

Artículos

Efecto de un entrenamiento con realidad virtual sobre la movilidad articular y la fuerza muscular de miembros superiores en adultos mayores saludables

Effect of virtual reality training on joint mobility and muscle strength of upper limbs in healthy older adults

María Magdalena Rosado Alvarez ¹; Patricio Rodrigo Navarrete Freire ²; José Luis Hidalgo Torres ³ & Marisol Massiel Miranda Torres ⁴

María Magdalena Rosado Alvarez
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Ecuador
maria.rosado03@cu.ucsg.edu.ec
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2519-4780>

Patricio Rodrigo Navarrete Freire
Universidad de Guayaquil
patricio.navarretef@ug.edu.ec
ORCID <https://orcid.org/0009-0008-5501-4369>

José Luis Hidalgo Torres
Universidad de Guayaquil
jose.hidalgot@ug.edu.ec
ORCID <https://orcid.org/0009-0000-9022-2173>

Marisol Massiel Miranda Torres
Universidad de Guayaquil
marisol.mirandat@ug.edu.ec
ORCID <https://orcid.org/0009-0002-7096-9709>

RIAF. Revista Internacional de Actividad Física
Universidad de Guayaquil, Ecuador
Periodicidad: Semestral
Vol. 3, núm. 2, 2025
revista.riaf@ug.edu.ec

Recepción: 25 de abril de 2025

Aprobación: 27 de junio de 2025

URL: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/riaf>
DOI: <https://doi.org/10.53591/riaf.v3i2.2312>

Los autores que publican en RIAF conocen y aceptan las siguientes condiciones: Los autores retienen los derechos de copia (copyright) sobre los trabajos, y ceden a RIAF el derecho de la primera publicación del trabajo, bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 que permite a terceros compartir la obra siempre que se indique su autor y su primera publicación esta revista.

Resumen: Introducción: La disminución de la movilidad articular y la pérdida de fuerza muscular en adultos mayores comprometen su funcionalidad y calidad de vida. La realidad virtual (RV), mediante entornos interactivos, se perfila como una alternativa terapéutica eficaz para fomentar el envejecimiento activo.

Objetivo: Analizar el efecto de un programa de entrenamiento con realidad virtual mediante exergames en la movilidad articular y la fuerza muscular de miembros superiores en adultos mayores saludables.

Material y Métodos: Estudio pre-experimental, longitudinal y cuantitativo con 20 adultos mayores (65–80 años) de una institución gerontológica de Guayaquil. La intervención se extendió durante cuatro meses, con sesiones individuales bisemanales de 15 a 20 minutos, utilizando la consola HTC Vive y tres videojuegos terapéuticos: Tilt Brush (movilidad y amplitud), Cyber Pong (coordinación y reflejos) y Xortex (fuerza reactiva y velocidad). Estas actividades fueron diseñadas para estimular precisión, coordinación, agilidad y fuerza mediante movimientos repetitivos y controlados. La fuerza muscular fue evaluada con el Test de Daniels y la movilidad articular con el Test Goniométrico, aplicados antes y después del programa. Se utilizó SPSS v.20.0 y se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Resultados: El 75 % de los participantes alcanzó niveles de fuerza muscular “normal” en ambos brazos tras la intervención. De igual forma, el rango articular mostró mejoras estadísticamente significativas ($p < 0.001$), con predominio de las categorías “normal” y “bueno” en ambas extremidades y desaparición de casos clasificados como “regular”.

Conclusión: La realidad virtual representa una estrategia accesible, eficaz y viable para la promoción de la funcionalidad física en adultos mayores saludables dentro de programas preventivos de salud geriátrica.

Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a RIAF el derecho de publicar el trabajo a través de los canales que considere adecuados. Los autores son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la versión del trabajo publicado en RIAF, haciendo reconocimiento a su publicación en esta revista. Se autoriza a los autores a difundir electrónicamente sus trabajos una vez que sean aceptados para publicación



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Palabras Clave: Realidad virtual, Rehabilitación, Adulto mayor, Movilidad articular, Fuerza muscular

Abstract: Introduction: The decline in joint mobility and loss of muscle strength in older adults compromise their functional capacity and quality of life. Virtual reality (VR), through interactive environments, emerges as an effective therapeutic alternative to promote active aging.

Objective: To analyze the effect of a virtual reality training program using exergames on upper limb joint mobility and muscle strength in healthy older adults.

Materials and Methods: A pre-experimental, longitudinal, and quantitative study was conducted with 20 older adults (aged 65–80) from a gerontological institution in Guayaquil. The intervention lasted four months, with individual sessions held twice a week for 15 to 20 minutes, using the HTC Vive console and three therapeutic video games: Tilt Brush (mobility and range), Cyber Pong (coordination and reflexes), and Xortex (reactive strength and speed).

These activities were designed to stimulate precision, coordination, agility, and strength through repetitive and controlled movements. Muscle strength was assessed using the Daniels Test and joint mobility using the Goniometric Test, both applied before and after the intervention. Data analysis was performed using SPSS v.20.0, applying the Wilcoxon signed-rank test. Results: After the intervention, 75% of participants reached a “normal” level of muscle strength in both arms. Likewise, joint mobility showed statistically significant improvements ($p < 0.001$), with most participants classified as “normal” or “good,” and elimination of those in the “regular” category.

Conclusion: Virtual reality is a feasible, effective, and accessible strategy to promote physical functionality in healthy older adults within preventive geriatric health programs.

Words key: Virtual reality, Rehabilitation, Aged, Joint mobility, Muscle strength

Introducción

La disminución de la movilidad articular en los adultos mayores representa uno de los desafíos más relevantes para la salud pública contemporánea, no solo por su impacto en la funcionalidad cotidiana, sino también por su relación directa con la pérdida de independencia y calidad de vida. Aunque los cambios fisiológicos asociados al envejecimiento son esperados, su progresión puede ser modulada por intervenciones terapéuticas oportunas. De hecho, se estima que entre un 30 % y 40 % de los adultos mayores presentan limitaciones funcionales en los miembros superiores, afectando actividades tan esenciales como vestirse, alimentarse o alcanzar objetos (Adeniji et al., 2023).

En este escenario, las herramientas digitales interactivas, y particularmente la realidad virtual (RV), han cobrado protagonismo como soluciones no invasivas, accesibles y adaptables a las necesidades individuales. La RV no solo permite simular entornos controlados y seguros para la práctica de movimientos específicos, sino que también estimula el compromiso del usuario mediante retroalimentación sensorial, desafío progresivo y elementos lúdicos que potencian la adherencia (Tuan et al., 2022). Más aún, la integración de plataformas gamificadas ha demostrado resultados alentadores

en la mejora del rango articular y el control motor fino, incluso en poblaciones geriátricas sin diagnósticos neurológicos previos (Ip et al., 2024).

A pesar de estos avances, la mayoría de los estudios existentes se han centrado en la rehabilitación post-accidente cerebrovascular o en pacientes con limitaciones neuromusculares severas, dejando un vacío importante respecto al uso preventivo de la RV en adultos mayores saludables (Pandey & Mandal, 2020). Esta omisión es significativa si se considera que el envejecimiento activo requiere estrategias que no solo recuperen funciones perdidas, sino que fortalezcan y prolonguen las ya presentes. Intervenciones tempranas podrían reducir la carga funcional en etapas posteriores de la vida y retrasar la necesidad de atención especializada.

Paralelamente, se ha señalado la necesidad de adaptar los programas de entrenamiento virtual a los contextos y capacidades reales de los usuarios. En este sentido, Tuan et al. (2022) destacan la importancia de incorporar ejercicios que respeten los ritmos y patrones motores propios del envejecimiento, mientras que Li et al. (2022) advierten que la intensidad, duración y personalización del entrenamiento son variables clave para alcanzar mejoras clínicamente relevantes. A ello se suma el reto de diseñar intervenciones que puedan ser aplicadas en el hogar, con tecnologías disponibles y un aprendizaje sencillo, sin requerir supervisión continua ni equipamiento sofisticado (Adeniji et al., 2023).

Frente a este panorama, el presente estudio se planteó como objetivo analizar el efecto de un programa de entrenamiento con realidad virtual mediante exergames en la movilidad articular y la fuerza muscular de los miembros superiores en adultos mayores saludables.

Material y Método

Diseño

Se realizó un estudio de tipo pre-experimental, con medición pre y post intervención, y enfoque cuantitativo. Se formuló como hipótesis nula que el programa de entrenamiento con realidad virtual no produce cambios significativos en la movilidad articular ni en la fuerza muscular de los miembros superiores. La hipótesis alternativa plantea que sí existen mejoras funcionales atribuibles a la intervención. Aunque este diseño no incluyó grupo control, permitió explorar los efectos preliminares del programa mediante comparación intraindividual, respaldada por el uso de análisis estadísticos inferenciales adecuados al tipo de datos y tamaño muestral.

Muestra

La población del estudio estuvo conformada por 20 adultos mayores de ambos sexos, pertenecientes a una institución gerontológica privada de la ciudad de Guayaquil-Ecuador, durante el período octubre 2024 a enero 2025. Debido a que el número total de sujetos era reducido, accesible y cumplía con los criterios de inclusión, se decidió trabajar con la totalidad de dicha población, por lo que la muestra coincidió con la población ($N=20$). Esta decisión metodológica justifica el uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia, adecuado cuando se accede directamente a todos los sujetos disponibles en un contexto específico. Se incluyó en el estudio a adultos mayores de entre 65 y 80 años que presentaban alteraciones motoras en los miembros superiores y conservaban la integridad anatómica de sus extremidades. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado por escrito, en conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Se excluyó a personas fuera del rango etario establecido, con limitaciones cognitivas que dificultaran la comprensión de instrucciones, discapacidad visual o que no otorgaron su consentimiento para participar.

Instrumentos

En este estudio se emplearon tres instrumentos principales: la consola de realidad virtual HTC Vive, el test goniométrico y el test de Daniels.

La HTC Vive es un sistema de realidad virtual de alto rendimiento que permite una interacción inmersiva mediante el seguimiento preciso del movimiento corporal en entornos tridimensionales, lo cual la convierte en una herramienta valiosa en contextos terapéuticos y de investigación (Kulozik & Jarrassé, 2024). Esta tecnología facilitó la ejecución de una intervención terapéutica basada en la utilización de tres videojuegos adaptados: Tilt Brush, orientado a mejorar la precisión y la amplitud de movimiento (Tan, Kannis-Dymand, & Jones, 2022); Cyber Pong, centrado en la coordinación y la movilidad articular; y Xortex, enfocado en el desarrollo de la agilidad y la velocidad de reacción (Theofilou et al., 2022). Estos exergames fueron seleccionados por su potencial para estimular funciones motoras como la movilidad, la coordinación, la agilidad y la fuerza muscular en los miembros superiores.

El test goniométrico se aplicó para medir el rango de movimiento articular utilizando un goniómetro estándar, herramienta reconocida por su confiabilidad en estudios de movilidad (Yarin Achachagua et al., 2021). Por su parte, el test de Daniels permitió valorar la fuerza muscular mediante una escala ordinal de 0 a 5, ampliamente utilizada en el ámbito clínico para evaluar el desempeño funcional (FISIOLIVE, 2022).

Procedimiento

El procedimiento se llevó a cabo en las instalaciones de la institución gerontológica privada, en un horario previamente establecido con los participantes.

La intervención consistió en un programa de rehabilitación basado en el uso de realidad virtual, implementado mediante la consola HTC Vive. El programa fue diseñado y supervisado por dos especialistas en actividad física orientada a la rehabilitación funcional, quienes también aplicaron las evaluaciones pre y post tratamiento. Las sesiones se desarrollaron de forma individual, con una frecuencia de dos veces por semana y una duración de 15 a 20 minutos por paciente, durante un periodo de cuatro meses.

Durante cada sesión, los participantes interactuaron con los tres videojuegos seleccionados por sus beneficios terapéuticos. Estos entornos virtuales fueron adaptados a las capacidades funcionales de cada adulto mayor, permitiendo realizar movimientos controlados en un entorno seguro y motivador.

Cada sesión se dividió en tres bloques de aproximadamente 5–7 minutos. Tilt Brush facilitó movimientos amplios del hombro y codo; Cyber Pong promovió la coordinación mano-ojo y velocidad de reacción; Xortex se enfocó en tareas de alcance rápido y fuerza de empuje. Se aumentó progresivamente la dificultad a través del nivel del juego, duración y rapidez de estímulos.

La fuerza muscular fue evaluada mediante el test de Daniels y la movilidad articular mediante el test goniométrico, ambos aplicados antes y después del tratamiento para valorar la progresión funcional. El análisis comparativo de las mediciones iniciales y finales permitió determinar los efectos del programa sobre la fuerza muscular y el rango de movilidad en los miembros superiores.

Análisis de datos

Los datos fueron almacenados en un archivo digital construido sobre Excel para Office de Windows. Se realizó un análisis descriptivo de los resultados, presentando frecuencias absolutas y porcentajes correspondientes a las categorías de valoración de fuerza muscular y rango articular. Dado que las variables analizadas fueron de naturaleza ordinal y se compararon mediciones pre y post intervención en un mismo grupo, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas, con el fin de contrastar los cambios ocurridos tras la intervención. Esta prueba permitió determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Esta elección respondió al hecho de que el tamaño muestral reducido ($N=20$) y la distribución ordinal de los datos no permitían asumir normalidad, lo cual excluye el uso de pruebas paramétricas como la t de Student.

Resultados

La muestra de investigación estuvo constituida por 15 mujeres y 5 varones, lo que representó el 75,0% y 25,0% respectivamente. La edad de los participantes fluctuó entre los 65 y 80 años, con predominio del grupo de 65 a 68 años (40%), seguido por los rangos de 73 a 76 años (35%), 69 a 72 años (15%) y 77 a 80 años (10%).

La Tabla 1 presenta los resultados de fuerza muscular en el miembro superior derecho, evaluada mediante el Test de Daniels antes y después de la intervención con realidad virtual. En la fase preintervención, ningún participante alcanzó la categoría "normal"; el 25 % fue clasificado con fuerza "regular" y el 45 % con fuerza "buena". Tras la intervención, se evidenció una mejora sustancial: el 60 % de las mujeres y el 15 % de los hombres alcanzaron el

nivel "normal", sumando un 75 % del total de participantes. Asimismo, los casos con fuerza "regular" desaparecieron por completo, y el 25 % restante se mantuvo en la categoría "bueno". El análisis estadístico mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas confirmó que la diferencia entre las mediciones pre y post intervención fue estadísticamente significativa ($W = 0.0$, $p = 0.0003$), lo que respalda la efectividad del programa en el fortalecimiento muscular del miembro superior derecho en adultos mayores saludables.

Tabla 1

Fuerza muscular en miembro superior derecho según Test de Daniels (pre y post)

Género	Movimiento	F Test Pre	% Test Pre Muscular	f Test Post	% Test Post Muscular
Hombre	Normal	0	0%	3	15%
	Bueno	2	10%	2	10%
	Regular	3	15%	0	0%
Mujer	Normal	0	0%	12	60%
	Bueno	7	35%	3	15%
	Regular	8	40%	0	0%

Nota. Valores expresados en frecuencia (f) y porcentaje (%). Test de Daniels.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniéndose un resultado significativo: $W = 0.0$, $p = 0.0003$.

La Tabla 2 presenta los resultados de la fuerza muscular del miembro superior izquierdo, evaluados mediante el Test de Daniels antes y después de la intervención con realidad virtual. En la fase preintervención, ningún participante alcanzó la categoría "normal"; el 75 % se encontraba en las categorías "regular" o "bueno", y solo el 5 % de los hombres fue clasificado como "bueno". Tras la intervención, el 55 % de las mujeres y el 20 % de los hombres alcanzaron la categoría "normal", lo que representa un 75 % del total de participantes. Simultáneamente, desaparecieron los casos clasificados como "regular", mientras que el 25 % restante se

mantuvo en la categoría "bueno". El análisis mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas reveló una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones pre y post intervención ($W = 0.0$, $p = 0.00016$), lo que confirma el efecto positivo del programa de realidad virtual sobre la fuerza muscular del miembro superior izquierdo en adultos mayores saludables.

Tabla 2

Fuerza muscular en miembro superior izquierdo según Test de Daniels (pre y post)

Género	Movimiento	f Test Pre	% Test pre- muscular	f Test Post	% Test Post Muscular
Hombre	Normal	0	0%	4	20%
	Bueno	1	5%	1	5%
	Regular	4	20%	0	0%
Mujer	Normal	0	0%	11	55%
	Bueno	5	25%	4	20%
	Regular	10	50%	0	0%

Nota. Valores expresados en frecuencia (f) y porcentaje (%). Test de Daniels.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniéndose un resultado estadísticamente significativo: $W = 0.0$, $p = 0.00016$.

La Tabla 3 muestra los resultados del rango articular del miembro superior derecho, evaluado mediante el Test Goniométrico antes y después de la intervención. En la evaluación preintervención, ningún participante alcanzó la categoría "normal"; el 75 % se encontraba en los niveles "bueno" (30 %) o "regular" (45 %). Posteriormente, se observó una mejora considerable: el 55 % de los participantes alcanzó el nivel "normal", el 20 % se ubicó en la categoría "bueno" y solo un 5 % permaneció en "regular". La prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas confirmó la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones pre y post intervención

($W = 2.5$, $p = 0.00021$), lo que respalda el efecto positivo del programa de realidad virtual sobre la movilidad articular del miembro superior derecho en adultos mayores saludables.

Tabla 3

Rango articular en miembro superior derecho según Test Goniométrico (pre y post)

Género	Movimiento	f Test Pre	% Test Pre	f Test Post	% Test Post
Hombre	Normal	0	0%	4	20%
	Bueno	0	0%	1	5%
	Regular	5	25%	0	0%
Mujer	Normal	0	0%	11	55%
	Bueno	6	30%	3	15%
	Regular	9	45%	1	5%

Nota. Valores expresados en frecuencia (f) y porcentaje (%). Test Goniométrico.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniéndose un resultado estadísticamente significativo: $W = 2.5$, $p = 0.00021$.

La Tabla 4 presenta los resultados del rango articular del miembro superior izquierdo, evaluado mediante el Test Goniométrico antes y después de la intervención con realidad virtual. En la fase preintervención, ningún participante alcanzó la categoría "normal"; el 50 % fue clasificado como "bueno" y el 25 % como "regular". Tras la intervención, el 75 % de los participantes logró alcanzar la categoría "normal" (50 % mujeres y 25 % hombres), mientras que los niveles "bueno" y "regular" se redujeron a 25 % y 0 %, respectivamente.

La aplicación de la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas confirmó una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones pre y post intervención ($W = 0.0$, $p = 0.00043$), evidenciando una mejora funcional relevante en el rango articular del miembro superior izquierdo tras el uso del programa de realidad virtual en adultos mayores saludables.

Tabla 4

Rango articular en miembro superior izquierdo según Test Goniométrico (prey post)

Género	Movimiento	f	%	f	%
		Test Pre	Test Pre	Test Post	Test Post
Hombre	Normal	0	0%	5	25%
	Bueno	1	5%	0	0%
	Regular	4	20%	0	0%
Mujer	Normal	0	0%	10	50%
	Bueno	10	50%	5	25%
	Regular	5	25%	0	0%

Nota. Valores expresados en frecuencia (f) y porcentaje (%). Test Goniométrico.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniéndose un resultado estadísticamente significativo: $W = 0.0$, $p = 0.00043$.

Estas mejoras funcionales pueden atribuirse a los efectos diferenciados de los juegos utilizados: Tilt Brush facilitó amplitud de movimiento; Cyber Pong favoreció coordinación y control intersegmentario; y Xortex estimuló fuerza reactiva, aportando al incremento de fuerza y movilidad observados.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan con solidez la eficacia de la realidad virtual como herramienta terapéutica para mejorar tanto la fuerza muscular como el rango de movimiento articular en los miembros superiores de adultos mayores. La intervención permitió que el 75 % de los participantes alcanzaran niveles de fuerza “normal” en ambos brazos y que el rango articular mejorara de forma significativa, situándose mayoritariamente en las categorías “normal” y “bueno”. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan el potencial de los exergames y entornos inmersivos en los procesos de rehabilitación motora. Diversos estudios han reportado resultados similares en contextos clínicos. Lv y

Chen (2022) demostraron que la realidad virtual combinada con sistemas inteligentes mejora el rendimiento neuromuscular y promueve un progreso funcional sostenido en adultos mayores. Asimismo, Xiao et al. (2022) desarrollaron un sistema de rehabilitación que incrementó la movilidad articular mediante actividades virtuales dirigidas, subrayando la relevancia de la retroalimentación visual y el enfoque funcional de los ejercicios. En esta misma línea, Fernandes et al. (2025) reportaron efectos positivos en pacientes post-ACV utilizando exergames diseñados para estimular la coordinación y la amplitud de movimiento.

El fortalecimiento muscular observado en este estudio, validado mediante el Test de Daniels, se alinea con lo señalado por Johnson et al. (2020), quienes destacan que los entornos virtuales, al incorporar desafíos dinámicos y repetitivos, favorecen la activación muscular y la neuroplasticidad. Además, el uso de videojuegos enfocados en precisión, coordinación y velocidad de reacción ha demostrado estimular múltiples canales sensoriales, intensificando así el efecto terapéutico (Sun et al., 2024).

Otro aspecto relevante fue la elevada motivación y adherencia generada por la naturaleza lúdica de la intervención. Gueye et al. (2021) destacan que la experiencia inmersiva y la retroalimentación inmediata fomentan un entorno propicio para el aprendizaje motor y la repetición sostenida de ejercicios, elementos clave en la mejora funcional. Esta intervención aprovechó precisamente estos mecanismos para promover el progreso individual, con mejoras consistentes en ambos sexos y extremidades.

La progresión registrada en fuerza y rango articular puede atribuirse a las características específicas de los videojuegos utilizados. Tilt Brush facilitó movimientos amplios y controlados del hombro; Cyber Pong promovió la coordinación intersegmentaria; y Xortex estimuló la velocidad de reacción. Estos

elementos interactivos contribuyeron de forma directa a los logros funcionales observados.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones metodológicas. El tamaño muestral reducido y la ausencia de un grupo control limitan la generalización de los resultados. Además, no se evaluaron variables cognitivas o motivacionales que podrían haber influido en el rendimiento individual. Estas limitaciones han sido también señaladas por autores como Arlati et al. (2022) y Prasomsri et al. (2024), quienes proponen el desarrollo de estudios controlados con evaluaciones multidimensionales.

A futuro, se recomienda ampliar la muestra, implementar seguimientos longitudinales y considerar la incorporación de tecnologías complementarias como retroalimentación haptica o inteligencia artificial adaptativa, que han demostrado mejorar la personalización de los ejercicios (Yao et al., 2021). Asimismo, sería pertinente incluir indicadores de calidad de vida y funcionalidad cotidiana para evaluar de forma integral el impacto del programa en el bienestar de los adultos mayores.

Conclusiones

El programa de realidad virtual permitió que el 75 % de los participantes alcanzara niveles normales de fuerza muscular en ambos miembros superiores y que el rango articular se incrementara significativamente, predominando las categorías “normal” y “bueno” ($p < 0.001$). Estos hallazgos evidencian que la implementación de exergames interactivos es efectiva para mejorar la funcionalidad física en adultos mayores saludables, con potencial de aplicación en contextos preventivos de salud geriátrica. No obstante, deben considerarse limitaciones como el tamaño muestral reducido y la ausencia de grupo control, lo que restringe la generalización de los resultados. Se recomienda replicar el estudio con diseños experimentales más

robustos, mayor seguimiento temporal y evaluación multidimensional del impacto funcional y emocional.

Referencias bibliográficas

- Adeniji, T., Olagbegi, O. M., Nadasan, T., & Dada, O. (2023). Effectiveness of telerehabilitation-based exercises plus transcranial direct current stimulation for stroke rehabilitation among older adults: A scoping review. *Brain Hemorrhages*, 4(3), 136–146.
<https://doi.org/10.1016/j.hest.2022.11.002>
- Arlati, S., Keijsers, N., Paolini, G., Ferrigno, G., & Sacco, M. (2022). Age-related differences in the kinematics of aimed movements in immersive virtual reality: a preliminary study. *2022 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*.
<https://doi.org/10.1109/MeMeA54994.2022.9856412>
- Cyber Pong VR: classic game meets VR in a new and funky way! (s/f). VR Bites.
Recuperado el 19 de abril de 2025, de
<https://vrbites.com/cyber-pong-vr-classic-game-meets-vr-in-a-new-and-funky-way/>
- Fernandes, C. S., Magalhães, B., Gonçalves, F., Lima, A., Silva, M., Moreira, M. T., Santos, C., & Ferreira, S. (2025). Exergames for rehabilitation in stroke survivors: Umbrella review of meta-analyses. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*, 34(1), 108161.
<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.108161>

- FISIOLIVE. (2022). Escala y test de valoración muscular según Daniels & Worthingham's.
<https://www.fisiolive.es/escala-y-test-de-valoracion-muscular-segun-daniels-worthinghams/>
- Gueye, T., Dedkova, M., Rogalewicz, V., Grunerova-Lippertova, M., & Angerova, Y. (2021). Early post-stroke rehabilitation for upper limb motor function using virtual reality and exoskeleton: equally efficient in older patients. *Neurologia i Neurochirurgia Polska*, 55(1), 91–96.
<https://doi.org/10.5603/PJNNS.a2020.0096>
- Ip, W. K., Soar, J., James, C., Wang, Z., & Fong, K. N. K. (2024). Innovative virtual reality (VR) application for preventing of falls among Chinese older adults: A usability and acceptance exploratory study. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2024, 1–11.
<https://doi.org/10.1155/2024/5556767>
- Johnson, L., Bird, M.-L., Muthalib, M., & Teo, W.-P. (2020). An innovative STRoke Interactive Virtual thErapy (STRIVE) online platform for community-dwelling stroke survivors: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(7), 1131–1137.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.03.011>
- Kulozik, J., & Jarrassé, N. (2024). Evaluating the precision of the HTC VIVE Ultimate Tracker with robotic and human movements under varied environmental conditions. En arXiv [cs.RO].
<http://arxiv.org/abs/2409.01947>
- Lv, X., & Chen, H. (2022). Effect of virtual reality combined with intelligent exercise rehabilitation machine on the nursing recovery of lower limb motor function of patients with hypertensive stroke. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 2106836.
<https://doi.org/10.1155/2022/2106836>
- Pandey, R., & Mandal, M. (2020). Robotic intervention for elderly - A rehabilitation aid for better living. En *Intelligent Prasomsri, J., Sakai, K., & Ikeda, Y. (2024). Effectiveness of motor imagery on physical function in patients with stroke: A systematic review. Motor Control*, 28(4), 442–463.
<https://doi.org/10.1123/mc.2023-0045>
- Sun, W., Husain, Z., Crasto, T., Saunders, S., Rahman, F., Pistrutto, S., Omlin, S., Calver, J., Inguino, R., & Quevedo, A. (2024). Exploring the physical, social and educational benefits of virtual reality exergame for people with dementia through co-designing to promote hand hygiene and influenza vaccine uptake. *Gerontechnology: international journal on the fundamental aspects of technology to serve the ageing society*, 23(s), 1–1.
<https://doi.org/10.4017/gt.2024.23.s.1129>
- Tan, J., Kannis-Dymand, L., & Jones, C. (2022). Examining the potential of VR program Tilt Brush in reducing anxiety. *Virtual Reality*, 1–13.
<https://doi.org/10.1007/s10055-022-00711-w>

- Theofilou, G., Ladakis, I., Mavroidi, C., Kilintzis, V., Mirachtis, T., Chouvarda, I., & Kouidi, E. (2022). The effects of a visual stimuli training program on reaction time, cognitive function, and fitness in young soccer players. *Sensors* (Basel, Switzerland), 22(17), 6680. <https://doi.org/10.3390/s22176680>
- Tuan, S.-H., Chang, L.-H., Sun, S.-F., Lin, K.-L., & Tsai, Y.-J. (2022). Using exergame-based exercise to prevent and postpone the loss of muscle mass, muscle strength, cognition, and functional performance among elders in rural long-term care facilities: A protocol for a randomized controlled trial. *Frontiers in Medicine*, 9, 1071409. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1071409>
- World medical association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. (2013). *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 310(20), 2191. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Xiao, B., Chen, L., Zhang, X., Li, Z., Liu, X., Wu, X., & Hou, W. (2022). Design of a virtual reality rehabilitation system for upper limbs that inhibits compensatory movement. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 13(100110), 100110. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100110>
- Yao, K., Wong, K. K., Yu, X., Volpi, J., & Wong, S. T. C. (2021). An intelligent augmented lifelike avatar app for virtual physical examination of suspected strokes. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2021, 1727–1730. <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629720>
- Yarin Achachagua, A. J., Saravia Saucedo, P., Coveñas Lalupú, J., Esenarro Vargas, D., & Tafur Anzualdo, V. I. (2021). Confiabilidad test-retest de goniometría estándar y G-pro smartphone en el movimiento flexo-extensión del hombro. *Rehabilitación* (Madrid. Internet), 55(3), 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2020.11.003>