of patients, to the simulation of surgical procedures, diagnostic and experimental processes and the simulation of avatars of doctors or nurses capable of advising patients according to their clinical conditions.

Keywords: Metaverse; Telemedicine; In Silico.

INTRODUCTION

Durante mucho tiempo el principio básico de la atención médica ha sido la relación médico-paciente y se ha considerado esta interacción como indispensable para la práctica de la medicina. Luego de la aparición de la COVID-19 y la implantación de las políticas de aislamiento y cuarentenas en prácticamente todo el mundo se demostró que la práctica de los servicios de salud no debía ser necesariamente siempre en presencia del paciente en el mismo espacio y tiempo que el profesional de salud, es así que toma gran auge durante este tiempo la telemedicina. Esta nueva realidad desencadenó una aceleración revolucionaria en la adopción de tecnologías

innovadoras en todos los sectores de la vida diaria, desde las interacciones sociales y el entretenimiento hasta los servicios médicos.^(1,2)

La telemedicina, la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) han florecido en este panorama de salud global sin precedentes, abriendo nuevos horizontes en las ciencias de la salud y más que nunca uniéndola a los avances tecnológicos, para lograr una atención óptima al paciente.⁽³⁾

Este avance tecnológico en el uso de la realidad virtual y realidad aumentada ha llegado a un colosal punto de esplendor “el metaverso” el cual ya ha dado sus primeros pasos en disímiles áreas de la vida cotidiana con resultados muy beneficiosos para el bienestar humano, la industria sanitaria no se ha quedado atrás en la implementación de esta naciente promesa tecnológica y sus aplicaciones en el mundo hoy ya son inimaginables, así como sus perspectivas futuras.

El metaverso no es más que la representación virtual del mundo real *in silico*. El término se describió por primera vez en la novela de ciencia ficción *Snow Crash* de 1992, donde el autor Neal Stephenson describió un universo virtual inmersivo conectado a Internet que servía como una realidad alternativa para sus participantes, llamándolo “el metaverso”.⁽⁴⁾ Desde que Internet se expandió, la referencia del metaverso encontró progresivamente su lugar en el léxico tecnológico que describe cualquier entorno virtual a gran escala en el espacio en línea del que los usuarios pueden formar parte. En pocas palabras, el metaverso es un entorno digital tridimensional (3D) donde RA/RV e inteligencia artificial (IA) sirven como proveedores visuales básicos y donde las personas pueden tener interacciones sociales, financieras y de otro tipo utilizando avatares digitales personalizados que imitan experiencias de la vida real. Representa una combinación de espacios digitales interconectados que permiten a sus usuarios participar en actividades como comprar, jugar y asistir a eventos virtuales etc.⁽⁵⁾

El metaverso en las ciencias médicas puede cubrir aplicaciones potenciales como diagnóstico, telemedicina, atención remota de pacientes y monitoreo. Por ejemplo, algunas de las aplicaciones más importantes son la monitorización remota de pacientes que necesitan cuidados intensivos, el acceso a datos, una mejor comprensión de los resultados clínicos (como la monitorización del azúcar en sangre y la frecuencia cardíaca) y el seguimiento virtual de pacientes con COVID-19.⁽⁶⁾ Además se extiende al campo de la cirugía mejorando la precisión quirúrgica y a otros campos de la medicina como la radiología, la salud mental y la formación y capacitación del personal de salud.^(7,8)

Ante el vertiginoso desarrollo del metaverso en el campo de la salud se hace necesario la búsqueda de información con respecto al tema para llevar al personal de sanitario una actualización sobre las principales aplicaciones de esta tecnología en la medicina y los principios de su funcionamiento, así como las ventajas que ofrecen tanto para el paciente como para el profesional que hace uso de ello. Es por ello que el presente artículo tiene como objetivo identificar las principales aplicaciones del metaverso en el campo de la salud.

DESARROLLO

La llegada del metaverso como una realidad aplicable a disímiles campos ha generado en la sociedad gran debate,⁽⁵⁾ algunos expertos argumentan que no es más que otro de las tantas maneras de industrializar el sector y buscar provechos económicos,⁽¹⁰⁾ si bien es cierto que es una realidad para nada negable el alto costo de los servicios a los cuales se aplica también es una realidad que las múltiples aplicaciones generan mayores beneficios al campo: mayor precisión, menor tiempo de espera y más comodidad al personal de salud y al paciente, estas son algunas de las ventajas que se enumeran en múltiples estudios que se resumirán a continuación.

Aplicaciones en la prevención y control de enfermedades

La atención primaria a la salud es un eslabón básico en la asistencia a los pacientes, los sistemas sanitarios públicos invierten cada año millones de dólares a la prevención de enfermedades y la promoción de conductas saludables para evitar factores de riesgo que predispongan a enfermedades o para el control de estas y prevención de complicaciones.

Un concepto ampliamente adoptado es Health 4.0, e integra tecnologías innovadoras con la atención médica.^(11,12) Ejemplos de Health 4.0 son *Internet of Health Things*, sistemas médicos ciberfísicos, nube o niebla de salud, análisis de big data, aprendizaje automático, *blockchain* y algoritmos inteligentes,⁽¹²⁾ pero también realidad virtual.⁽¹¹⁾ Esto nos permite monitorear a la población, pero también educar involucrando a las personas en actividades comunitarias. Las innovaciones digitales pueden adoptarse como un modelo alternativo de prestación de atención y, de hecho, la posibilidad de crear avatares permite consultas y atención personalizada⁽¹²⁾ directamente en el hogar, conectando la vida real con el mundo virtual. El seguimiento del aspecto clínico y, en consecuencia, de la salud de la persona distante puede ser adoptado por electrocardiogramas de 12 derivaciones para el corazón, tensiómetros para evaluar los sistemas cardiovasculares, medidores de saturación de oxígeno para el sistema cardiorrespiratorio y calculadoras de glucosa en sangre, ideales para personas con diabetes.⁽¹⁴⁾

Relacionado con la evaluación del rendimiento físico, también a través de la web, los monitores de frecuencia cardíaca⁽¹⁴⁾ han sido ampliamente adoptados. Otra herramienta es el reloj inteligente que integra frecuencia cardíaca, saturación sanguínea, podómetros y acelerómetros, pero también los datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permiten monitorear el estado de salud y el rendimiento físico, pero también el manejo de enfermedades crónicas.^(15,16,17)

Estos relojes inteligentes a menudo están conectados al teléfono inteligente, y el teléfono inteligente está conectado a comunidades donde las personas pueden comparar, en tiempo real, sus datos con otros usuarios y aceptar desafíos. La potencialidad de los relojes inteligentes en los programas de promoción de la salud es enorme. De hecho, a través del monitoreo en tiempo real, la posibilidad de ser parte de una comunidad en línea y ser guiado por expertos de todo el mundo aumenta la posibilidad de asistir a programas de acondicionamiento físico y adoptar un estilo de vida saludable.⁽¹⁸⁾ Estos relojes inteligentes podrían ser un instrumento para dar vida a la persona en el metaverso.

Estas consideraciones también se pueden hacer considerando que los avatares, gracias a la nueva tecnología, reaccionan de manera realista en su habla, expresiones faciales y lenguaje corporal.⁽¹⁹⁾ Se podría adoptar la realidad virtual para crear una planificación preoperatoria analizando la situación en 3D y solicitando la opinión de otros expertos conecta terapias, y es una intervención efectiva para varias condiciones médicas con ventajas en términos de personalización, cumplimiento, costo, accesibilidad, motivación y conveniencia.⁽¹¹⁾

Un último aspecto para considerar es la posibilidad de crear un avatar que pueda actuar como una “enfermera virtual” para dirigir y monitorear el cuidado e interactuar con el paciente, educarlo a él o al personal que lo rodea, pero también supervisar y monitorear, en tiempo real, la vigilancia de la calidad/ seguridad del paciente, la actividad del médico y las actividades de admisión y alta.⁽²⁰⁾

Por otro lado, para enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes, obesidad y algunas condiciones de salud mental, los modelos de atención virtual con programas de apoyo psicológico grupal podrían ser una intervención válida, mientras que la atención de enfermería virtual remota con unidades robóticas de entrega al usuario final también podría ser de ayuda.⁽²¹⁾

Obviamente las personas necesitan de un entorno en que sean capaces de realizar las actividades, herramientas y medios para cumplir las tareas indicadas. Carraro et al.⁽²²⁾ y Petrigna et al.⁽²³⁾ hacen referencia al uso de bicicletas estáticas, cintas corredoras y otros equipos que permiten la realización de carreras con el simultaneo uso de “*Pelotón*” una aplicación de realidad virtual que simula carreras y permite al usuario intercambiar con otros cibernautas que realizan igual actividad en otro lugar del mundo. Además, la aplicación es capaz de recrear disímiles entornos y llevar a los usuarios a carreras desde en ambientes naturales hasta ambientes extremos como por ejemplo La Estación Espacial Internacional.

Ante el análisis de los beneficios brindados por esta herramienta in sílico los autores de la presente revisión toman una posición particular y en la cual no pretenden desalentar al uso de esta, pero si es necesario hacer un análisis de las posibles desventajas que trae esto para la salud individual y colectiva, así como para la salud medioambiental. La indicación a pacientes de carreras aeróbicas al aire libre no solo pretende que el paciente realice ejercicio físico con múltiples fines, sino que lo haga también en un entorno “natural” en el cual logre encontrar un equilibrio con el medio además de que los beneficios de respirar aire puro en contacto con la naturaleza son insuperables.

En oftalmología, este modelo de atención se ha utilizado clásicamente para el cribado de la retinopatía diabética basado en un enfoque de almacenamiento y reenvío en el que las fotografías del fondo de ojo capturadas en una clínica comunitaria y se califican de forma remota en un momento posterior; se ha demostrado que es rentable y clínicamente aplicable.⁽²⁴⁾

Otras afecciones oftalmológicas que han implementado con éxito programas de telemedicina incluyen el control del glaucoma y la retinopatía del prematuro.⁽²⁵⁾ Para el glaucoma, países como el Reino Unido y Singapur han adoptado un sistema de “clínica virtual de glaucoma” para los sospechosos de glaucoma y aquellos con glaucoma leve a moderado.⁽²⁶⁾ Se han explorado los próximos desarrollos en esta área para la detección y el manejo de la degeneración macular relacionada con la edad,⁽²⁷⁾ el diagnóstico de blefaroptosis indicada quirúrgicamente en oculoplásticos,⁽²⁸⁾ y la detección de cataratas seniles⁽²⁹⁾ y congénitas.⁽³⁰⁾

La pantalla 3D montada ha demostrado ser útil para evaluar la agudeza visual con la ventaja de la portabilidad y la naturaleza automatizada. Además, la tecnología de realidad virtual se ha utilizado para ayudar a detectar deficiencias del campo visual en pacientes con glaucoma en correlación con el perímetro de Humphrey, y para ayudar a evaluar las funciones visuales en pacientes con estrabismo y ambliopía. Varios estudios también han evaluado el uso de la terapia basada en RA para la baja visión y la pérdida del campo visual, y han demostrado que la RA puede mejorar la visión funcional de estos pacientes en entornos del mundo real. Por otro lado, la RV puede utilizarse para complementar terapia de baja visión a través del entrenamiento funcional de la visión, reasignación, y magnificación. Además, varios estudios han demostrado el efecto del tratamiento binocular interactivo e inmersivo basado en VR.⁽³¹⁾

Pero no todo son ventajas para la oftalmología los investigadores también han descubierto que el grosor

coroideo aumenta notablemente después de usar un casco de realidad virtual en adultos jóvenes de entre 18 y 35 años, lo que puede deberse a la consecuencia de la distancia de visualización fija combinada con la acomodación inducida por la convergencia en el entorno virtual.⁽³¹⁾

Aplicaciones en los servicios de emergencia

Los servicios de emergencia hospitalaria son uno de los principales sitios de atención de los sistemas de salud, el desconocimiento de la población sobre lo que verdaderamente se considera una urgencia o emergencia médica hacen que estos servicios muchas veces lleguen al colapso o se vean sobrecargados de pacientes, los cuales en muchos casos no cuentan con criterios de atención urgente.

Durante la pandemia por la COVID-19 en la cual los servicios de urgencias médicas se dedicaron casi que al 100 % a la atención de pacientes críticos de COVID-19 se vio imposibilitado para muchos el acceso a los hospitales es por ello que múltiples desarrolladores informáticos comenzaron la creación de plataformas de tele consulta que facilitarían a los pacientes la autoatención con asesoramiento profesional.

La telemedicina ha demostrado ser útil para las consultas del departamento de emergencias en la clasificación de la urgencia de las derivaciones o en la prestación de primeros auxilios oftálmicos de forma remota, en Londres, Moorfields Eye Hospital lanzó un servicio de video-consulta de emergencia para aliviar la carga de víctimas oftálmicas en las instalaciones físicas durante la pandemia y se demostró que evita más del 70 % de los posibles encuentros en persona. Lo mismo ocurre en París, la teleconsulta oftalmológica de urgencia redujo las consultas físicas innecesarias en un 73 %. Del mismo modo, las videoconsultas en tiempo real también se pueden aplicar a las visitas ambulatorias de oftalmología. Utilizando un modelo de embudo de entrada, mediante el cual un proveedor remoto (es decir, un técnico oftálmico u optometrista) transmitiría parámetros clínicos y fotos a través de una red segura al médico para teleconsulta, las clínicas de oftalmología general en Hong Kong pudieron mantener el 80% de sus carga de pacientes ambulatorios durante la pandemia,⁽²⁰⁾ y un hospital de atención oftalmológica terciaria en Singapur informó una alta especificidad y sensibilidad al usar este método para evaluar la visión borrosa crónica. Las subespecialidades como oculoplástica,²² oftalmología pediátrica y estrabismo, también han empleado teleconsulta basadas en video con buenos comentarios de médicos y paciente.⁽³¹⁾

Aplicaciones en los servicios quirúrgicos

La formación de postgrado quirúrgico es uno de los programas formativos más amplios del sector médico. La mayoría de los programas de capacitación quirúrgica necesitan de cinco a seis años de educación de posgrado para calificar. Por lo general, esto es seguido por uno o dos años de estudio de beca en una subespecialidad. Durante los últimos 20 a 30 años, no ha habido cambios significativos en esta situación. La rápida transformación de la práctica quirúrgica se atribuye a los avances en la tecnología médica.⁽³²⁾

Algunas de las aplicaciones más destacadas del entrenamiento quirúrgico son el uso de simulaciones de realidad virtual en el entrenamiento de residentes de cirugía ortopédica en artroplastia (un procedimiento quirúrgico para restaurar la función de una articulación) como el entrenamiento en artroplastia total de cadera, glenoides (parte de la articulación del hombro) exposición en el entrenamiento de artroplastia de hombro y artroscopia de rodilla, la colocación de tornillos pediculares espinales la fijación de fracturas del eje tibial, tallado de fracturas antes de la cirugía y dinámica colocación de tornillos de cadera.⁽³²⁾

Los neurocirujanos de Johns Hopkins han realizado cirugías de realidad aumentada en pacientes vivos, comenzando con una cirugía de fusión espinal para fusionar tres vértebras para aliviar el dolor de espalda crónico e insoportable y la extirpación de un tumor maligno.⁽³³⁾

AccuVein superpone un mapa de las venas del paciente sobre la piel utilizando técnicas de proyección, que pueden ayudar potencialmente a las inyecciones intravenosas.⁽³⁴⁾

Sridhar et al.⁽³⁵⁾ utilizaron técnicas de realidad virtual para aliviar la ansiedad durante los procedimientos quirúrgicos de dilatación y curetaje del primer trimestre en pacientes embarazadas.

En cirugía reconstructiva, HoloLens se usa para superponer una imagen holográfica en 3D de la anatomía del donante en la cara del receptor, lo que permite que el receptor verifique la alineación y ajuste su plan de cirugía facial en consecuencia. Esta tecnología permite a los médicos caminar alrededor la imagen holográfica y analizar la anatomía con eficacia. Las imágenes específicas del paciente para el candidato a trasplante se crean a partir de sus datos de tomografía y se mapean en su cara usando marcadores, lo que permite a los cirujanos ver el conjunto de datos superpuestos en la cara del paciente como una representación completa en forma de imágenes en 3D.⁽³²⁾

Sin dudas en el ámbito quirúrgico el desarrollo de estas tecnologías amentaría considerablemente la precisión de las intervenciones quirúrgicas a la vez que reducirían considerablemente el tiempo de recuperación del paciente, así como las molestias del postoperatorio.

Aplicaciones a la salud mental

Con respecto a la salud mental, el metaverso puede crear espacios ideales para el trabajo cómodo de psicólogos y psiquiatras, crear ambientes favorables para las terapias sin necesidad de salir del salón para compartir historias y otros problemas con los profesionales.

La ansiedad y el estrés tienen repercusiones médicas, biológicas, mentales y conductuales negativas en la madre y su hijo durante el embarazo. Durante el trabajo de parto, la frecuencia cardíaca y la presión arterial de una mujer embarazada aumentan, lo que reduce el flujo sanguíneo en el útero. La ansiedad también puede aumentar la cantidad de dolor. después del parto, así como el riesgo de depresión posparto. La tecnología del metaverso, como técnica no farmacológica, puede crear un mundo virtual y desviar la atención de los pacientes de las señales de dolor durante el embarazo hacia otra cosa.⁽³⁶⁾

De hecho, el metaverso o su versión prematura, es decir, la realidad virtual, se ha propuesto para su uso en el tratamiento del trastorno por déficit de atención/hiperactividad, el trastorno del espectro autista, trastorno de estrés postraumático, ansiedad y fobias específicas, personalidad borderline, diversas formas de psicosis, así como rehabilitar a los delincuentes, mejorar las habilidades empáticas, cultivar el comportamiento prosocial y ayudar a superar problemas personales en la vida.⁽³⁷⁾

CONCLUSIONES

Con la implementación del aislamiento por la pandemia se hizo necesario ensanchar rápidamente la gama de aplicaciones del metaverso y la puesta en marcha de centenares de herramientas in sílico en prácticamente todas las ramas de la salud donde destaca la simulación de medios quirúrgicos, de ambientes favorables, herramientas para el procesamiento de imágenes, valores y procesos, así como la simulación de avatares de profesionales de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Smith AC, Thomas E, Snoswell CL, Haydon H, Mehrotra A, Clemensen J, Caffery LJ. Telehealth for global emergencies: Implications for coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Journal of telemedicine and telecare*. 2020;26(5):309-13. <https://doi.org/10.1177/1357633X20916567>
2. Colbert GB, Venegas-Vera AV, Lerma EV. Utility of telemedicine in the COVID-19 era. *Reviews in cardiovascular medicine*. 2020;21(4):583-7. <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2020.04.188>
3. Zhang T, Shen J, Lai CF, Ji S, Ren Y. Multi-server assisted data sharing supporting secure deduplication for metaverse healthcare systems. *Future Generation Computer Systems*. 2023;140:299-310. <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.10.031>
4. Fang Z, Cai L, Wang G. MetaHuman Creator The starting point of the metaverse. In 2021 International Symposium on Computer Technology and Information Science (ISCTIS) 2021 (pp. 154-157). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCTIS51085.2021.00040>
5. Wiederhold BK. Ready (or Not) player one: initial musings on the metaverse. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2022;25(1):1-2. <https://doi.org/10.1089/cyber.2021.29234.editorial>
6. Lee J, Kwon KH. Future value and direction of cosmetics in the era of metaverse. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2022;21(10):4176-4183. <https://doi.org/10.1111/jocd.14794>
7. Ong J, Hariprasad SM, Chhablani J. Into the RetinaVerse: A New Frontier of Retina in the Metaverse. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*. 2022;53(11):595-600. <https://doi.org/10.3928/23258160-20221017-01>
8. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 2021;18:32. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
9. Plechatá A, Makransky G, Böhm R. Can extended reality in the metaverse revolutionise health communication?. *NPJ digital medicine*. 2022;5(1):1-4. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00682-x>
10. Hackl C. The metaverse is coming and it's a very big deal. *Forbes*. 2020. <https://www.forbes.com/sites/cathyhackl/2020/07/05/the-metaverse-is-coming--its-a-very-gran-deal/?sh=113cb9c9440f>
11. Liu Z, Ren L, Xiao C, Zhang K, Demian P. Virtual reality aided therapy towards health 4.0: a two-decade

bibliometric analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022;19(3):1525. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031525>

12. Mohamed N, Al-Jaroodi J, AbuKhoua E. Enabling Healthcare 4.0 applications development through a middleware platform. In *Digital Innovation for Healthcare in COVID-19 Pandemic 2022* (pp. 263-305). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821318-6.00001-3>

13. Tan TF, Li Y, Lim JS, Gunasekeran DV, Teo ZL, Ng WY, Ting DS. Metaverse and virtual health care in ophthalmology: Opportunities and challenges. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology.* 2022;11(3):237-46. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000537>

14. Skalidis I, Muller O, Fournier S. CardioVerse: The Cardiovascular Medicine in the Era of Metaverse. *Trends in Cardiovascular Medicine.* 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2022.05.004>

15. Jat AS, Grønli TM. Smart Watch for Smart Health Monitoring: A Literature Review. In *International Work-Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering 2022* (pp. 256-268). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07704-3_21

16. Bajaj RK, Meiring R, Beltran F. Development of a clinician-facing prototype for health monitoring using smartwatch data. *ACIS 2022 Proceedings.* 53. <https://aisel.aisnet.org/acis2022/53>

17. Debon R, Coleone JD, Bellei EA, De Marchi AC. Mobile health applications for chronic diseases: A systematic review of features for lifestyle improvement. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2019;13(4):2507-12. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.07.016>

18. Amagai S, Pila S, Kaat AJ, Nowinski CJ, Gershon RC. Challenges in participant engagement and retention using mobile health apps: literature review. *Journal of medical Internet research.* 2022;24(4):e35120. <https://doi.org/10.2196/35120>

19. Thomason J. Metaverse, token economies, and non-communicable diseases. *Global Health Journal* 2022;6:164-7. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2022.07.001>

20. Schuelke S, Aurit S, Connot N, Denney S. Virtual nursing: The new reality in quality care. *Nursing administration quarterly.* 2019;43(4):322-8. <https://doi.org/10.1097/NAQ.0000000000000376>

21. De Gagne JC, Randall PS, Rushton S, et al. The Use of Metaverse in Nursing Education: An Umbrella Review. *Nurse Educator.* 2022. <https://doi.org/10.1097/nne.0000000000001327>

22. Carraro GU, Cortes M, Edmark JT, Ensor JR. The peloton bicycling simulator. In *Proceedings of the third symposium on Virtual reality modeling language.* 1998 (pp. 63-70). <https://doi.org/10.1145/271897.274372>

23. Petrigna L, Musumeci G. The Metaverse: A New Challenge for the Healthcare System: A Scoping Review. *Journal of functional morphology and kinesiology.* 2022;7(3):63. <https://doi.org/10.3390/jfkm7030063>

24. Nguyen HV, Tan GS, Tapp RJ, Mital S, Ting DS, Wong HT, Tan CS, Laude A, Tai ES, Tan NC, Finkelstein EA. Cost-effectiveness of a national telemedicine diabetic retinopathy screening program in Singapore. *Ophthalmology.* 2016;123(12):2571-80. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.08.021>

25. Vinekar A, Jayadev C, Mangalesh S, Shetty B, Vidyasagar D. Role of tele-medicine in retinopathy of prematurity screening in rural outreach centers in India—a report of 20,214 imaging sessions in the KIDROP program. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine.* 2015;20:335-345. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2015.05.002>

26. Huang OS, Chew AC, Finkelstein EA, Wong TT, Lamoureux EL. Outcomes of an Asynchronous Virtual Glaucoma Clinic in Monitoring Patients at Low Risk of Glaucoma Progression in Singapore. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology.* 2021;10(3):328-34. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000402>

27. Li B, Powell AM, Hooper PL, Sheidow TG. Prospective evaluation of teleophthalmology in screening and recurrence monitoring of neovascular age-related macular degeneration: a randomized clinical trial. *JAMA ophthalmology.* 2015;133(3):276-82. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2014.5014>

28. Sovereign EA, Kim JW, Loudin NN, Johnston J, Stewart C, Reid MW, Lee TC, Nallasamy S. Feasibility of asynchronous video-based telemedicine in the diagnosis and management of paediatric blepharoptosis. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2021;1357633X20985394. <https://doi.org/10.1177/1357633X20985394>
29. Wu X, Huang Y, Liu Z, Lai W, Long E, Zhang K, Jiang J, Lin D, Chen K, Yu T, Wu D. Universal artificial intelligence platform for collaborative management of cataracts. *British Journal of Ophthalmology*. 2019;103(11):1553-60. <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314729>
30. Long E, Lin H, Liu Z, Wu X, Wang L, Jiang J, An Y, Lin Z, Li X, Chen J, Li J. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts. *Nature biomedical engineering*. 2017;1(2):1-8. <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0024>
31. Tan TF, Li Y, Lim JS, Gunasekeran DV, Teo ZL, Ng WY, Ting DS. Metaverse and virtual health care in ophthalmology: Opportunities and challenges. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*. 2022;11(3):237-46. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000537>
32. Bansal G, Rajgopal K, Chamola V, Xiong Z, Niyato D. Healthcare in Metaverse: A Survey On Current Metaverse Applications in Healthcare. *IEEE Access*. 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219845>
33. Tagaytayan R, Kelemen A, Sik-Lanyi C. Augmented reality in neurosurgery. *Archives of Medical Science*. 2018 Apr 13;14(3):572-8. <https://doi.org/10.5114/aoms.2016.58690>
34. Highton L, Ekwobi C. Use of the AccuVein device to map the superficial venous system. *European Journal of Plastic Surgery*. 2011;34(4):305-6. <https://doi.org/10.1007/s00238-011-0583-0>
35. Reinders IM, Cremers GR, van Rooijen SJ, Leemans JC, Perquin CW, Geomini PM, Maas JW, Bongers MY. The effect of an informative 360-degree virtual reality video on anxiety for women visiting the one-stop clinic for abnormal uterine bleeding: A randomized controlled trial (VISION-trial). *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2022;272:96-103. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2022.02.179>
36. Hajesmaeel-Gohari S, Sarpourian F, Shafiei E. Virtual reality applications to assist pregnant women: a scoping review. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2021;21(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-03725-5>
37. Cerasa A, Gaggioli A, Marino F, Riva G, Pioggia G. The promise of the metaverse in mental health: the new era of MEDverse. *Heliyon*. 2022:e11762. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11762>

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: Carlos Miguel Campos Sánchez, Laura Adalys Guillén León.

Análisis formal: Carlos Miguel Campos Sánchez, Marcos Antonio Gil Oloriz.

Investigación: Carlos Miguel Campos Sánchez, Rossio Cristina Acosta Yanes, Marcos Antonio Gil Oloriz.

Metodología: Carlos Miguel Campos Sánchez, Laura Adalys Guillén León.

Redacción-borrador original: Carlos Miguel Campos Sánchez, Laura Adalys Guillén León.

Redacción-revisión y edición: Carlos Miguel Campos Sánchez, Rossio Cristina Acosta Yanes, Marcos Antonio Gil Oloriz.