Realidad virtual y supervisión profesional: efectos en la movilidad articular y el equilibrio de adultos mayores masculinos

Virtual reality and professional supervision: effects on joint mobility and balance in elderly males

Autores

Lorena Paola Ramírez-Moran [1]
Juliana Karina Zapa-Cedeño [1]
Cristhian Javier Hidalgo Arce [1]
Gabriel José Suárez-Lima [1]
Manuel Gutiérrez Cruz [2]

[1] Universidad Estatal de Milagro (Ecuador)
[2] Universidad de Guayaquil (Ecuador)

Autor de correspondencia:
Lorena Paola Ramírez-Moran
lramirezm2@unemi.edu.ec

Cómo citar en APA

Ramírez-Moran, L. P., Zapa-Cedeño, J. K., Hidalgo Arce, C. J., Suárez-Lima, G. J., & Gutiérrez Cruz, M. (2025). Realidad virtual y supervisión profesional: efectos en la movilidad articular y el equilibrio de adultos mayores masculinos. *Retos, 70*, 575–587. https://doi.org/10.47197/retos.v70.114437

Resumen

Introducción: La realidad virtual (RV) es una tecnología que permite la interacción de usuarios en entorno digitales, simulando situaciones reales que generan experiencias nuevas ofreciendo una inmersión total en la actividad, mientras que la supervisión profesional se refiere al acompañamiento de especialistas para ejecutar y adaptar intervenciones individualmente. La implementación conjunta pudiera tener beneficios sustanciales en el área funcional.
Objetivo: Valorar los efectos de la realidad virtual más la supervisión profesional en la movilidad articular y el equilibrio muscular en adultos mayores masculinos frente a una intervención similar pero tradicional con supervisión profesional.
Metodología: Investigación cuasiexperimental, estudiando una muestra suficiente de adultos mayores (n=64; 63-65 años; Masculino), al aplicar al grupo experimental durante ocho semanas una intervención con RV y supervisión profesional (n=32), la cual consta de tres fases de intervención para ser comparada con una intervención similar pero tradicional con supervisión profesional (Grupo Control: n=32).
Resultados: Todos los indicadores estudiados fueron superiores en el grupo experimental ($p<0.05$), que incluye movilidad, equilibrio, y estabilidad asociados con menor riesgo de caídas, además de mejorar significativamente indicadores como Presión Arterial (↓4.7%), Frecuencia Cardíaca (↓4.7%), y Saturación de Oxigeno (↑1.8%), mientras que la satisfacción fue mayor en el grupo experimental (4.7 vs. 3.8).
Conclusiones: Se evidencia que la realidad virtual y la supervisión profesional puede mejorar la movilidad y el equilibrio en adultos mayores del género masculino. Sin embargo, es necesario seguir investigando para optimizar su aplicación y maximizar sus beneficios a largo plazo.

Palabras clave

Realdad Virtual; movilidad articular; equilibrio; adultos mayores.

Abstract

Introduction: Virtual reality (VR) is a technology that allows users to interact in digital environments, simulating real-life situations that generate new experiences and provide full immersion in the activity. Meanwhile, professional supervision refers to the guidance of specialists in executing and individually adapting interventions. The combined implementation of both approaches may yield substantial benefits in the functional domain.
Objective: To assess the effects of virtual reality combined with professional supervision on joint mobility and muscular balance in older male adults, compared to a similar but traditional intervention with professional supervision.
Methods: A quasi-experimental study was conducted with a sufficient sample of older adults (n=64; 63–65 years old; male). The experimental group (n=32) underwent an eight-week intervention involving virtual reality (VR) with professional supervision, structured into three intervention phases. This was compared to a control group (n=32) that received a similar but traditional intervention with professional supervision.
Results: All studied indicators were significantly higher in the experimental group ($p < 0.05$), including mobility, balance, and stability, which were associated with a reduced risk of falls. Additionally, significant improvements were observed in Blood Pressure (↓4.7%), Heart Rate (↓4.7%), and Oxygen Saturation (↑1.8%). Participant satisfaction levels were also higher in the experimental group (4.7 vs. 3.8).
Conclusions: The findings suggest that virtual reality combined with professional supervision can enhance mobility and balance in older male adults. However, further research is necessary to optimize its application and maximize its long-term benefits. Write in the third person and past tense, except for the concluding sentence. Be clear and descriptive, and do not exceed 250 words. Avoid abbreviations, references to the main text, footnotes, or bibliographical citations.

Keywords

Virtual Reality; joint mobility; balance; older adults.

Introducción

La realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta innovadora en el campo de la salud y la rehabilitación, (Moran et al., 2024; Dávila-Morán, 2024; Prieto et al., 2021) ofreciendo nuevas posibilidades para la mejora de la motricidad en general, incluyendo habilidades manuales propias de la motricidad fina y las destrezas perceptivo/visuales en pacientes con diferentes padecimientos originado por disímiles causas. (Castaño et al., 2023; Vogt et al., 2019) Con el envejecimiento de la población mundial, se ha vuelto crucial encontrar estrategias efectivas para mitigar los efectos del deterioro físico y mejorar la calidad de vida de esta población. (Mera et al., 2018; Salazar & Morales, 2018) En este contexto, la RV se presenta como una opción prometedora que combina estimulación cognitiva, motivación y ejercicio físico de manera interactiva, (Mouatt et al., 2020; Hassandra et al., 2021; Qian et al., 2020) la cual posee un papel relativamente destacado en la mejora de los resultados del estado de salud en adultos mayores, tal y como especifica Dermody et al. (2020).

El envejecimiento conlleva una reducción progresiva de la flexibilidad y la movilidad articular, (Baeza et al., 2009) lo que puede limitar la independencia funcional de los adultos mayores. Las nuevas tecnologías que incluye la RV ofrece programas de ejercicios diseñados específicamente para mejorar la amplitud de movimiento en articulaciones clave, como las rodillas, los hombros y las caderas, (Sagarra-Romero et al., 2017; Stanica et al., 2020; Ehioghae et al., 2024) e incluye mejoras en aspectos psicológicos como ansiedad, depresión, y bienestar general en adultos mayores. (Ke et al., 2025) A través de escenarios virtuales inmersivos, los usuarios pueden realizar actividades dinámicas que estimulan la movilidad sin necesidad de someterse a sesiones de ejercicio tradicional, las cuales pueden resultar monótonas o difíciles de mantener.

Diversos estudios han demostrado que la práctica de ejercicios alternativos de fuerza mediante RV favorece la adhesión al tratamiento y reduce el dolor asociado a enfermedades articulares como la osteoartritis. (Byra & Czernicki, 2020; Wei et al., 2024) Además, la retroalimentación visual y auditiva que proporciona la RV permite corregir la postura y mejorar la ejecución de los movimientos en términos de marcha y movilidad, (Lee et al., 2024) incluso en pacientes con discapacidades motoras, a través de la generación de ambientes inmersivos y personalizados que potencian la motivación del paciente y ofrece incluso información exacta sobre su evolución, (Dávila-Morán, 2024) lo que contribuye a una mejor recuperación y mantenimiento de la movilidad, lo que refuerza la utilidad de RV como intervención durable para adultos mayores. (Wang, 2023; Ren et al., 2023)

El equilibrio es otro aspecto crucial en la salud de los adultos mayores, (Rose, 2014) ya que su deterioro aumenta el riesgo de caídas, lo cual provoca numerosos impactos sociales, (Martínez González et al., 2020) siendo una de las principales causas de discapacidad en esta población. La RV incorpora ejercicios que desafían y mejoran la estabilidad postural mediante el uso de entornos controlados, (Brachman et al., 2021; Uğur & Sertel, 2020) donde los pacientes pueden practicar ajustes de equilibrio sin el riesgo de caídas reales.

Algunos programas de RV incluyen simulaciones de caminatas, cambios de dirección y tareas de doble estímulo, que combinan la movilidad con el procesamiento cognitivo. (Dávila-Morán, 2024; Mouatt et al., 2020) Estas actividades ayudan a fortalecer la conexión entre el sistema nervioso central y la respuesta motora, promoviendo una mejor coordinación y tiempo de reacción ante desequilibrios inesperados comunes en la locomoción humana.

Los estudios han indicado que los adultos mayores que participan en sesiones regulares de entrenamiento con RV muestran mejoras significativas en pruebas de equilibrio estático y dinámico. (Kamińska et al., 2018) Esto se traduce en una mayor confianza al realizar actividades diarias, lo que reduce la probabilidad de caídas y sus consecuencias negativas, tal y como se evidencia en Sadeghi et al. (2021)

A pesar de sus beneficios, la implementación de la RV en la rehabilitación de adultos mayores presenta ciertos desafíos. Uno de los principales obstáculos es la adaptación tecnológica, ya que algunos usuarios pueden experimentar dificultades en el uso de dispositivos de RV debido a la falta de familiaridad con la tecnología en comparación con sujetos más jóvenes. (Kruse et al., 2022) Asimismo, algunos sistemas de RV pueden provocar mareos o fatiga visual, lo que requiere una supervisión adecuada y la adaptación gradual a los entornos virtuales. (Lee et al., 2021)

Otro factor a considerar es el costo de los equipos y programas de RV, que puede ser una barrera para su acceso en centros de rehabilitación y hogares con énfasis en países con pocos recursos como es el caso del Ecuador, aunque algunos estudios como el de Syed-Abdul et al. (2019) evidencia que las personas mayores poseen percepciones positivas hacia la aceptación y uso de la RV como un soporte para mejorar el envejecimiento activo. Sin embargo, con el avance de la tecnología y la creciente popularidad de la RV, es probable que los costos se reduzcan y la accesibilidad aumente en el futuro, siendo necesario conocer las particularidades socioculturales y económicas de la muestra a intervenir, para medir mejor los efectos específicos de la RV, y en función de ello optimizar la toma de decisiones relacionadas.

Otro aspecto de suma importancia es la asistencia o supervisión profesional en programas de rehabilitación y ejercicio físico, (Snowdon et al., 2020) el cual ha probado ser un elemento crucial para mejorar los resultados funcionales y minimizar problemas relacionados con la reducción de la movilidad, (Courel-Ibáñez et al., 2021) donde un programa supervisado es más eficaz que un no supervisado, tal y como se demuestra en Lacroix et al. (2017), dado que la participación de profesionales capacitados mejora la adherencia y la eficacia de las intervenciones sobre la fuerza, el equilibrio y la marcha. (Cadore et al., 2013; Sadeghi et al., 2021)

Varios estudios han investigado la eficacia de intervenciones dirigidas a potenciar la movilidad articular y el equilibrio en grupos geriátricos, resaltando la importancia de la supervisión profesional para asegurar la seguridad, la adecuada realización de los ejercicios y la adaptación de las estrategias terapéuticas. (Courel-Ibáñez et al., 2021) No obstante, todavía existen cuestionamientos acerca de la intensidad del efecto de esta supervisión en relación con intervenciones autoguiadas o sin ayuda especializada, y más aún si se establece una comparación entre grupos independientes donde en conjunto a las técnicas efectivas de supervisión profesional se aplica RV en comparación a un proceso de intervención tradicional, que según las recomendaciones actuales sobre ejercicio dispuesta en Izquierdo et al. (2021), existen aún vacíos sobre los efectos de nuevas tecnologías como la RV, pues aunque la RV puede mejorar el equilibrio, la movilidad y la función cognitiva, aún se necesitan más estudios con mejor diseño según concluye Dermody et al., (2020).

En función de lo anterior, se ha plateando como propósito de la investigación, valorar los efectos de la realidad virtual más la supervisión profesional en la movilidad articular y el equilibrio muscular en adultos mayores masculinos frente a una intervención similar, pero tradicional con supervisión profesional.

Método

La investigación se clasifica de tipo cuasiexperimental, dado que la muestra estudiada no es representativa de la población ecuatoriana, siendo el control de las variables externas de tipo moderado. En tal sentido, se planteó como hipótesis de la investigación que la aplicación organizada de realidad virtual con asistencia profesional mejora la movilidad articular y el equilibrio en adultos mayores en relación a una muestra intervenida con ejercicios tradicionales y supervisión profesional.

Participantes

La investigación estudió a 64 adultos mayores (n=32 por grupo), siendo una muestra suficiente para una investigación para dos grupos independientes, al tener presente un tamaño medio del efecto (d=0.5), un nivel de significancia estándar (α=0.05), una potencia estadística alta (1-β): 0.80, y una asignación de participantes de tipo “Equitativa” al utilizar un método aleatorio con una función de aleatorización prediseñada en Microsoft Excel. Atendiendo a los criterios de inclusión con posterioridad descritos, se definió el universo (N=78) con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, siendo 64 adultos una muestra representativa del universo.

La investigación previó una posible tasa de abandono (dropout) aproximadamente del 10%, por lo cual adicionalmente se estudió 7 sujetos que abandonaron por diferentes causas la investigación, hasta especificar la muestra final antes mencionada.

En la selección de la muestra se tuvo en cuenta los siguientes criterios de inclusión: a) Adultos mayores con una edad promedio entre 63-65 años, género masculino (se busca reducir la variabilidad); b) Adultos mayores clínicamente estables, sin enfermedades agudas en el momento del proceso de interven-

ción; c) Adultos mayores con un nivel de movilidad funcional con capacidad de deambulación independiente; d) Adultos mayores con un índice de masa corporal (IMC) adecuado para la edad y la actividad física a realizar para evitar sesgos por obesidad; e) Ausencia de patologías musculoesqueléticas graves que limiten la movilidad, que incluye no tener alteraciones vestibulares severas que afecten el equilibrio; f) Estado cognitivo adecuado testeado con el Mini-Mental State Examination (MMSE) ≥ 24 puntos, (Molina-Donoso et al., 2023) para descartar deterioro cognitivo severo; g) Adultos mayores con capacidad de comprensión y seguimiento de instrucciones, y agudeza visual y auditiva suficiente para interactuar con el entorno virtual sin antecedentes de ciberenfermedad severa (con o sin uso de gafas/audífonos correctivos); h) Rendimiento similar en los test utilizados para establecer homogeneidad en términos de rendimiento en movilidad articular y equilibrio; i) Interés para participar en la investigación, consentimiento informado y autorización médica en caso de tener antecedentes de enfermedades crónicas controladas. .

Procedimiento

Los siguientes procedimientos son aplicables para el grupo experimental (Grupo 2), y tiene por objetivo general: Evaluar los efectos de un programa basado en realidad virtual (RV) con supervisión profesional sobre la movilidad articular y el equilibrio muscular en adultos mayores. Duración de la intervención: 8 microciclos o semanas de tratamiento con una frecuencia de 3 sesiones por semana, con una duración entre 40-60min.

Equipamiento utilizado:

1) Gafas de Realidad Virtual (Oculus Quest 2, HTC Vive, u otra plataforma equivalente): Para la simulación de ejercicios de movilidad y equilibrio. (GRV)

2) Software de VR (Ej.: VIRTUS Balance, VRHealth, REACT VR): Programas específicos para entrenamiento de equilibrio y movilidad articular. (SVR)

3) Sensores de movimiento (Kinect, Vicon, o sensores inerciales IMU): Para el registro y análisis del movimiento articular. (SM)

4) Plataforma de equilibrio (Ej.: Wii Balance Board, Biodex Balance System): Para la evaluación y entrenamiento del equilibrio postural. (PE)

5) Cronómetro o App de temporización: Para el control de tiempo de ejercicios. (CAT)

6) Esfigmomanómetro y oxímetro de pulso: Para el monitoreo de constantes vitales. (EO)

Las fases de la intervención incluyen un procedimiento general de intervención descrito a continuación:

- Fase 1: Diagnóstico inicial (Microciclo 1), cuyo objetivo es obtener valores preliminares de movilidad y equilibrio, e incluye las siguientes pruebas de valoración del rendimiento: Timed Up and Go (TUG); (Podsiadlo & Richardson, 1991) Test de Alcance Funcional; (Duncan et al., 1990) Escala de Berg; (Berg, 1992) Goniometría; (Norkin & White, 2016) Evaluación con plataforma de equilibrio para análisis postural; (Iverson et al., 2008) Registro de signos vitales; (Perloff et al., 1993) y encuesta final de satisfacción y tolerancia al uso de la realidad virtual en los adultos mayores. (Skarbez et al., 2020)
- Fase 2: Plan de intervención (Microciclo 2-7), cuyo objetivo es potenciar la movilidad articular y el equilibrio mediante un programa progresivo de entrenamiento con realidad virtual y asistencia o supervisión profesional intensiva, e incluye las siguientes acciones de intervención:
  - Movimientos básicos en RV (alcance de objetos virtuales, coordinación mano-ojo, posturas estables; 40min). Equipamiento: GRV, SRV, SM
  - Juegos de equilibrio con desplazamientos suaves (desafíos de estabilidad en entornos simulados; 45min). Equipamiento: GRV, PE
  - Ejercicios de movilidad articular progresivos (rotaciones de hombro, cadera, rodilla) con feedback en RV; 50min. Equipamiento: GRV, SM, SVR
  - Simulación de marcha y cambios de dirección en entorno RV (50min). Equipamiento: GRV, SM, PE

- Desafíos posturales avanzados con multitarea (ejercicio con estímulos visuales y auditivos; 55min). Equipamiento: GRV, SVR, CAT
- Circuito combinado: movilidad, equilibrio y coordinación en realidad virtual (60 min). Equipamiento: GRV, SVR, SM, PE

Toda sesión incluye calentamiento general y especial (10min; Equipamiento: CAT, Supervisión profesional directa) que contiene movilidad articular especializada para adultos mayores, y ejercicios de respiración. Los ejercicios principales que se implementan con RV tienen una duración entre 20-40min atendiendo al tipo de semana de intervención, así como se incluyó una parte de conclusión o vuelta a la calma (enfriamiento) de 10min aproximadamente, que incluyó estiramientos, y control de signos vitales (Equipamiento: EO).

- Fase 3: Evaluación Final (Microciclo 8), cuyo objetivo es obtener valores finales de movilidad y equilibrio, e incluyó las mismas pruebas de valoración de la fase 1, y adicionalmente un análisis comparativo con los datos obtenidos del pre y postest, así como una encuesta de satisfacción y tolerancia al uso de la realidad virtual en los adultos mayores intervenidos.

Adicionalmente, se han considerado algunas condiciones éticas y de seguridad como parte de la supervisión continua profesional, como supervisar a los participantes en todo momento para evitar mareos, fatiga o caídas (incluye sesiones breves y progresivas, entornos virtuales simples, pausas activas, evaluación previa de tolerancia RV, soporte físico, entrenamiento previo en el uso de los equipos de RV, retroalimentación), y un monitoreo constante de signos vitales antes y después de cada sesión implementada, lo cual permite cambios constantes del proceso de intervención en función de las necesidades individuales de la muestra intervenida.

Los siguientes procedimientos son aplicables para el grupo control (Grupo 1), al seguir un protocolo de intervención similar al del grupo experimental en términos de supervisión profesional y ejercicios de similar impacto físico, pero sin el uso de RV. Duración de la intervención: 8 microciclos o semanas de tratamiento con una frecuencia de 3 sesiones por semana, con una duración entre 45-60min. Los procedimientos utilizados son los siguientes:

- Fase 1: Diagnóstico inicial (Microciclo 1), cuyo objetivo es obtener valores preliminares de movilidad y equilibrio, aplicando las pruebas de valoración antes descritas para la intervención con el grupo experimental.
- Fase 2: Plan de intervención (Microciclo 2-7), cuyo objetivo es proporcionar un programa de ejercicios tradicionales sin RV para comparar con el grupo experimental, e incluye las siguientes acciones de intervención:
  - Enfoque en movilidad articular, equilibrio y fortalecimiento.
  - Calentamiento que incluye: Movilidad articular (Movimientos circulares de tobillos, rodillas y caderas; 10min).
  - Ejercicios de Equilibrio que incluye: Bipedestación sobre una pierna (Mantenerse sobre un pie por 10-15s; 10min).
  - Ejercicios de fortalecimiento que incluye: Sentadillas asistidas (Uso de silla para mejorar fuerza en piernas; 10min). También incluye: Elevación de talones (Fortalecimiento de pantorrillas; 5min).
  - Enfriamiento que incluye: Estiramientos pasivos (Estiramientos de piernas y espalda baja; 10min).
- Fase 3: Evaluación Final (Microciclo 8), cuyo objetivo es comparar los resultados después de la intervención con el grupo experimental, e incluyó las mismas pruebas de valoración de la fase 1.

Las diferencias sustanciales con el programa de intervención con RV es que, en lugar de interactuar con el entorno virtual, los ejercicios son guiados por un terapeuta y entrenador certificado en un espacio físico sin el uso de tecnología inmersiva (supervisión profesional). Por otra parte, como acciones comunes de intervención para cada grupo independiente se tiene en cuenta lo siguiente:

a) En ambos grupos se implementa una supervisión personalizada, donde el entrenador/fisioterapeuta adapta los estímulos físicos en tiempo real según las necesidades de adulto mayor intervenido; b) Se realiza una corrección manual y táctil que permite ajustes posturales y correcciones que pueden mejorar la biomecánica de los movimientos; c) Se tiene en cuenta un control de las variables fisiológicas monitoreando constantemente los signos vitales y la fatiga para evitar lesiones de tipo mecánicas o por caídas y sobrecargas físicas; d) Con los participantes (especialistas y adultos mayores intervenidos) se mantuvo una estrategia de cegamiento para evitar sesgo, igualmente los evaluadores fueron ciegos a la condición de los participantes.

Todo el proceso de intervención fue realizado en las áreas especializadas del Centro Gerontológico el Buen Vivir, Cantón Milagro, Provincia del Guayas, en el centro-sur de la Región Litoral de la República del Ecuador, y ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Estatal de Milagro (Resolución OCAS-SE-6-2022-N°4).

Instrumento

Independientemente del equipamiento utilizado antes descrito, los instrumentos utilizados para medir las variables dependientes de movilidad, equilibrio entre otras, se describen metodológicamente en el presente subapartado:

1) Timed Up and Go (TUG): Para evaluar la movilidad funcional, equilibrio dinámico y riesgo de caídas en adultos mayores. Material: Silla con respaldo (altura estándar: 46 cm); Cronómetro, y Espacio de 3 metros con una marca en el suelo. Metodología: El participante se sienta con la espalda apoyada en la silla; A la señal del evaluador, se levanta, camina 3 metros a paso normal, gira, regresa y se sienta nuevamente; Se registra el tiempo total en segundos. Interpretación: <10 s: Independencia en movilidad; 10-20 s: Movilidad normal para adultos mayores; >20 s: Riesgo de caídas y movilidad reducida.

2) Test de Alcance Funcional (Functional Reach Test - FRT): Para evaluar el control postural y el equilibrio en bipedestación. Material: Cinta métrica adherida a la pared. Metodología: El participante se coloca de pie, con el brazo dominante extendido al frente (a 90° de flexión); Desde esta posición, avanza el brazo hacia adelante sin mover los pies; Se mide la distancia máxima alcanzada sin perder el equilibrio; Se registran tres intentos y se registra el valor medio. Interpretación: >25 cm: Bajo riesgo de caídas; 15-25 cm: Riesgo moderado de caídas; <15 cm: Alto riesgo de caídas.

3) Escala de Berg: Para valorar el equilibrio estático y dinámico prediciendo el riesgo de caídas. Material: Cronómetro; silla; escalón; regla o cinta métrica. Metodología: Se registran 14 ítems que incluyen actividades como: Mantenerse de pie y sentado sin apoyo; Levantarse de una silla sin ayuda; Alcanzar un objeto adelante; Girar 360°; Pararse sobre un solo pie. Interpretación: Cada ítem se puntúa de 0-4 según el desempeño (Puntaje Máximo: 56puntos); 41-56 puntos: Bajo riesgo de caídas; 21-40 puntos: Riesgo moderado de caídas; <20 puntos: Alto riesgo de caídas.

4) Goniometría: Medir los rangos de movimiento articular de extremidades superiores e inferiores. Material: Goniómetro universal (metálico). Metodología: Colocar al participante en una posición estándar según la articulación a evaluar; Ubicar el eje del goniómetro sobre el centro de la articulación; Alinear los brazos del goniómetro con los segmentos óseos correspondientes; Pedir al participante que realice el movimiento (flexión, extensión, abducción, etc.); Registrar el ángulo alcanzado. Interpretación: Rodilla: Flexión 120°-140°, extensión 0°-10°; Cadera: Flexión 100°-120°, extensión 10°-30°; Hombro: Flexión 150°-180°, extensión 40°-60°.

5) Evaluación con plataforma de equilibrio para análisis postural. Medir estabilidad postural y control del equilibrio. Material: Plataforma de equilibrio (Biodex Balance System). Metodología: El adulto mayor se coloca de pie sobre la plataforma; Se realizan diferentes condiciones de prueba (Ojos abiertos/cerrados; Apoyo bipodal/unipodal); Se registran parámetros biomecánicos (Centro de presión; Estabilidad postural; Oscilaciones laterales/anterior-posterior).

6) Registro de signos vitales. Monitorear parámetros fisiológicos antes y después de la intervención. Signos medidos: Frecuencia cardíaca (FC) con oxímetro/pulsómetro; Presión arterial (PA) con esfigmomanómetro; Saturación de oxígeno (SpO2) con oxímetro de pulso.

7) Encuesta final de satisfacción y tolerancia al uso de la realidad virtual en los adultos mayores (Exclusivo para el Grupo Experimental). Evaluar la experiencia, tolerancia y percepción de los adultos mayores sobre el uso de realidad virtual. Aspectos a evaluar: Nivel de comodidad durante la sesión (Escala Likert 1-5, mayor puntaje mayor índice de satisfacción); Presencia de mareos o fatiga visual; Facilidad de uso y comprensión de las instrucciones; Interés en continuar con el programa. Para el grupo de Control la evaluación subjetiva de tolerancia y satisfacción con el programa de entrenamiento tradicional se implementó como argumento comparativo con el grupo experimental.Cuestionario de actividad física

Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), determinando la existencia de una distribución normal, para lo cual se aplicó la Prueba t de Student como estadístico paramétrico aplicado a dos muestras independientes ($p \leq 0.05$), según cálculos realizados con el SPSS v26, con excepción de la encuesta de satisfacción que se aplicó la Prueba de los Rangos con Signos de Wilcoxon al no existir una distribución normal ($p \leq 0.05$). Para establecer un indicador de aleatoriedad para la selección de las muestras, así como para la tabulación de datos y el cálculo de medidas de tendencia central se diseñó diversas tablas dinámicas con funciones preestablecidas en Microsoft Excel 2021. Por otra parte, para determinar sí la muestra utilizada es suficiente, se utilizó el G*Power 3.1 bajo los supuestos descritos en el subapartado de "participantes".

Resultados

En la tabla 1 se tabula los resultados intergrupales en las nueve pruebas de valoración aplicadas en los dos momentos de implementada la propuesta de intervención en los dos grupos independientes, especificando mejoras significativas a favor del grupo 2, donde disminuye el tiempo de respuesta en el TUG en un 22%, indicativo de un menor riesgo de caídas para los adultos mayores del grupo experimental.

Por otra parte, según el Berg Balance Scale (↑11%) y la Plataforma de Equilibrio (↑10.8%) el grupo 1 igualmente mejoró notablemente la movilidad, el equilibrio y la estabilidad en comparación con el grupo de control, reforzado con la prueba FRT al registrase valores más altos en el grupo 2, los cuales están asociados con menor riesgo de caídas, lo que respalda el uso de realidad virtual para mejorar el equilibrio dinámico.

Por otra parte, se demostró igualmente mejoras en la Presión Arterial (4.7%), la Frecuencia Cardíaca (↓4.7%), y la Saturación de Oxigeno (1.8%) al presentarse una mejor eficiencia respiratoria durante la intervención del ejercicio físico implementado con RV, mientras que la satisfacción fue significativamente mayor en el grupo experimental (4.7 vs. 3.8), lo que sugiere que la realidad virtual es bien aceptada por los adultos mayores, con mayor índice de motivación que el presentado por el grupo control luego de finalizar el proceso de intervención. En caso de utilizar tablas y figuras (tabla 1), debe tener en cuenta las siguientes indicaciones.

Tabla 1. Resultados de los tests

Test	Grupo 2: M ± DE	Grupo 1: M ± DE	Diferencia	Correlación
Timed Up and Go (TUG) (s)	9.8 ± 2.1	12.5 ± 2.6	↓22%	($p < 0.05$)
Functional Reach Test-FRT (cm)	27.3 ± 4.5	23.1 ± 5.0	↑18%	($p < 0.05$)
Berg Balance Scale (puntos)	51.7 ± 4.3	46.5 ± 5.2	↑11%	($p < 0.01$)
Goniometría - Flexión Rodilla (°)	125.6 ± 5.4	118.2 ± 6.1	↑6.3%	($p < 0.05$)
Plataforma de Equilibrio - Estabilidad (%)	83.2 ± 6.5	75.1 ± 7.4	↑10.8%	($p < 0.01$)
Frecuencia Cardíaca en Reposo (lpm)	72.1 ± 5.8	75.3 ± 6.2	↓4.2%	($p < 0.05$)
Presión Arterial (PA) (mmHg)	120/78 ± 6.2	126/82 ± 7.1	↓4.7%	($p < 0.05$)
Saturación de Oxígeno (SpO_2) (%)	97.1 ± 1.8	95.4 ± 2.2	↑1.8%	($p < 0.05$)
Encuesta de Satisfacción (1-5)	4.7 ± 0.6	3.8 ± 0.9	↑23.6%	($p < 0.01$)

Discusión

Los hallazgos de esta investigación muestran que la realidad virtual (RV) con supervisión profesional tiene un impacto positivo en la movilidad articular, y el equilibrio muscular que influye en la estabilidad postural en adultos mayores. Los resultados reflejan mejoras significativas en el grupo experimental en comparación con el grupo de control, lo que sugiere que la RV con supervisión puede ser una herramienta efectiva para la rehabilitación y el fortalecimiento motor en esta población, aspectos relacionados con la mejora de la salud física, mental y psicosocial, (Dermody et al., 2020) al relacionarse con aspectos como la estimulación cognitiva, la motivación, el ejercicio físico interactivo, y el mejoramiento en general de indicadores funcionales mencionados como la movilidad y el equilibrio. (Castaño et al., 2023; Vogt et al., 2019; Mouatt et al., 2020; Qian et al., 2020)

Uno de los resultados más relevantes se observa en la prueba Timed Up and Go (TUG), donde el grupo experimental redujo el tiempo promedio en un 22% (9.8 ± 2.1 s) en comparación con el grupo de control (12.5 ± 2.6 s). Esta mejora sugiere una mayor agilidad y velocidad al realizar actividades diarias, disminuyendo el riesgo de caídas. En tal sentido, una revisión sistemática realizada por Corregidor-Sánchez et al. (2021), determinó que en 16 estudios se evidencia que una intervención virtual fue más eficaz para mejorar la movilidad funcional que la ausencia de una intervención, que incluye la resistencia a la deambulación, siendo importante los programas de intervención con 18 sesiones o más, tal y como se implementó en la presente investigación.

En cuanto a la evaluación del Functional Reach Test (FRT), el grupo experimental mejoró su alcance en un 18% respecto al grupo control, alcanzando un promedio de 27.3 ± 4.5 cm, frente a 23.1 ± 5.0 cm en el grupo de control. Esto confirma una mejora en la estabilidad postural y el control del centro de gravedad, lo que es clave para prevenir caídas. (Uğur & Sertel, 2020)

En la Berg Balance Scale, el grupo experimental obtuvo una puntuación promedio de 51.7 ± 4.3 puntos, mientras que el grupo de control obtuvo 46.5 ± 5.2 puntos, reflejando una mejora del 11%. Esto indica un mejor control del equilibrio, permitiendo a los participantes realizar movimientos con mayor seguridad. El aspecto anterior se evidencia con la consulta de otras fuentes primarias de investigación, donde Uğur & Sertel (2020) demostró que el equilibrio, el riesgo de caídas y la velocidad de la marcha se mejoran con aplicaciones de realidad virtual en adultos mayores con algún grado de demencia.

Por otro lado, el uso de RV también mostró efectos positivos en la movilidad articular, según lo evaluado con la goniometría de flexión de rodilla. Los participantes del grupo experimental lograron una media de 125.6 ± 5.4º, en comparación con 118.2 ± 6.1º en el grupo de control, reflejando un aumento del 6.3% en el rango de movimiento, un aspecto que se evidencia en pruebas similares como la escala de equilibrio de Berg, que evidencian índices de estabilidad, distribución del peso, índice del riesgo de caídas e índice de transformaciones de Fourier, que evidencian datos cuantificables que fundamentan, según Ku et al. (2019), que los protocolos de intervención basados en RV pueden mejorar el equilibrio eficazmente en adultos mayores.

En cuanto a la estabilidad postural medida con la Plataforma de Equilibrio, se observó un incremento del 10.8% en el grupo experimental (83.2 ± 6.5%) en comparación con el grupo de control (75.1 ± 7.4%). Esto sugiere que la RV facilita el entrenamiento propioceptivo y mejora la coordinación neuromuscular, que se refleja en un mejor equilibrio y rendimiento físico en el adulto mayor que han tenido entrenamientos con RV. (Phu et al., 2019)

Adicionalmente, los resultados fisiológicos mostraron mejoras en la presión arterial (PA) y la frecuencia cardíaca en reposo (FCR). La PA disminuyó en un 4.7% y la FCR se redujo en un 4.2% en el grupo experimental, lo que indica una mejor adaptación cardiovascular al ejercicio. Finalmente, la saturación de oxígeno (SpO_2) aumentó en un 1.8% en el grupo experimental, sugiriendo una mayor eficiencia respiratoria, datos que concuerdan con la investigación de Micheluzzi et al. (2024).

Además, la satisfacción con la terapia fue significativamente mayor en el grupo experimental (4.7 ± 0.6) en comparación con el grupo control (3.8 ± 0.9), lo que indica una mejor aceptación y adherencia al programa con RV, que aquel que en términos tradicionales suele ser más común en pacientes con necesidades de mejorar sus indicadores funcionales, a pesar de que en ambos programas de intervención existió una supervisión profesional intensiva.

En contraposición al mundo tangible, el mundo virtual tiene la capacidad de ajustarse a las habilidades y requerimientos de cada persona y, por ende, proporciona una amplia adaptabilidad de experiencias y tareas virtuales, incluyendo secuencias de movimientos funcionales requeridos para alcanzar independencia en actividades de la vida cotidiana, aspecto que, unido a una asistencia o supervisión profesional de calidad, puede maximizar los resultados esperados y ser fuente de una mayor motivación para la práctica de estímulos físicos, (Nobari et al., 2021) aspecto que puede potenciarse si el terapeuta/entrenador ocupacional examina y regula todos los componentes virtuales del trabajo, adaptándolos a los requerimientos individuales de cada paciente.

Las competencias del profesional de la salud y la actividad física deben incluir el uso eficiente de las nuevas tecnologías como es el caso de la RV, una supervisión profesional efectiva implica según Snowdon et al. (2020) un desarrollo profesional centrado en el paciente, y habilidades y atributos necesarios para facilitar una relación de supervisión constructiva, relacionada directamente con un entorno intitucional y profesional favorable que desarrolle al profesional competentemente, y ello incluye el diseño de ejercicio físico personalizado para promover y prescribir estrategias efectivas de entrenamiento para el adulto mayor, (Courel-Ibáñez et al., 2021) que deben incluir estímulos para mejorar la movilidad articular y el equilibrio en grupos geriátricos con supervisión profesional de calidad.

Si bien la supervisión profesional asegura una mayor adherencia, correcta ejecución de ejercicios y reducción de riesgo de lesiones, y que la calidad del entrenamiento (más que la cantidad) es crucial para lograr beneficios funcionales en poblaciones adultas, tal y como lo afirma Lacroix et al. (2017), los programas de intervención deben ser individualizados y supervisados, especialmente en personas con limitaciones físicas, que incluyan intervenciones multicomponentes como la fuerza, el equilibrio y la resistencia (Cadore et al., 2013), que sustentadas en nuevas tecnologías como la RV, puede tener efectos óptimos bajo ciertas condiciones, al permitir realizar ejercicios más motivadores, personalizados e interactivos, lo que mejora la adherencia al tratamiento según estableció Corregidor-Sánchez et al. (2020) en su metaanálisis, dado las posibilidades que brinda la RV en términos de inmersión y retroalimentación en tiempo real, que evidencian mejoras en pruebas de valoración como el Timed Up and Go y la Escala de Berg.

A pesar de los resultados positivos, la investigación presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas como el tamaño de la muestra que no es representativo de la población, limitando la generalización de los resultados, el periodo relativamente corto de aplicabilidad puede considerarse una limitación a la sostenibilidad de la intervención en un periodo a largo plazo, y la necesidad de estudiar una muestra más diversa en términos de géneros, rango etario y zonas geográficas. Por otra parte, en términos de factores psicológicos y motivacionales, una mayor motivación pudiera estar asociada a la novedad en el uso de la RV, influenciando significativamente en los resultados en el grupo experimental. Adicionalmente, y aunque uno de los criterios de inclusión se relacionada con el carácter homogéneo de las muestras analizadas, pueden existir diferencias en el estado de salud de cada adulto mayor estudiado, diferencias en su condición física y experiencia previa con tecnología, aspectos que podrían haber afectado la respuesta a la intervención.

Como futuras acciones de trabajo existe la necesidad de establecer comparaciones del posible impacto que podría tener diferentes plataformas RV para determinar cuáles ofrecen mayores beneficios, así como realizar análisis en el impacto de la calidad de vida al evaluar beneficios psicológicos y emocionales de relevancia, tal y como lo considera Corregidor-Sánchez et al. (2020) que incluye la posibilidad de optimizar los protocolos de intervención en términos de duración, intensidad y frecuencia de las sesiones para maximizar los efectos terapéuticos, incluyendo la exploración de otros marcadores de rendimiento como actividad cerebral, respuesta autonómica y biomecánica avanzada para entender mejor los mecanismos de acción de la RV, e incluir las comparaciones pertinentes entre grupos etarios, género y otros estratos de posible importancia para los investigadores, atendiendo a la existencia de investigaciones que indican que para el género femenino no existe diferencias significativas al implementar un entrenamiento propioceptivo convencional y de realidad virtual sobre la funcionalidad y el miedo a las caídas en mujeres mayores, (Mascarenhas et al., 2023) lo que requiere mayores investigaciones comparadas.

Conclusiones

La investigación proporciona evidencia de que la realidad virtual con supervisión profesional puede mejorar la movilidad y el equilibrio en adultos mayores del género masculino, incluyendo otros indicadores de salud como frecuencia cardiaca, presión arterial y saturación de oxígeno, además de evidenciar una aceptable satisfacción sobre su práctica. Sin embargo, es necesario seguir investigando para optimizar su aplicación y maximizar sus beneficios a largo plazo.

Agradecimientos

Al Proyecto de servicio comunitario "Rehabilitación físico/cognitiva para mejorar las capacidades en los adultos mayores del centro gerontológico ¨ el Buen Vivir ¨ del Cantón Milagro, 2024.

Referencias

Baeza, A. C., García-Molina, V. A., & Fernández, M. D. (2009). Fernández, M. D. (2009). Involución de la condición física por el envejecimiento. *Apunts. Medicina de l'Esport, 44* (162), 98-103. https://doi.org/10.1016/S1886-6581(09)70115-X

Berg, K. (1992). Measuring balance in the elderly: Development and validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health= Revue Canadienne de Sante Publique, 83*(Suppl 2), S7-11. Retrieved 28 de Enero de 2025, from https://europepmc.org/article/med/1468055

Brachman, A., Marszałek, W., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Akbaş, A., & Juras, G. (2021). The effects of exergaming training on balance in healthy elderly women—a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4), 1412. https://doi.org/10.3390/ijerph18041412

Byra, J., y Czernicki, K. (2020). The effectiveness of virtual reality rehabilitation in patients with knee and hip osteoarthritis. *Journal of clinical medicine, 9*(8), 2639. https://doi.org/10.3390/jcm9082639

Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation research, 16*(2), 105-114. https://doi.org/10.1089/rej.2012.1397

Carlos Dávila-Morán, R., Salazar Montenegro, J. M., Miguel Chávez-Diaz, J., y Peralta Loayza, E. F. (2024). Usos de la realidad virtual en la rehabilitación física: una revisión sistemática. *Retos, 61*, 1060–1070. https://doi.org/10.47197/retos.v61.110044

Castaño, C. M., Penagos, P., & Jaramillo, B. (2023). Efectividad de la tecnología robótica y la realidad virtual para la rehabilitación de la función motora en la parálisis cerebral. *Revisión sistemática. Rehabilitación, 57*(3), 100752. https://doi.org/10.1016/j.rh.2022.07.001

Corregidor-Sánchez, A. I., Segura-Fragoso, A., Criado-Álvarez, J. J., Rodríguez-Hernández, M., Mohedano-Moriano, A., & Polonio-López, B. (2020). Effectiveness of virtual reality systems to improve the activities of daily life in older people. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(17), 6283. https://doi.org/10.3390/ijerph17176283

Corregidor-Sánchez, A. I., Segura-Fragoso, A., Rodríguez-Hernández, M., Jiménez-Rojas, C., Polonio-López, B., & Criado-Álvarez, J. J. (2021). Effectiveness of virtual reality technology on functional mobility of older adults: systematic review and meta-analysis. *Age and ageing, 50*(2), 370-379. https://doi.org/10.1093/ageing/afaa197

Courel-Ibáñez, J., Pallarés, J. G., García-Conesa, S., Buendía-Romero, Á., Martínez-Cava, A., & Izquierdo, M. (2021). Supervised exercise (Vivifrail) protects institutionalized older adults against severe functional decline after 14 weeks of COVID confinement. *Journal of the American Medical Directors Association, 22*(1), 217-219. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.11.007

Dávila-Morán, R. C. (2024). La rehabilitación física y sus avances con realidad virtual: una revisión sistemática (Physical rehabilitation and its advances with virtual reality: a systematic review). *Retos, 60*, 467-476. https://doi.org/10.47197/retos.v60.109195

Dermody, G., Whitehead, L., Wilson, G., & Glass, C. (2020). The role of virtual reality in improving health outcomes for community-dwelling older adults: systematic review. *Journal of medical internet research, 22*(6), e17331. https://doi.org/doi:10.2196/17331

Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of gerontology, 45*(6), M192-M197. https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192

Ehioghae, M., Montoya, A., Keshav, R., Vippa, T. K., Manuk-Hakobyan, H., Hasoon, J., & Urits, I. (2024). Effectiveness of virtual reality–based rehabilitation interventions in improving postoperative outcomes for orthopedic surgery patients. *Current Pain and Headache Reports, 28*(1), 37-45. https://doi.org/10.1007/s11916-023-01192-5

Hassandra, M., Galanis, E., Hatzigeorgiadis, A. G., Goudas, M., Mouzakidis, C., Karathanasi, E. M., & Theodorakis, Y. (2021). A virtual reality app for physical and cognitive training of older people with mild cognitive impairment: mixed methods feasibility study. *JMIR serious games, 9*(1), e24170. https://doi.org/10.2196/24170

Iverson, G. L., Kaarto, M. L., & Koehle, M. S. (2008). Normative data for the balance error scoring system: implications for brain injury evaluations. *Brain injury, 22*(2), 147-152. https://doi.org/10.1080/02699050701867407

Izquierdo, M., Duque, G., & Morley, J. E. (2021). Physical activity guidelines for older people: knowledge gaps and future directions. *The Lancet Healthy Longevity, 2*(6), e380-e383. https://doi.org/10.1016/S2666-7568(21)00079-9

Kamińska, M. S., Miller, A., Rotter, I., Szylińska, A., & Grochans, E. (2018). The effectiveness of virtual reality training in reducing the risk of falls among elderly people. *Clinical interventions in aging, 13*, 2329-2338. https://doi.org/10.2147/CIA.S183502

Ke, Z., Wei, M., Yang, F., Qiu, Y., Zhu, X., Gao, X., & Qiao, G. (2025). The effectiveness of immersive virtual reality on the psychology of older adults: A systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials. *General Hospital Psychiatry., 94*, 86-96. https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2025.02.024

Kruse, L., Karaosmanoglu, S., Rings, S., & Steinicke, F. (2022). Evaluating difficulty adjustments in a VR exergame for younger and older adults: Transferabilities and differences. *Proceedings of the 2022 ACM Symposium on Spatial User Interaction*, (pp. 1-11). https://doi.org/10.1145/3565970.3567684

Ku, J., Kim, Y. J., Cho, S., Lim, T., Lee, H. S., & Kang, Y. J. (2019). Three-dimensional augmented reality system for balance and mobility rehabilitation in the elderly: a randomized controlled trial. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 22*(2), 132-141. https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0261

Lacroix, A., Hortobágyi, T., Beurskens, R., & Granacher, U. (2017). Effects of supervised vs. unsupervised training programs on balance and muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine, 47*, 2341-2361. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0747-6

Lee, J., Phu, S., Lord, S. R., & Okubo, Y. (2024). Effects of immersive virtual reality training on balance, gait and mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Gait and posture, 110*, 129-137. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.03.009

Lee, S. H., Kim, M., Kim, H., & Park, C. Y. (2021). Visual fatigue induced by watching virtual reality device and the effect of anisometropia. *Ergonomics, 64*(12), 1522-1531. https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1957158

Martínez González, B. M., Hernández Falcón, N., Díaz Camellón, D. J., Arencibia Márquez, F., & Morejón Milera, A. (2020). Envejecimiento y caídas. Su impacto social. *Revista Médica Electrónica, 42*(4), 2066-2077. Retrieved Febrero 14, 2025, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18242020000402066&script=sci_arttext

Mascarenhas, C. H., Silva, I. E., Carneiro, J. A., Paula, R. P., & Paula, L. S. (2023). Effects of conventional proprioceptive training and virtual reality on functionality and fear of falling in elderly women: randomized clinical trial. *J Clin Med Surgery, 3*(1), 1074. Retrieved Enero 29, 2025, from https://jclinmedsurgery.meddocsonline.org/articles/jcms-v3-1074.html

Mera, M. A., Morales, S., & García, M. R. (2018). Intervención con actividad físico-recreativa para la ansiedad y la depresión en el adulto mayor. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 37*(1), 1-11. Retrieved Enero 12, 2023, from http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/95

Micheluzzi, V., Casu, G., Sanna, G. D., Canu, A., Iovino, P., Caggianelli, G., & Vellone, E. (2024). Improving adherence to rehabilitation for heart failure patients through immersive virtual reality

(VIRTUAL-HF): a protocol for a randomized controlled trial. *Contemporary Clinical Trials, 138*, 107463. https://doi.org/10.1016/j.cct.2024.107463

Molina-Donoso, M., González-Hernández, J., Delgado, C., Cancino, V., Bello-Lepe, S., Alonso-Sánchez, M. F., & Slachevsky, A. (2023). Nuevos datos normativos para el Mini Mental State Examination (MMSE) en la población de personas mayores en Chile. *Revista médica de Chile, 151*(11), 1464-1470. Retrieved Enero 29, 2025, from https://mail.revistamedicadechile.cl/index.php/rmedica/article/view/10272

Morales., S. C., Vinueza, G. C., Yance, C. L., & Paguay, W. J. (2023). Gross motor development in preschoolers through conductivist and contructivist physical-recreational activities: Comparative research. *Sports, 11*(3), 61. https://doi.org/10.3390/sports11030061

Moran, R. C., Montenegro, J. S., Díaz, J. M., & Loayza, E. F. (2024). Usos de la realidad virtual en la rehabilitación física: una revisión sistemática. *Retos, 61*, 1060-1070. https://doi.org/10.47197/retos.v61.110044

Mouatt, B., Smith, A. E., Mellow, M. L., Parfitt, G., Smith, R. T., & Stanton, T. R. (2020). The use of virtual reality to influence motivation, affect, enjoyment, and engagement during exercise: A scoping review. *Frontiers in Virtual Reality, 1*, 564664. https://doi.org/10.3389/frvir.2020.564664

Nobari, H., Rezaei, S., Sheikh, M., Fuentes-García, J. P., & Pérez-Gómez, J. (2021). Effect of virtual reality exercises on the cognitive status and dual motor task performance of the aging population. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(15), 8005. https://doi.org/10.3390/ijerph18158005

Norkin, C. C., y White, D. J. (2016). *Measurement of joint motion: a guide to goniometry* (5 ed.). USA: FA Davis.

Perloff, D., Grim, C., Flack, J., Frohlich, E. D., Hill, M., McDonald, M., & Morgenstern, B. Z. (1993). Human blood pressure determination by sphygmomanometry. *Circulation, 88*(5), 2460-2470. https://doi.org/10.1161/01.CIR.88.5.2460

Phu, S., Vogrin, S., Al Saedi, A., & Duque, G. (2019). Balance training using virtual reality improves balance and physical performance in older adults at high risk of falls. *Clinical interventions in aging, 14*, 1567-1577. https://doi.org/https://doi.org/10.2147/CIA.S220890

Podsiadlo, D., y Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American geriatrics Society, 39*(2), 142-148. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x

Prieto, P. C., de Oliveira, I. M., Fuentes, G. R., & Carral, J. M. (2021). Realidad Virtual Inmersiva en personas mayores: estudio de casos. *Retos, 39*, 1001-1005. https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78195

Qian, J. M., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2020). The effectiveness of virtual reality exercise on individual's physiological, psychological and rehabilitative outcomes: a systematic review. *International journal of environmental research and public health, 17*(11), 4133. https://doi.org/10.3390/ijerph17114133

Ren, Y., Lin, C., Zhou, Q., Yingyuan, Z., Wang, G., & Lu, A. (2023). Effectiveness of virtual reality games in improving physical function, balance and reducing falls in balance-impaired older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics, 108*, e104924-e104924. https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.104924

Rose, D. J. (2014). *Equilibrio y movilidad con personas mayores* (2 ed.). Barcelona: Paidotribo.

Sadeghi, H., Jehu, D. A., Daneshjoo, A., Shakoor, E., Razeghi, M., Amani, A., & Yusof, A. (2021). Effects of 8 weeks of balance training, virtual reality training, and combined exercise on lower limb muscle strength, balance, and functional mobility among older men: a randomized controlled trial. *Sports health , 13*(6), 606-612. https://doi.org/10.1177/1941738120986803

Sagarra-Romero, L., Monroy Antón, A., Calero Morales, S., & Ruidiaz Peña, M. (2017). ithlete Heart Rate Variability app: knowing when to train. *British Journal of Sports Medicine, 51*, 1-3. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097303

Salazar, M. M., & Morales, S. (2018). Influencia de la actividad física en la motricidad fina y gruesa del adulto mayor femenino. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 37*(3), 1-14. Retrieved Marzo 16, 2024, from http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/127/html

Skarbez, R., Brooks, F. P., & Whitton, M. C. (2020). Immersion and coherence: Research agenda and early results. *IEEE transactions on visualization and computer graphics, 27*(10), 3839-3850. https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.2983701

Snowdon, D. A., Sargent, M., Williams, C. M., Maloney, S., Caspers, K., & Taylor, N. F. (2020). Effective clinical supervision of allied health professionals: a mixed methods study. *BMC health services research, 20*(2), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12913-019-4873-8

Stanica, I. C., Moldoveanu, F., Portelli, G. P., Dascalu, M. I., Moldoveanu, A., & Ristea, M. G. (2020). Flexible virtual reality system for neurorehabilitation and quality of life improvement. *Sensors, 20*(21), 6045. https://doi.org/10.3390/s20216045

Syed-Abdul, S., Malwade, S., Nursetyo, A. A., Sood, M., Bhatia, M., Barsasella, D., & Li, Y. C. (2019). Virtual reality among the elderly: a usefulness and acceptance study from Taiwan. *BMC geriatrics, 19*(223), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12877-019-1218-8

Uğur, F., y Sertel, M. (2020). The effect of virtual reality applications on balance and gait speed in individuals with Alzheimer dementia: a pilot study. *Topics in Geriatric Rehabilitation, 36*(4), 221-229. https://doi.org/10.1097/TGR.0000000000000285

Vogt, S., Skjæret-Maroni, N., Neuhaus, D., & Baumeister, J. (2019). Virtual reality interventions for balance prevention and rehabilitation after musculoskeletal lower limb impairments in young up to middle-aged adults: A comprehensive review on used technology, balance outcome measures and observed effects. *International journal of medical informatics, 126*, 46-58. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.03.009

Wang, L. T. (2023). Effectiveness of virtual reality exercise for functional fitness in community-dwelling older adults: a 12-week follow-up study. *Sage Open, 13*(4), 1-12. https://doi.org/10.1177/21582440231218515

Wei, W., Tang, H., Luo, Y., Yan, S., Ji, Q., Liu, Z., & Yang, X. (2024). Efficacy of virtual reality exercise in knee osteoarthritis rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology, 15*, 1424815. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1424815

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Lorena Paola Ramírez-Moran	lramirezm2@unemi.edu.ec	Autor/a
Juliana Karina Zapa-Cedeño	jzapac1@unemi.edu.ec	Autor/a
Cristhian Javier Hidalgo Arce	cristhianjavirh@gmail.com	Autor/a
Gabriel José Suárez-Lima	gsuarezl@unemi.edu.ec	Autor/a
Manuel Gutiérrez Cruz	manuel.gutierrezc@ug.edu.ec	Autor/a