

Realidad virtual una estrategia terapéutica en pacientes con Accidentes Cerebro Vasculares

*Carlos José Martínez Santander¹, Geanella Mishelle Campoverde Vizhñay²,
María del Carmen Mendoza Mendieta², Leonardo José Peñarrieta Santana², César
Daniel Rodríguez Reyes²*

1. **Docente de la Universidad Católica de Cuenca – Carrera de Medicina.**
2. **Estudiante de la Universidad Católica de Cuenca – Carrera de Medicina.**

Correspondencia: Leonardo José Peñarrieta Santana

Correo electrónico:

leops2002@gmail.com

Dirección: Av. Abelardo J. Andrade y Coronel Francisco Tamariz, Cuenca-Ecuador

Código postal: EC 010105

Teléfono: (593) 988827011

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1966-8831>

Fecha de recepción: 30-07-2022

Fecha de aprobación: 10-09-2022

Fecha de publicación: 30-12-2022

Membrete Bibliográfico

Martínez J. Campoverde G. Mendoza M. Peñarrieta L. Rodríguez C. Realidad virtual una estrategia terapéutica en pacientes con Accidentes Cerebro Vasculares: . Rev Médica Ateneo, Vol 24. (2), pag.160-180

Artículo Acceso Abierto

RESUMEN

Introducción: Los Accidentes Cerebro Vasculares (ACV) son patologías mundialmente en ascenso, es por ello que, se han implementado nuevas estrategias biotecnológicas, terapéuticas e innovadoras como la VR.

Objetivo: Analizar y describir la influencia de la VR en los pacientes adultos con ACV.

Métodos: Se ejecutó una revisión sistemática, a través de diferentes bases de datos y motores de búsqueda, así mismo, se clasificó los artículos según su capacidad de responder a las interrogantes de investigación.

Resultados: La realidad virtual en pacientes con ACV ha mostrado resultados beneficiosos, no obstante, es indispensable la terapia convencional para un pronóstico favorable.

Conclusión: La efectividad de la VR en su totalidad es aún desconocida, sin embargo, los presentes estudios aluden a que esta terapia permite un mejoramiento en la capacidad motora y psicomotora.

Palabras clave: accidentes cerebrovasculares, realidad virtual, estrategia terapéutica, ictus.

ABSTRACT

Introduction: Stroke are pathologies on the rise worldwide, which is why new biotechnological, therapeutic and innovative strategies such as VR have been implemented.

Objective: To analyze and describe the influence of VR in adult patients with stroke.

Methods: A systematic review was carried out through different databases and search engines, likewise, the articles were classified according to their ability to answer the research questions. **Results:** Virtual reality in stroke patients has shown beneficial results, however, conventional therapy is essential for a favorable prognosis.

Conclusion: The effectiveness of VR in its entirety is still unknown, however, the present studies allude to the fact that this therapy allows an improvement in motor and psychomotor capacity.

Key words: cerebrovascular accidents, virtual reality, therapeutic strategy, stroke.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1), los Accidentes Cerebro Vasculares (ACV) se los define como, una patología que impide el flujo sanguíneo normal hacia el cerebro, dando lugar a una afección isquémica o hemorrágica. Cuando se da la formación de un coágulo a nivel arterial se lo considera isquémico, por otro lado, cuando se produce la filtración de sangre por ruptura vascular se lo denomina hemorrágico. La World Stroke Organization (WSO) (2) menciona que, dicha enfermedad desemboca ciertos daños a corto y largo plazo, entre ellos, deterioro de habla, parálisis parcial, entre otros. Actualmente, los ACV en pacientes adultos se desarrollan como una patología que mundialmente va en ascenso y

marca un hito en las nuevas investigaciones de carácter médico y tecnológico (3,4). Es así como, surge la necesidad de implementar herramientas contemporáneas tales como, la Realidad Virtual (VR) que permiten establecer un tratamiento de rehabilitación (5,6).

La tasa de relación de la VR con el ACV presenta una alta demanda en países cuyo desarrollo económico es superior, China, España, Estados Unidos y Australia (7), sin embargo, es escasa en ciertos países subdesarrollados pertenecientes a Latinoamérica, debido a factores limitantes que impiden su ejecución tales como, la incompetencia de los profesionales en el campo biotecnológico y médico, la escasez de recursos económicos (8) y ciertas ideologías que no permiten que el paciente se someta a dicha intervención (9).

La VR es una simulación informática cuyo fin es despertar una realidad alternativa que estimule la capacidad sensorial y motora, siendo uno de los métodos de rehabilitación que nace como una estrategia adicional para mejorar la eficacia del tratamiento convencional en pacientes con ACV. Se abordó ciertos factores que limitan el uso de esta herramienta a la hora de la praxis (9,10), ya sea que los pacientes presenten una condición socioeconómica poco favorable o ciertos países subdesarrollados que carecen de entrenamiento en el tema (11), así como también, aquellos con un diagnóstico diferencial correlacional, es por ello que, surge la necesidad de llevar a cabo un proceso de investigación sistemática que permita conocer, analizar y definir la importancia de aplicar la VR como un método innovador a la hora de determinar una terapia cuyos resultados sean favorables para el paciente, con el fin de impulsar a la comunidad médica hacia la innovación y aplicación de estas estrategias para brindar un tratamiento alternativo. La presente revisión tuvo como objetivo analizar y describir la influencia de la VR en los pacientes adultos con ACV.

METODOLOGÍA

Se recopiló información de bases de datos indexadas como: Science Direct, IEEE Xplore, Scopus , además, bases regionales, entre ellas, Redalyc, Scielo y LILACS; adicionalmente, se incorporó como motor de búsqueda PubMed. La recopilación se limitó a las estrategias tecnológicas contemporáneas implementadas en el área de salud mediante ciertas palabras clave siendo, realidad virtual (VR), rehabilitación, accidentes cerebro vasculares, ictus, terapia. Se efectuó una búsqueda avanzada por medio de los operadores booleanos (AND, OR) y códigos de campo (TITLE, PUBYEAR, SUBJAREA, DOCTYPE), además, un periodo de tiempo relativamente

actual, con el fin de recopilar la información precisa que permita incluir o excluir aquellos términos de importancia que faciliten adquirir conocimientos con relación al tema. Los canales investigativos se efectuaron en el idioma inglés y español, cuya prevalencia fue el inglés.

En la fase de análisis de datos se empleó el método PRISMA siguiendo una serie de parámetros que permitió identificar, el cribado que corresponde a un filtro para la selección de artículos que no estén repetidos y que sean estructuralmente completos (IMRYD), así mismo, la idoneidad es fundamental para la selección de artículos originales, por ende, se excluyó aquellos de exposición oral y comité editorial, obteniendo finalmente 32 artículos ([Gráfico 1](#)) que pretendan dar respuesta a criterios tales como: hallazgos creíbles, enfoque y la formulación del análisis transmitido adecuadamente, se ha explorado la diversidad de perspectivas y contextos.

Posteriormente a la fase analítica, en conjunto con los artículos seleccionados, se empleó un administrador de referencias Mendeley facilitando la cooperación de los escritores, además, de una lectura crítica.

RESULTADOS

Para clasificar los artículos, se aplicó un flujograma de selección ([Gráfico 1](#)), a partir de esto, se puede decir que, la información recopilada con respecto al tema corresponde principalmente a Scopus ([Gráfico 2](#)). Por otra parte, la clasificación de artículos se basó en un periodo de publicación específico, desde el 2017 hasta el 2022, con mayor incidencia el año 2021 ([Gráfico 3](#)).

Así mismo, se llevó a cabo la elaboración de preguntas de investigación que pretendió clasificar los resultados basándonos en el objetivo general planteado. Se utilizó una matriz en Excel para su ejecución, en donde se analizaron y contestaron cada una de las interrogantes ([Tabla 1](#)) ([Tabla 2](#)).

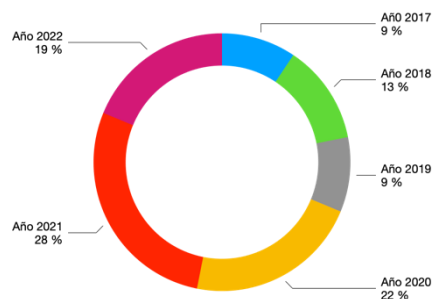
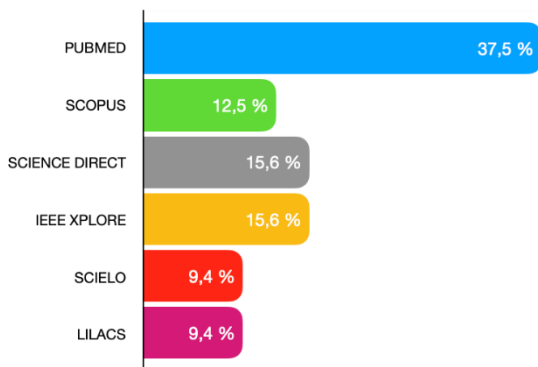
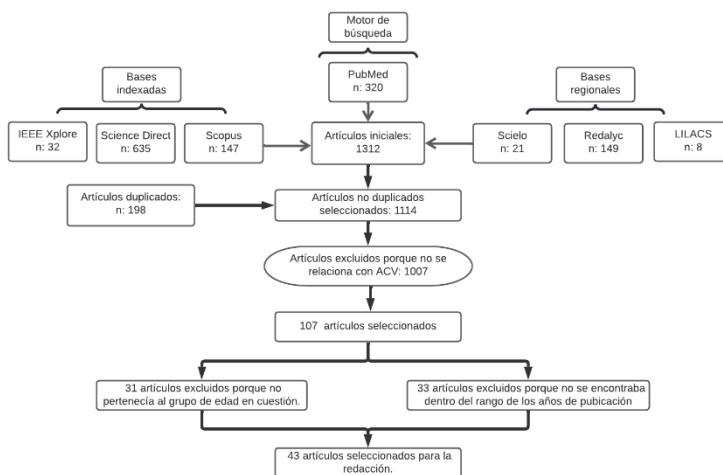


Tabla 1. Literatura científica que responderán a las interrogantes de investigación.

CATEGORÍA	ARTÍCULOS
RQ1	¿Cuáles son los índices de prevalencia de ACV a nivel mundial? A4, A5, A9, A18, A20, A26.
RQ2	¿Cuál es el impacto terapéutico de la VR en ACV? A3, A6, A13, A15, A16, A22, A24, A25, A26, A31.
RQ3	¿Qué limitaciones pueden presentarse? A3, A10, A12, A24, A27, A28, A31, A32.
RQ4	¿Qué pacientes son aptos para su aplicación? A2, A9, A11, A17, A19.
RQ5	¿Qué beneficios se presentan a largo plazo? A8, A14, A21, A23, A26, A27.
RQ6	¿Cuál es la diferencia del tratamiento convencional con la aplicación de la VR? A1, A7, A15, A17, A21, A23, A25, A28, A29, A30.

Identificación de la literatura	Autores	Diseño metodológico	Resultados	Base de datos/ Motores de Búsqueda	Referencia Bibliográficas
A1	Hao J, Xie H, et al. (2021).	Ensayo experimental	La VR tuvo resultados positivos para aquellos pacientes con ictus, puesto que, mejoró la actividad de ciertas regiones frontales del cerebro.	Pubmed	41
A2	Lanzoni D, Vitali A, et al. (2021).	Ensayo experimental	La VR y su relación con el ictus cerebral ha resultado ser una alternativa en la rehabilitación de dicha patología con resultados beneficiosos para el paciente.	Scopus	35
A3	Xiang X, Dongfeng H. (2022).	Ensayo experimental	Este estudio exploró el mecanismo de la VR sobre la función motora en pacientes con ACV.	Science Direct	22
A4	Rosero J, Acuña W, et al. (2022).	Ensayo experimental	Este estudio evaluó la eficacia de la VR con la estimulación eléctrica y rehabilitación convencional (terapia espejo), dando resultados acertados.	Science Direct	12
A5	Rienzo A, Sosa V, et al. (2021).	Revisión sistemática	Se determinó la efectividad con el uso de VR en pacientes con ictus.	I EEE Xplore	13

A6	Guillermo L, Rosas N, et al. (2021).	Estudio transaccional	Este estudio demostró la VR desde una perspectiva fisioterapéutica rehabilitadora mediante entornos sensoriales.	LILACS	21
A7	Maier M, Rubio B, et al. (2020).	Ensayo experimental	Este ensayo probó un programa de rehabilitación relacionados a la VR, cuyo entrenamiento abarca varios dominios cognitivos en pacientes con ACV.	Pubmed	40
A8	Oliveira J, Gamito P, et al. (2020).	Estudio longitudinal	Se plateó un nuevo enfoque de VR ecológico que posea las mismas rutas rehabilitadoras que la terapia convencional, tras un ictus.	Scopus	38
A9	Domínguez P, Moral J, et al (2020).	Revisión sistemática y metaanálisis	Esta revisión sistemática demostró la efectividad de VR en comparación con la terapia convencional, sobre todo en la marcha y equilibrio en pacientes tras un ACV.	LILACS	14
A10	Montalbán M, Arrogante O. (2020).	Revisión bibliográfica	Se evidenció la eficacia de la VR como método terapéutico para la mejora del movimiento tras un ictus.	Science Direct	28

A11	Maseti T, Dias T (2018).	Revisión sistemática	La VR como método de rehabilitación ha sido eficaz para su aplicación en ACV y otras patologías.	Scopus	33
A12	Guillén S , Garzo A , et al (2021).	Estudio longitudinal.	El estudio realizado demostró efectividad de la implementación de VR para pacientes con ictus, además, de ser innovador y fácil de utilizar.	Pubmed	30
A13	Errante A ,Donatella S, et al. (2022).	Ensayo clínico multicéntrico	La aplicación de la VR a un grupo de pacientes que padecen ictus paréntico demostró una mejora psicomotora.	Pubmed	20
A14	Chatterjee K; Buchana A, et al. (2022).	Diseño experimental	Los pacientes con ACV mostraron resultados eficaces; la muestra alude tener mayor aceptación a este tipo de terapia en comparación a la convencional.	IEEE Xplore	37
A15	Aramaki A, Ferreira R, et al. (2019).	Estudio longitudinal.	En un estudio realizado a un grupo de pacientes post-ictus aluden que la VR les motivó a ser partícipes de una rehabilitación continua, es decir, un compromiso con la misma.	Scielo	19
A16	Triandafilou K, Tsoupikova D (2018).	Estudio longitudinal.	La VR aplicada a aquellos pacientes que padecían ACV durante tres	Pubmed	18

			semanas demostraron una mayor eficacia en la parte motora.		
A17	Coronado K, Márquez A, et al. (2021).	Revisión sistemática.	Se evidenció que los pacientes sometidos a VR han demostrado un mejor rendimiento e incremento de motivación en comparación a la terapia convencional, dando lugar a resultados exitosos.	Scielo	34
A18	Voinescu A, Sui J, et al. (2021).	Revisión sistemática	La implementación de VR ha demostrado eficacia en movilidad, equilibrio y función motora en general.	Pubmed	15
A19	Sheenhy L, Hobson A, et al. (2019).	Estudio longitudinal.	El estudio demostró la importancia de la VR en pacientes con ictus, además, el éxito de la misma depende de la terapia intensiva que se la aplique al paciente.	Pubmed	32
A20	Mengyao Z, Junhua W, et al. (2022).	Revisión sistemática	La VR se consideró como una terapia de rehabilitación virtual para los pacientes con ictus.	Science Direct	16
A21	Everard G, Otmene Y, et al. (2020).	Estudio longitudinal	El estudio demostró que los pacientes que padecen una combinación cognitiva de trastornos son excluidos de la VR, aquellos con un	Pubmed	39

			ACV inicial demostraron resultados beneficiosos.		
A22	Vourvopoulos A, Marín O, et al. (2019).	Estudio longitudinal	Los resultados demostraron que, en las sesiones de VR en pacientes con ictus indicaron ciertas molestias como, cinetosis.	Pubmed	23
A23	Song Y, Lee H, et al. (2021).	Estudio longitudinal	La aplicación de VR indicó que los pacientes que padecían ACV mostraron resultados significativos.	Pubmed	36
A24	Díaz I, Torres T, et al. (2018).	Revisión sistemática	En cuanto a la literatura analizada se demostró que la VR es considerada como una terapia innovadora mostrando resultados beneficiosas para el paciente.	Scielo	26
A25	Jonsdottir J, Baglio F, et al. (2021).	Estudio longitudinal	El estudio demostró una mejora significativa en cuanto a la función motora del paciente con ictus, a través, de la rehabilitación con VR.	Pubmed	25
A26	Sánchez V, Albuín V, et al. (2020).	Revisión sistemática	Se recabaron datos mediante una revisión sistemática en donde los pacientes demostraron un avance significativo en habilidad motora	LILACS	17

			tras la aplicación de VR.		
A27	García S, Izquierdo R. (2022).	Revisión sistemática	Los datos recabados indicaron que, aquellos pacientes con rehabilitación de VR tras un ACV obtuvieron resultados acertados en cuanto a función motora.	Science Direct	29
A28	Rodríguez L, Sierra J, et al. (2020).	Estudio longitudinal	Luego del estudio realizado se demostró que la VR aplicada en pacientes con ACV, demostró avances significativos, disminución de cinetosis.	Scopus	31
A29	Demers M, Chan D, et al. (2017).	Estudio transversal	Mediante el estudio realizado se demostró que la aplicación de VR para pacientes con ictus no da lugar a efectos adversos, sin embargo, los participantes experimentaron una breve fatiga ocular.	IEEE Xplore	42
A30	Gaetano T, Morone G, et al. (2018).	Revisión sistemática	Se enfatiza la eficacia y ciertos errores que demanda la aplicación de VR en pacientes diagnosticados con ictus.	Pubmed	43
A31	Ghanuni P, Jarus T, et al. (2017).	Estudio transversal	La aplicación de juegos basados en VR demostraron	IEEE Xplore	24

			efectividad de la función motora y mejora en un estilo de vida, en pacientes con ACV.		
A32	Keime J, Hays B, et al. (2017).	Estudio longitudinal	El estudio realizado demostró un avance neuromotor significativo en los pacientes.	IEEE Xplore	27

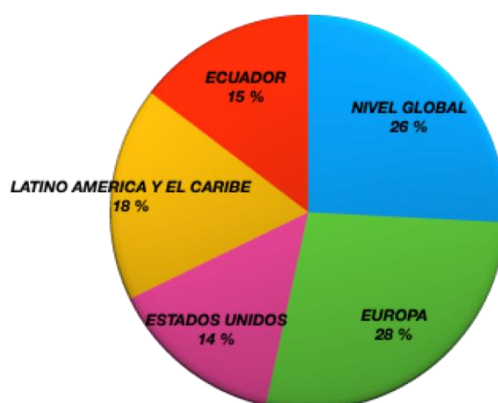
DISCUSIÓN

Índice de prevalencia de ACV.

El ACV, es una de las principales causa de muerte a nivel global (11.59%), según datos recabados por IHME (7), en Europa representa un 12.41%, en Estados Unidos 6.43%, no obstante, más de tres cuartas partes de estas defunciones y discapacidades se producen en países cuyos niveles económicos son medios o mínimos, tal es el caso de Latinoamérica y el Caribe, en donde la tasa de mortalidad es significativa, representada por un 7.88%, y en Ecuador con un 6.58% ([Gráfico 4](#)).

Impacto terapéutico de la VR en ACV.

Para los pacientes post-ictus se han empleado estrategias terapéuticas como lo es la VR que despierta como una nueva visión en la praxis médica, es decir, da lugar a terapias innovadoras (63%) (18–23), dejando lo convencional (37%) ([Gráfica 5](#)) durante el tratamiento del paciente con mencionada patología (24), este tiene la libertad de realizar ciertas actividades de manera autónoma sin dar lugar a la alteración del equilibrio y evitar consecuencias no deseadas. La VR tiene un impacto beneficioso, puesto que, ofrece ciertos escenarios que permiten un avance en la rehabilitación del mismo (17), además, mejora la función motora del paciente, permite la reconstrucción de aquellas vías de conducción nerviosa, así mismo,



impulsa a la motivación del paciente para alcanzar un alto nivel de progreso funcional (25,26).

Gráfico 5. Indicador de la terapia convencional en comparación a la terapia basada en VR.



Limitaciones de la VR en la praxis.

La eficacia de la VR es aún desconocida, siendo un limitante para la aplicación de esta medida terapéutica, también se alude que, al desconocer el área específica del cerebro afectada (26–28) y los déficits cognitivos que presenta el paciente en distintos dominios, no abordan en su totalidad la naturaleza neurológica interrelacionada, además, de afecciones psicológicas luego de padecer ACV son uno de los obstáculos para su aplicación (29,30). Por otro lado, crear espacios virtuales destinados a la terapia de ACV implica un gran coste, por lo que se han propuesto diversas alternativas como los videojuegos (22,24,31).

Pacientes idóneos para terapia con VR.

Esta simulación computarizada crea un entorno capaz de poder interactuar sensorialmente con una realidad alternativa (14,32,33), estimulando el aprendizaje motor y el psicomotor que permiten una mejora significativa, sin embargo, existen algunas limitaciones como se mencionó anteriormente, por lo que, surge la alternativa de buscar elementos que cumplan las mismas características y funcionalidad de los equipos que normalmente se emplearía, es así como surgen videojuegos ([Tabla 2](#)) (31) que en gran parte son aplicados a la clínica para pacientes que padezcan de ACV. Es así como el uso de estos es accesible y no representa una limitación en pacientes, no obstante, es indispensable mencionar que, se obtendría mejores resultados siempre y cuando se realice con constancia y acompañadas de la terapia convencional(32,34,35).

Tabla 2. Videojuegos usados en terapia con VR

Beat Saber
Half-Life: Alyx
The Walking Dead: Saints & Sinners
Star Wars Squadrons
Resident Evil 7 VR
VR Super Sports
Model kit simulator VR

Beneficios de rehabilitación con VR a largo plazo.

El entorno virtual permite desarrollar las capacidades de neuroplasticidad (17,36,37), lo que refiere un avance significativo, ya que, estimula la motricidad y cognitividad (38,39), permitiendo una mejora en la calidad de vida del paciente, logrando que pueda establecer sus propias actividades y posea la destreza de desenvolverse, esto también ayuda a la parte emocional del paciente, pues, mejora considerablemente su autoestima (29,39).

Diferencias de rehabilitación con VR y la terapia convencional.

Los tratamientos para la rehabilitación tras un ictus son muy variados , y su mejora a largo plazo se atribuye a la plasticidad neuronal (19,36,40), fundamentado en el mantenimiento del control motor y entrenamiento volitivo, a través de la inclusión de imágenes y observación-acción (34), no obstante, las terapias convencionales, son muy variables, y van a depender del estado y edad del individuo, para muchos pacientes, estas pueden tornarse tediosa, debido a la repetitividad del entorno y a otros factores como el desplazamiento, repercutiendo de la misma manera la accesibilidad económica y el estatus social (31,41).

El uso de la VR, permite su ejecución en un espacio físico, cómodo, y en uno virtual simpático e idóneo para la gravedad, convirtiéndose estos, en factores desencadenantes de motivación y constancia al momento de aplicar el tratamiento (25,39,42). De esta manera, el uso de VR, ha demostrado efectividad en su aplicación, no obstante, es necesaria la terapia combinada (VR y terapia convencional), pero, muchos de los resultados van a depender de la gravedad del daño a nivel motor, ya que, en el caso de personas con un grado deficiente, su aplicación será desfavorable, causando una disminución en el rango de desplazamiento, además, de presentar dolencias y fatiga (39,42,43).

CONCLUSIONES

Los ACV son una patología que a nivel global va en aumento, por tal razón, se enfatiza en ampliar la visión médica en relación con las medidas terapéuticas tradicionales, se alude que, la VR es un tratamiento innovador actualmente, el mismo que resulta ser menos invasivo, permitiendo que el paciente pueda realizar actividades de manera autónoma sin alterar el equilibrio de este; la eficacia de la VR se desconoce en su totalidad, a causa de escasas investigaciones en ciertos ámbitos, por ejemplo, desconocer el área del cerebro afectado, además afecciones psicológicas post-ictus. Es necesario mencionar que, esta nueva práctica permite desenvolverse en un espacio cómodo; expertos en el tema enfatizan que, el rango de desplazamiento, la zona geográfica, el nivel y estatus económico son limitantes para la aplicación de VR.

Contribución del autor (s)

Martínez C: Coordinador y tutor del proceso de investigación para la realización del artículo científico y aprobación de la versión final.

Campoverde G, Mendoza M, Peñarrieta L, Rodríguez C: Concepción y diseño del autor. Recolección de datos, revisión bibliográfica, escritura.

Información del autor (s)

Martínez C: Docente de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca. Cuenca- Ecuador

Campoverde G, Mendoza M, Peñarrieta L, Rodríguez C. Estudiantes de tercer ciclo de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca. Cuenca- Ecuador

Disponibilidad de datos

Los datos fueron recolectados de revistas y bibliotecas virtuales y está a disposición.

Declaración de intereses

Los autores no reportan conflicto de intereses.

Autorización de publicación

Los autores autorizan su publicación en la revista Ateneo. Los autores enviarán firmado un formulario que será entregado al Editor.

Consentimiento informado

El autor (s) deberán enviar al Editor, el consentimiento informado firmado por el paciente o sus representantes, previo a su publicación, en caso de investigación en seres humanos. Este caso no necesita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Estrategia paso a paso de la OMS para la vigilancia de accidentes cerebrovasculares. 2005. [accessed 20 Jun 2022] Available from: <http://www.who.int/chp/steps/Stroke/en/>
2. World Stroke Organization. Learn About Stroke. 2021. [accessed 21 Jun 2022] Available from: <https://www.world-stroke.org/world-stroke-day-campaign/why-stroke-matters/learn-about-stroke>
3. Sequeiros-Chirinos JM, Alva-Díaz CA, Pacheco-Barrios K, Huaranga-Marcelo J, Huamaní C, Camarena-Flores CE, et al. Diagnóstico y tratamiento

- de la etapa aguda del accidente cerebrovascular isquémico: Guía de práctica clínica del Seguro Social del Perú (EsSalud). *Acta Médica Peruana*. 2020 Mar 31;37(1):54–73. [accessed 29 Jul 2022] Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172020000100054&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Pigretti S, Alet M, Mamani C, Alonzo C, Aguilar M. Consenso sobre accidente cerebrovascular isquémico agudo. *Medicina (Buenos Aires)*. 2019 May;79(2). [accessed 29 Jul 2022] Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802019000400001
 5. Cabero Almenara J, Barroso Osuna J, Puentes Puentes Á, Cruz Pichardo I. Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *Journal of New Approaches in Educational Research*. 2016 Jan 15;6(1):44–50. [accessed 29 Jul 2022] Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412018000400007
 6. Sharaf N, Ahmed G, Ihab S. Virtual/Mixed Reality Control of a Game through Scratch. *Proceedings of the International Conference on Information Visualisation*. 2020 Sep 1;2020-September:689–93. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9373094>
 7. IHME. IHME. [accessed 26 Jul 2022] Available from: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
 8. Charles D, Holmes D, Charles T, McDonough S. Virtual Reality Design for Stroke Rehabilitation. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1235:53–87. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32488636/>
 9. Perez D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2018 Nov 26;15(1). [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30477527/>
 10. J.M I, van de Port I, Punt M, Abbink-van Moorsel PJM, Kortsmits M, van Eijk RPA, et al. Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Phys Ther*. 2021 May 4;101(5). [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33594443/>

11. Palma GC dos S, Freitas TB, Bonuzzi GMG, Soares MAA, Leite PHW, Mazzini NA, et al. Effects of virtual reality for stroke individuals based on the International Classification of Functioning and Health: a systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2017;24(4):269–78. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27796177/>
12. Rosero-Herrera JD, Acuña-Bravo W, Londoño-Prieto J. Propuesta de un sistema con realidad virtual y electroestimulación para tratar el movimiento de dorsiflexión del tobillo: a propósito de un caso. *Fisioterapia.* 2022 May 1;44(3):192–6. [accessed 24 Jul 2022] Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0211563821001152>
13. Rienzo A, Sosa V, Bustamante M, Gastón L. Analysis of kinesiological rehabilitation technologies in patients with stroke vascular. [accessed 24 Jul 2022] Available from: https://www-scopus-com.vpn.ucacue.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85114199135&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=6998211e4dcbc023194a272f2331e254&sot=a&sdt=a&sl=23&s=virtual+reality+and+ACV&relpos=9&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
14. Domínguez-Téllez P, Moral-Muñoz JA, Casado-Fernández E, Salazar A, Lucena-Antón D. Effects of virtual reality on balance and gait in stroke: A systematic review and meta-analysis. *Revista de Neurologia.* 2019;69(6):223–34. [accessed 22 Jul 2022] Available from: <https://www.neurologia.com/articulo/2019063>
15. Voinescu A, Sui J, Stanton Fraser D. Virtual Reality in Neurorehabilitation: An Umbrella Review of Meta-Analyses. *Journal of Clinical Medicine* 2021, Vol 10, Page 1478. 2021 Apr 2;10(7):1478. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://www.mdpi.com/2077-0383/10/7/1478/htm>
16. Mengyao Z, Junhua W, Pengfei Q, Weihua Z. Knowledge graph analysis of virtual reality technology in stroke treatment. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research.* 2022;26(26):4224–33. [accessed 26 Jul 2022] Available from: <https://www.cjter.com/EN/10.12307/2022.828>
17. Sánchez V, Abuín V, Rodríguez I. Motor Learning Principles: A Review Of Their Applications In Stroke Rehabilitation. *Revista Ecuatoriana de Neurología.* 2020;29(3). [accessed 20 Jun 2022] Available from: http://revecuatneurol.com/magazine_issue_article/principios-aprendizaje-

- motor-revision-aplicaciones-rehabilitacion-accidente-cerebrovascular-
motor-learning-principles-review-applications-stroke-rehabilitation/
18. Triandafilou KM, Tsoupikova D, Barry AJ, Thielbar KN, Stoykov N, Kamper DG. Development of a 3D, networked multi-user virtual reality environment for home therapy after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2018 Oct 5;15(1):1–13. [accessed 24 Jul 2022] Available from: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-018-0429-0>
 19. Aramaki AL, Sampaio RF, Cavalcanti A, Dutra FCMSE. Use of client-centered virtual reality in rehabilitation after stroke: a feasibility study. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2019 Sep 23;77(9):622–31. [accessed 22 Jul 2022] Available from: <http://www.scielo.br/j/anp/a/HpDmq79pqL4QFh8GypfDz3s/?lang=en>
 20. Errante A, Saviola D, Cantoni M, Iannuzzelli K, Zicarelli S, Togni F, et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: a randomized clinical trial. *BMC Neurology*. 2021;22:109. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02640-2>
 21. Guillermo L, Suárez M, Felipe N, Jiménez R, Luis J, Romero M, et al. CAPÍTULO I REALIDAD VIRTUAL COMO PLATAFORMA PARA LA REHABILITACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD. [accessed 22 Jul 2022] Available from: https://alinin.org/wp-content/uploads/2021/03/gamificacion_vol_i_cap_i.pdf
 22. Xiang X, Dongfeng H. Chinese Journal of Tissue Engineering Research Virtual reality training improves motor function of the upper limbs in stroke survivors: an evaluation using transcranial magnetic stimulation. [accessed 24 Jul 2022] Available from: www.CJTER.com
 23. Vourvopoulos A, Pardo OM, Lefebvre S, Neureither M, Saldana D, Jahng E, et al. Effects of a Brain-Computer Interface With Virtual Reality (VR) Neurofeedback: A Pilot Study in Chronic Stroke Patients. *Front Hum Neurosci*. 2019 Feb 1;13. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31275126/>
 24. Ghanouni P, Jarus T, Collette D, Pringle R. Using virtual reality gaming platforms to improve balance in rehabilitation of stroke survivors. *International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR*. 2017 Aug 10;2017-

- June. [accessed 29 Jul 2022] Available from:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8007465>
25. Jonsdottir J, Baglio F, Gindri P, Isernia S, Castiglioni C, Gramigna C, et al. Virtual Reality for Motor and Cognitive Rehabilitation From Clinic to Home: A Pilot Feasibility and Efficacy Study for Persons With Chronic Stroke. *Front Neurol*. 2021 Apr 7;12. [accessed 29 Jul 2022] Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33897579/>
26. Díaz IA, Manuel J, Torres T, María J, Rodríguez R. Bibliometric study about virtual reality applied to neurorehabilitation and its presence in scientific literature. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud* . 2018;29(2). [accessed 21 Jun 2022] Available from:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132018000200009
27. Keime J, Hays B, Vazquez A, Mena J, Sauerwald J, Shwket H. Case study of custom virtual reality system for post stroke rehabilitation. *International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR*. 2017 Aug 10;2017-June. [accessed 29 Jul 2022] Available from:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8007483>
28. Montalbán MA, Arrogante O. Rehabilitación mediante terapia de realidad virtual tras un accidente cerebrovascular: una revisión bibliográfica. *Revista Científica de la Sociedad Española de Enfermería Neurológica*. 2020 Jul 1;52:19–27. [accessed 22 Jul 2022] Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2013524620300040?via%3Dihub>
29. García S, Izquierdo R. Effectiveness of virtual reality on activities of daily living after stroke: A systematic review. *Fisioterapia*. 2022; [accessed 27 Jul 2022] Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0211563822000268>
30. Guillén-Climent S, Garzo A, Nieves Muñoz-Alcaraz M, Casado-Adam P, Arcas-Ruiz-Ruano J, Mejías-Ruiz M, et al. A usability study in patients with stroke using MERLIN, a robotic system based on serious games for upper limb rehabilitation in the home setting. *J NeuroEngineering Rehabil*. 2020;18:41. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00837-z>
31. Rodríguez L, Sierra JE, Medina B. Rehabilitation system using virtual reality techniques and video games to improve postural control in people with

- acquired brain injury. *Espacios*. 2020;41(32). [accessed 22 Jul 2022]
Available from: <https://xajzkjdx.cn/gallery/87-june2020.pdf>
32. Sheehy L, Taillon-Hobson A, Sveistrup H, Bilodeau M, Yang C, Welch V, et al. Home-based virtual reality training after discharge from hospital-based stroke rehabilitation: A parallel randomized feasibility trial. *Trials*. 2019 Jun 7;20(1):1–9. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13063-019-3438-9>
33. Massetti T, da Silva TD, Crocetta TB, Guarnieri R, de Freitas BL, Bianchi Lopes P, et al. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *J Cent Nerv Syst Dis*. 2018 Nov 27;10:1179573518813541. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30515028>
34. Coronado-Ahumada KJ, Están-Márquez AF, Natera-Panza B, Lara RA de la H, Salas-Viloria KE, Coronado-Ahumada KJ, et al. El Valor Agregado de la Realidad Virtual en Tratamientos de Rehabilitación Muscular. Revisión de Literatura. *Revista Lasallista de Investigación*. 2021;18(2):239–57. [accessed 24 Jul 2022] Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492021000200239&lng=en&nrm=iso&tlng=es
35. Lanzoni D, Vitali A, Regazzoni D, Rizzi C. Design of Customized Virtual Reality Serious Games for the Cognitive Rehabilitation of Retrograde Amnesia After Brain Stroke. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. 2022;22(3). [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://asmedigitalcollection.asme.org/computingengineering/article-abstract/22/3/031009/1129047/Design-of-Customized-Virtual-Reality-Serious-Games?redirectedFrom=fulltext>
36. Song Y-H, Lee H-M, Ploughman M, Chaves A. Effect of Immersive Virtual Reality-Based Bilateral Arm Training in Patients with Chronic Stroke. *Brain Sciences* 2021, Vol 11, Page 1032. 2021 Aug 3;11(8):1032. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3425/11/8/1032/htm>
37. Chatterjee K, Buchanan A, Cottrell K, Hughes S, Day TW, John NW. Immersive Virtual Reality for the Cognitive Rehabilitation of Stroke Survivors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2022;30:719–28. [accessed 22 Jul 2022] Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9732984>

38. Oliveira J, Gamito P, Lopes B, Silva AR, Galhordas J, Pereira E, et al. Computerized cognitive training using virtual reality on everyday life activities for patients recovering from stroke. <https://doi.org/10.1080/1748310720201749891>. 2020; [accessed 22 Jul 2022] Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17483107.2020.1749891>
39. Everard G, Otmane-Tolba Y, Rosselli Z, Pellissier T, Ajana K, Dehem S, et al. Concurrent validity of an immersive virtual reality version of the Box and Block Test to assess manual dexterity among patients with stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2022 Dec 1;19(1):1–11. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-022-00981-0>
40. Maier M, Ballester BR, Leiva Bañuelos N, Duarte Oller E, Verschure PFMJ. Adaptive conjunctive cognitive training (ACCT) in virtual reality for chronic stroke patients: a randomized controlled pilot trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020 Mar 6;17(1). [accessed 22 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32143674/>
41. Hao J, Xie H, Harp K, Chen Z, Siu K-C. Effects of Virtual Reality Intervention on Neural Plasticity in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2022;103(3):523–41. [accessed 27 Jul 2022] Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34352269/>
42. Demers M, Kong DCC, Levin MF. Acceptability of using a Kinect-based virtual reality intervention to remediate arm motor impairments in subacute stroke. *International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR*. 2017 Aug 10;2017-June. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8007496>
43. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. <https://doi.org/10.1080/1743444020181425613>. 2018 Feb 1;15(2):107–17. [accessed 29 Jul 2022] Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17434440.2018.1425613>