

## Efectos de la incorporación de realidad virtual en programas de prevención y rehabilitación de caídas

Effects of the incorporation of virtual reality in fall prevention and rehabilitation programs

Álvaro Utrera Escalona<sup>1</sup>; José López Aguilar<sup>1, 2</sup>; Jaime Rodríguez Guerrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Sport Sciences, EADE-University of Wales, Trinity Saint David, Málaga, Spain;

<sup>2</sup>Department of Physical Education and Sport, University of Osuna, Osuna, Spain

### Detalles del artículo:

Número de palabras: 6.889; Tablas: 2; Figuras: 1; Referencias: 45

Recibido: junio, 2025; Aceptado: octubre, 2025; Publicado: diciembre, 2025

Conflicto de interés: El autor declara que no existen conflictos de interés.

Correspondencia del autor: José López Aguilar [josela@euosuna.org](mailto:josela@euosuna.org)

### Resumen

**Introducción:** El envejecimiento es un fenómeno irreversible que está aumentando globalmente, provocando un aumento en la población mayor de 60 años. Este aumento presenta desafíos como el incremento del riesgo de caídas, la fragilidad y dependencia, afectando de manera directa a la calidad de vida y a los sistemas de salud pública.

**Objetivo:** Analizar la literatura referente a la realidad virtual y el riesgo de caídas en adultos mayores. **Metodología:** Se realizó una búsqueda en PubMed, CINAHL Complete y SPORTDiscus, seleccionando artículos de los últimos cinco años, en inglés, con acceso a texto completo. Se incluyeron estudios sobre programas de realidad virtual en adultos mayores con riesgo de caídas, priorizando diseños experimentales con resultados en equilibrio, movilidad funcional, función física y cognitiva. **Resultados:** Se revisaron ocho ensayos clínicos que, en general, mostraron que las intervenciones de realidad virtual produjeron mejoras en pruebas como el Timed Up-and-Go, la Escala de Eficacia para Caídas y la Escala de Equilibrio de Berg. Algunos estudios informaron también beneficios adicionales en la función física y cognitiva respecto a intervenciones tradicionales. **Conclusión:** Los programas de realidad virtual pueden disminuir el riesgo de caídas en la población mayor. Las intervenciones VR tuvieron una mejora sobre los indicadores de equilibrio, función física y función cognitiva significativa en comparación con intervenciones tradicionales.

**Palabras claves:** prevención de caídas, tecnología inmersiva, exergaming, adultos mayores.

## Abstract

**Background:** Population aging is an irreversible phenomenon that is increasing globally, leading to a rise in the population over 60 years of age. This increase presents challenges such as an elevated risk of falls, frailty, and dependency, directly impacting quality of life and public health systems. **Objective:** This study was to analyse literature regarding virtual reality and fall risk in older adults. **Methodology:** A search was conducted in PubMed, CINAHL Complete, and SPORTDiscus, selecting articles published in the last five years, in English, with full-text access. Studies on virtual reality programs in older adults at risk of falls were included, prioritizing experimental designs with outcomes related to balance, functional mobility, physical function, and cognitive function. **Results:** Eight clinical trials were reviewed, which generally showed that virtual reality interventions improved performance in tests such as the Timed Up-and-Go, the Falls Efficacy Scale, and the Berg Balance Scale. Some studies also reported additional benefits in physical and cognitive function compared with traditional interventions. Conclusions: Virtual reality programs may contribute to reducing fall risk in the older population. VR interventions demonstrated significant improvements in balance, physical function, and cognitive function indicators compared to traditional interventions.

**Key words:** accidental falls, immersive technology, exergames, elderly.

## INTRODUCCIÓN

El envejecimiento es algo irreversible que nos acompaña desde que nacemos hasta que fallecemos (García & Maya, 2014). Como consecuencia del envejecimiento, la estructura de la pirámide demográfica se ha invertido, descendiendo la natalidad un 20,4%. Por el contrario, la población mayor de 60 años se ha incrementado aproximadamente un 12% de la población mundial y se espera que para 2050 aumente hasta un 21,5%. Según el informe más reciente de las Naciones Unidas, se prevé que España se convierta en el país con mayor proporción de personas de edad avanzada para el 2050 (Cobo, 2014). Según Cai et al., (2022), al envejecimiento se le atribuye una disminución de la integridad fisiológica y cognitiva, resultando en una pérdida de funcionalidad y capacidad de los órganos, aparatos y sistemas, empeorando por lo tanto la calidad de vida (CV) y, en última instancia aumenta significativamente el riesgo de muerte.

En la actualidad, según Casimiro Andújar, (2019) una de las causas que más hospitalización y dependencia genera son las caídas, que afectan aproximadamente al 28-35% de las personas mayores. Las caídas se definen como acciones involuntarias que provocan la pérdida del equilibrio y resulta en un golpe del cuerpo contra una superficie firme que detiene el movimiento (OMS, 2024), siendo la segunda causa de muerte siendo las personas mayores de 60 años quienes más se ven afectados (OMS, 2021). Cada año se registran 37,3 millones de caídas que requieren de atención médica. Caerse no solo conlleva un aumento de la morbilidad y mortalidad de nuestros mayores, sino que está asociado con una pérdida de la función física, disminución de la calidad de vida, alteraciones psicológicas que pueden ir desde el propio miedo a volver a caerse, aislamiento social y depresión. (Rodrigues et al., 2022). Además, tienen una alta carga financiera en la sanidad mundialmente (Dykes et al., 2023), siendo el coste medio de caídas de 62,5 mil dólares (37 mil dólares de costes directos) y la media de costes totales de caídas que ocasionaron una lesión o traumatismo fueron 65 mil dólares.

Además de prevenir costes, el principal plan de acción de las Naciones Unidas consiste en promover el envejecimiento activo, saludable y calidad de vida mediante la actividad y la productividad social (Petretto et al., 2016).

Las causas que determinan las caídas son multifactoriales, existiendo factores intrínsecos, que afectan a la persona, extrínsecos, que afectan al entorno y conductas de riesgo, que afectan a la actividad física (Barry et al., 2014). Debido al deterioro de las capacidades físicas y cognitivas, las personas mayores son más susceptibles a sufrir una caída. (Pajala et al., 2006). Dentro de los factores intrínsecos encontramos los trastornos neurológicos, cardiovasculares u otras patologías invalidantes, sedentarismo, problemas vestibulococleares, visuales y de movilidad (Gama & Gómez-Conesa, 2008). En cuanto a los factores extrínsecos el más común es la falta de seguridad en el hogar y el entorno.

Como consecuencia de las caídas, en primera instancia encontramos las lesiones físicas, debido al impacto con el suelo, no obstante, las consecuencias psicológicas son igual de nocivas para la persona. Estos acontecimientos propician la discapacidad, dependencia y la fragilidad afectando sobre todo en su calidad de vida (Chen et al., 2021). A consecuencia de esto, la prevención de caídas se ha convertido en un enorme obstáculo para la sociedad dado que el no incorporar medidas preventivas a corto plazo ocasionará que el número de caídas incapacitantes ascienda en un 100% (Kannus et al., 2007).

El miedo a caerse fue descrito por Barbosa Pena et al., (2019) como las consecuencias que provocan a una persona mayor que ha sufrido una caída, afectando psicológicamente y afectando al comportamiento de la persona. Tras 4 meses de la caída, aparecen los síntomas de un síndrome, puede provocar una caída e ir seguida de todo el abanico de posibilidades que conlleva caerse: lesiones, aislamiento social, fragilidad y pérdida de autonomía (Chen et al., 2021).

En un inicio, se empleaba el “Get-Up-and-Go” (levantarse y caminar) para la evaluación del riesgo de caídas en personas mayores, diseñado por el doctor Mathias P. en 1986. Sin embargo, esta prueba contaba con un sistema de puntuación muy subjetivo e impreciso, valorando del 1 al 5 en base a la percepción del observador. Por lo que, en 1991, Podsiadlo y Richardson decidieron implementar un cronómetro, de esta manera evitarían la subjetividad de la prueba. De aquí surgió el método más utilizado para evaluar las caídas hasta la fecha, el “Timed Up and go Test” (TUG) (Podsiadlo et al., 1991) pero el avance de las tecnologías nos presenta nuevas estrategias para abordar las caídas y la prevención de las mismas. La realidad virtual no solo sirve como entretenimiento para los jóvenes, sino que se ha encontrado evidencias de que podría ser un buen sustituto de las rehabilitaciones (Beaulieu, 2015; Mousavi Hondori & Khademi, 2014). Existen dos tipos de realidad virtual diferentes, la realidad virtual inmersiva (IVR por sus siglas en inglés) y los exergames. La IVR genera una experiencia que hace sentir como si estuvieras en el “mundo real” (Psotka, 1995) proporcionando una retroalimentación en tiempo real tanto visual como auditiva mientras el usuario interactúa en un medio en el que se ajusta la precisión de los movimientos, posturas, velocidades y la duración de las actividades (Lee et al., 2023). Solo con la información visual no es suficiente para conseguir una sensación de inmersión, es por esto por lo que gracias a plataformas móviles. Por otro lado, los exergames no generan la sensación de estar ahí, pero sí requiere que el participante esté activo y en movimiento para poder jugar ya que el movimiento del mismo es el que interactúa con el juego (Maranesi et al., 2022). Está demostrado que la utilización de exergames en intervenciones combinan el trabajo físico con el trabajo cognitivo y ofrece innumerables estímulos y permite ajustar los parámetros de la tarea al paciente (Torre & Temprado, 2022; Voinescu et al., 2021).

Es por esto por lo que el objetivo principal de este estudio es analizar la literatura acerca de los beneficios de la utilización de realidad virtual en intervenciones para la prevención y rehabilitación de caídas en adultos mayores de 65 años.

## METODOLOGÍA

Esta revisión sistemática se adhiere a la declaración PRISMA (Liberati et al., 2009) y siguió un protocolo estructurado, aunque inédito.

Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura actual en los que se empleaba la realidad virtual para el tratamiento y/o la prevención de caídas en personas mayores en las siguientes bases de datos: PubMed, CINAHL Complete, SPORTDiscus y PEDro. Se emplearon las siguientes palabras clave para obtener información relevante sobre el tema de investigación: "Accidental Falls", "Risk", "Aged", "Virtual reality", "Virtual Reality Exposure Therapy", "Exergaming". Para relacionar estas palabras de manera efectiva y orientar la búsqueda, se aplicaron conectores lógicos "AND" y "OR". Esto resultó en una frase de PubMed como: (((("Accidental Falls"[Mesh]) AND "Risk"[Mesh]) AND "Aged"[Mesh]) AND "Virtual Reality"[Mesh]) OR ("Virtual Reality Exposure Therapy"[Mesh] OR "Exergaming"[Mesh]), en las demás bases de datos se utilizaron las respectivas palabras claves con los operadores booleanos AND y OR, resultando en "Accidental Falls AND Risk AND Aged AND Virtual Reality OR Virtual Reality Exposure Therapy OR Exergaming".

### Criterios de inclusión:

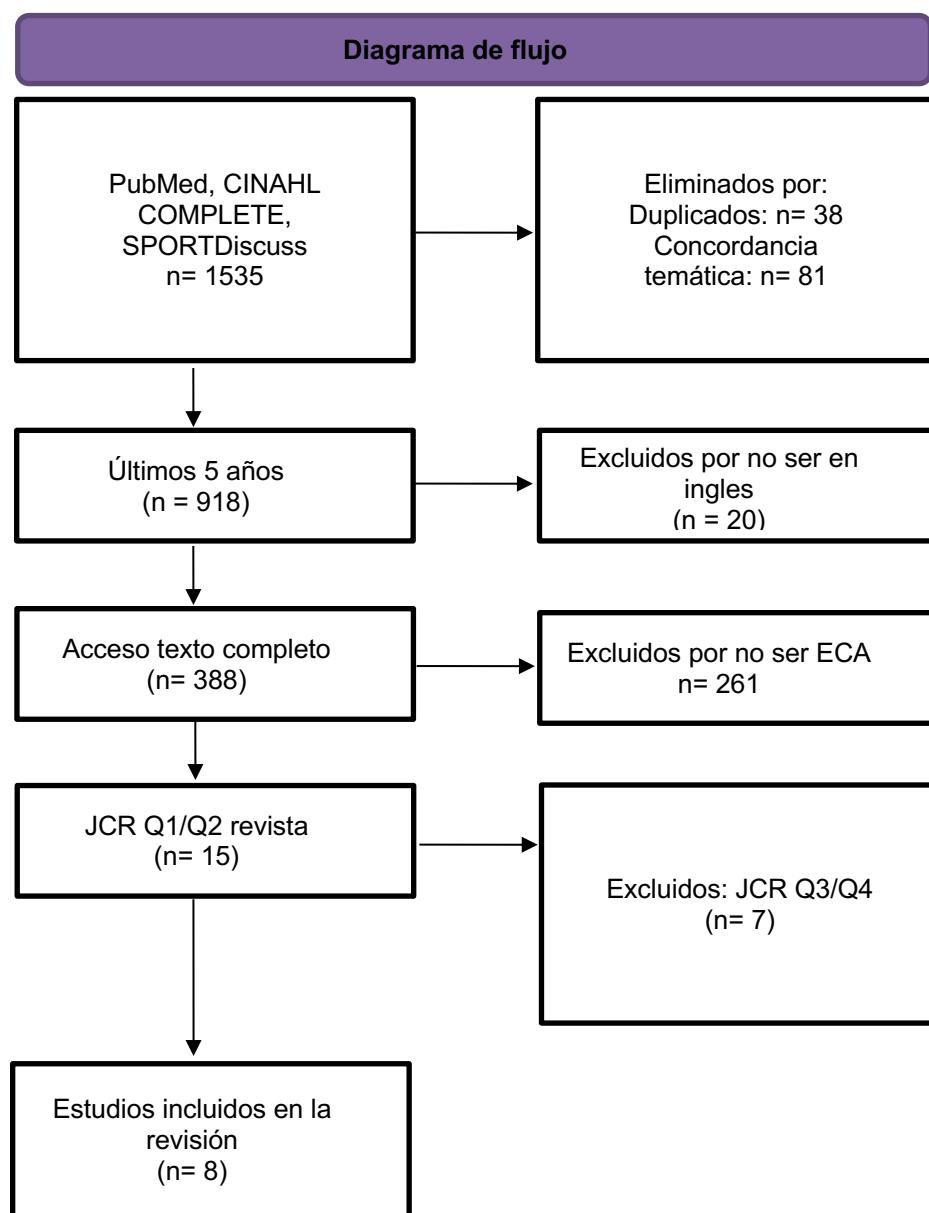
Esta revisión sistemática incluyó estudios que siguieran estos criterios: (1) inclusión de participantes sobre los 65 años con riesgo de caídas; (2) Utilización de la realidad virtual Inmersiva y/o exergames (ej., juegos Nintendo Wii, Microsoft Kinect Exergames...)

- Idioma inglés.
- Últimos 5 años
- Acceso texto completo

### Criterios de exclusión:

- Patologías neurodegenerativas.

**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios: efectos de la incorporación de realidad virtual en programas de prevención y rehabilitación



### Extracción de datos y fiabilidad

La selección del estudio fue realizada independientemente por (AUE, JLA). Primero se eliminaron los artículos duplicados, luego se examinaron los títulos y resúmenes para la concordancia temática.

En la búsqueda inicial tal como se aprecia en la Figura 1, se identificaron 1535 registros. Tras eliminar 81 duplicados o artículos en concordancia, se retuvieron 1454. Al aplicar el filtro de los últimos cinco años, se obtuvieron 918 artículos. De estos, se excluyeron 20 por no estar escritos en inglés, quedando 388 con acceso a texto completo. Posteriormente, se descartaron 261 por no ser ensayos clínicos aleatorizados (ECA). Finalmente, se seleccionaron 15 artículos publicados en revistas Q1/Q2 según Journal Citation Reports, excluyéndose 7 en Q3/Q4. Como resultado, 8 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática.

Para la extracción de datos y garantizar la fiabilidad del proceso, se siguieron los siguientes procedimientos: se recopiló información detallada de los estudios seleccionados,

incluyendo autor, título, objetivo, tamaño de la muestra, país de origen, diseño del estudio, descripción de la intervención, herramientas de evaluación, principales hallazgos y conclusión del estudio.

La calidad metodológica de los artículos seleccionados para realizar esta revisión se evaluó a través de la escala PEDro validada por De Morton (2009) en su versión española (Gómez-Conesa, et al., 2015) (Tabla 1).

- Escala PEDro: La escala PEDro consta de 11 ítems que valoran los siguientes aspectos: 1) criterios de selección específicos, 2) asignación aleatoria de los sujetos en los grupos, 3) no revelar dicha asignación, 4) similitud de los grupos al inicio del estudio , 5) todos los sujetos fueron cegados (sujeto, terapeuta o evaluador no conoce a qué grupo es asignado), 6) los terapeutas fueron cegados, 7) los evaluadores fueron cegados, 8) más del 85% de las personas asignadas inicialmente a los grupos proporcionaron datos sobre al menos uno de los resultados importantes, 9) análisis de intención de tratamiento, 10) análisis entre grupos, 11) medidas puntuales y de variabilidad. Todos salvo el primer criterio reciben una puntuación de 1 si lo cumplen o de 0 si no lo cumplen.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra la distribución de los valores de IMC por sexo e institución educativa, siendo los valores promedio y la desviación estándar: para los estudiantes de centros educativos de secundaria  $23,5 \pm 7,6$  y  $24,0 \pm 9,0$ , y para los estudiantes universitarios  $26,5 \pm 7,3$  y  $25,8 \pm 10,0$ , en ambos casos, para niños y niñas, respectivamente.

**Tabla 1.** Resultados escala PEDro.

	Puntos	6/10	8/10	7/10	5/10	8/10	7/10	6/10	7/10
Estimaciones Puntuales y Variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Comparación entre Grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Análisis por Intención de Tratar	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Seguimiento Adecuado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluadores Ciegos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No
Terapeutas Ciegos	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Sujetos Ciegos	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí
Comparabilidad Inicial	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Asignación Oculta	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Asignación Aleatoria	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Autor/año	Fakhro et al., 2020	Gomes et al., 2018	Lima Rebêlo et al., 2021	Manlapaz et al., 2022	Ogawa et al., 2020	Liao et al., 2019	Zahedian-Nasab et al., 2021	Zhao et al., 2023	

**Tabla 2.** Descripción y resultados obtenidos en los ensayos controlados aleatorios

Autor (año)	Edad (medi a ±SD)	Intervención y duración.	Variables	Evaluación	Hallazgos principales
Fakhro et al., 2020 n= 60	72,2 ±5,2	GE: NWBB* (SH & TT) Duración: 40 min, 3 veces/semana, 8 semanas GC: Sin intervención	Equilibrio	Time Up and Go, Centro de Presión	Mejora significativa en el equilibrio: TUG p= 0,001 COP p= 0,002
Gomes et al., 2018 GE (n= 15) GC (n= 15)	GE= 83,0 ±5,9; GC= 85,0 ±6,2	GE: IVGs* Nintendo Wii Fit Plus (TT, RP, OC, SLE, TC, BS, PG, SH, BR, TTW). GC: Recibieron un libro basado en la WHO, información e ilustraciones de los beneficios y riesgos de la actividad física y programas gratuitos cerca de la residencia del participante. Duración: 50 min, 2 veces/semana, 7 semanas	Función física y equilibrio durante la marcha.	Mini-BESTest, FGA, MoCA, GDS-15, FES-I	La función física y el equilibrio mejoraron significativamente en el Mini-BESTest (p = 0,004; ES= 0,016) y el equilibrio durante la marcha mejoró de manera significativa en el FGA (p = 0,028: ES= 0,015)
Lima Rebêlo et al., 2021 GE (n= 20) GC (n= 17)	GE= 69,25 ±5,67 GC= 71,41 ±5,94	GE: IVR* Oculus Rift (Consumer Edition, Facebook, United States) GC: Equilibrio tradicional (superficies inestables, bosu, obstáculos en superficie estable, equilibrio y marcha sobre esterilla y estabilidad del tronco) Duración: 2 veces/semana, 8 semanas	Equilibrio, Duración: 2 veces/semana, 8 semanas	DGE, CTSIB, TUG, FRT, DHI, FES-I	Los indicadores de equilibrio exhibieron mejoras consistentes en todos los aspectos, aunque sin alcanzar significancia estadística (p <0.1)
Manlapaz et al., 2022 n=12	55,25 ±10	GE: Nintendo Wii Fit (SH, TT, PG, SS) Duración: 45/60 min, 2 veces/semana, 8 semanas GC: Trabajo habitual	Equilibrio y riesgo de caídas.	Fragility Score, SPPB, SOT, TUG, FES-I, dinamómetro manual	Mejoró el equilibrio significativamente tras el SOT (p =0,033), TUG (p = 0,028) y FES-I (p = 0,018) neuromusculares y la capacidad funcional en personas con parálisis cerebral
Ogawa et al., 2020 GE (n= 15) GC (n= 14)	GE= 75,20 ±7,31; GC= 78,85 ±7,13	GE: Microsoft Kinect Exergames (Target Tracker, Double Decision, Visual Sweeps) GC: Trabajo de fuerza y equilibrio Duración: 1 hora, 1 vez/semana, 8 semanas	Función cognitiva, función física y equilibrio.	PASE, MoCA, MMSE, TMT~A & B, delta Trail Making Test, SRT & CRT, sensorized gait mat (Protokinetics Inc. Havertown, PA), SPPB, FES-I, fall calendar, BBS	La función cognitiva presentó mejoras significativas en el MMSE (+4%, p < 0,01), la función física mejoró en el SPPB (p = 0,39) y el equilibrio mejoró en la FES-I (p = 0,235)

Liao et al., 2019 n= 52	GE= 79,5 ±8,5; GC= 84,1 ±5,5	GE: Kinect systems (Microsof Corporation Redmond, WA, USA): 20 min Tai-Chi, 20 min trabajo fuerza + aeróbico, 20 min equilibrio exergaming.  Duración: 60 min, 3 veces/semana, 12 semanas  GC: 20 min trabajo de fuerza, 20 min trabajo aeróbico y 20 min equilibrio	Fragilidad, grado de reversión de fragilidad, equilibrio y función física.	TUG, FRT, FES-I, SPPB	Se redujo significativamente el nivel de fragilidad ( $p = 0,001$ ; ES= 1,7), se consiguió revertir la fragilidad ( $p = 0,016$ ; ES= 2,29) y mejorar a su vez el equilibrio FES-I ( $p = 0,001$ ) y la función física SPPS ( $p = 0,001$ )
Zahedian-Nasab et al., 2021 GE (n= 30); GC (n= 30)	GE= 69,7 ±7,7; GC= 72,0 ±7,8	GE: Xbox Kinect Exergames (Penalty & Goalkeeping, Ski, Darts)  Duración: 30/60 min, 2 veces/semana, 6 semanas  GC: Trabajo habitual en residencias.	Equilibrio y riesgo de caídas.	TUG, FES-I, BBS, OLS, Tandem Stance	El equilibrio mejoró significativamente en el TUG ( $p < 0,001$ ) y la FES-I ( $p < 0,001$ )
Zhao et al., 2023 GE (n=25); GC (n=25)	GE= 72,16 ±3,64; GC= 73,36 ±3,25	GE: VR rehabilitation training system: Nanjing Moxun Company, Motion2.0 (Ski, Diving, Running)  Duración: 50 min, 3 veces/semana, 12 semanas  GC: Trabajo habitual prevención, Gimnasia aeróbica intensidad moderada,	Equilibrio y equilibrio durante la marcha.	TUG, BBS, IPAQ-SF, FGA, DXA	El equilibrio mejoró significativas en la BBS ( $p < 0,001$ ), el equilibrio durante la marcha en el FGA ( $p < 0,001$ ) y en el TUG ( $p < 0,001$ )

**GE**= Grupo Experimental; **GC**= Grupo Control; **NWBB**= Nintendo Wii Balance Board; **TUG**= Timed Up and Go Test; **COP**= Center of Presssure; **IVGs**= Interactive Video Games; **TT**= Table Tilt; **SH**= SoccerHead; **IVGs**= Interactive Video Games, **RP**= Rhythm Parade, **OB**= Obstacle Course, **SLE**= Single Leg Extension, **TC**= Tilty City, **BS**= Basic Step, **PG**= Penguin, **BR**= Basic Run, **TTW**= Torso Twist; **WHO**= Organización Mundial de la Salud; **FGA**= Functional Gait Assessment; **MoCA**= Montreal Cognitive Assessment; **GDS-15**= Escala de Depresión Geriátrica; **FES-I**= Escala de Eficacia para Caídas; **DGI**= Índice de Marcha Dinámica; **CTSIB**= Clinical Test of Sensory Interaction and Balance; **FRT**= Test de Rango Funcional; **DHI**= Cuestionario de Vertigo; **SS**=Ski Slalom; **SPPB**= Short Physical Performance Battery; **SOT**= Test de organización sensorial; **PASE**= Escala de Actividad Física para Ancianos; **MMSE**= Mini-Mental State Examination; **TMT-A**= Trail Making Test parts A; **TMT-B**= Trail Making Test parts B; **Delta Trail Making Test**= TMT-B menos TMT-A; **SRT & CRT**= Simple and choice standing reaction time tests; **BBS**= Escala de Equilibrio de Berg; **TRF**= Tasa de Reversión de Fragilidad; **OLS**= Equilibrio a una Pierna; **IPAQ-SF**= Cuestionario Internacional de Actividad Física; **DXA**= Examen de Densidad osea.

## Efectos de la intervención de realidad virtual sobre la función física, función cognitiva, equilibrio y riesgo de caídas

Los ocho ensayos clínicos revisados (tabla 2) evidencian que la realidad virtual ejerce un impacto positivo, aunque variable, en el equilibrio, la función física y, en menor medida, en la cognición de los adultos mayores con riesgo de caídas.

En relación con el equilibrio y la movilidad funcional, Fakhro et al. (2020) evaluaron un protocolo de exergaming con Wii Fit en adultos mayores. Dentro del grupo experimental se observaron reducciones significativas en el TUG ( $p=0,001$ ), con diferencias también entre grupos ( $p=0,000$ ). En el centro de presión (COP) únicamente el grupo experimental mostró mejoras pre-post intervención ( $p=0,002$ ), mientras que la comparación entre grupos no resultó significativa. Gomes et al. (2018) reportaron incrementos significativos en el Mini-BESTest ( $p=0,004$ ) y en la FGA ( $p=0,028$ ) en el grupo experimental. Manlapaz et al. (2022) identificaron, en la fase convencional, una mejora en el SOT ( $p=0,033$ ), mientras que en la fase con exergaming se registraron mejoras significativas en el TUG (de 7,93 a 7,18 segundos;  $p=0,028$ ) y en la FES-I (de 11,75 a 10,25;  $p=0,018$ ). Zahedian-Nasab et al. (2021) hallaron en el grupo experimental una reducción de 2,33 segundos en el TUG ( $p<0,001$ ) y una mejora en la FES-I ( $p<0,001$ ), aunque la comparación entre grupos no mostró diferencias significativas ( $p=0,88$ ). Zhao et al. (2023) informaron mejoras significativas en el equilibrio (BBS,  $p<0,001$ ), en el equilibrio durante la marcha (FGA,  $p<0,001$ ) y en la movilidad funcional medida con TUG ( $p<0,001$ ) tras el programa de intervención.

Respecto a la fragilidad y la condición física, Liao et al. (2019) identificaron en el grupo experimental una reducción significativa de los niveles de fragilidad ( $p<0,001$ ; ES=1,7) y un incremento en la tasa de reversión de fragilidad ( $p=0,016$ ; ES=2,29). En este estudio, el 43,7% de los participantes inicialmente clasificados como frágiles pasaron a prefrágiles y el 72% de los prefrágiles alcanzaron un estado robusto. Además, en el análisis combinado se observaron mejoras en las puntuaciones de fragilidad ( $p<0,001$ ; ES=1,37) y en la tasa de reversión ( $p=0,031$ ; ES=2,67). Manlapaz et al. (2022) señalaron igualmente beneficios en la capacidad física tras la intervención con exergaming.

En cuanto a la función cognitiva, Ogawa et al. (2020) mostraron mejoras significativas en el MMSE en el grupo experimental (+4%,  $p<0,01$ ), mientras que no se observaron cambios en el MoCA ni en el SRT. Otras medidas de este mismo estudio, como el SPPB ( $p=0,39$ ), la FES-I ( $p=0,235$ ) y la frecuencia de caídas ( $p=0,14$ ), no presentaron diferencias significativas. Gomes et al. (2018) tampoco hallaron cambios en el MoCA tras la intervención. Por su parte, Lima Rebêlo et al. (2021), utilizando un protocolo inmersivo con Oculus Rift, no identificaron diferencias significativas entre grupos en las pruebas aplicadas, aunque en el grupo experimental se registraron mejoras en el DGI, el FRT y el DHI, sin alcanzar significación estadística.

## Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar la literatura relacionada con la utilización de realidad virtual sobre el riesgo de caídas en adultos mayores de 65 años. Se encontraron 8 ensayos que incorporaban a 330 participantes con riesgo de caídas. Todos los ensayos escogidos son de los últimos 5 años, alegando que la realidad virtual sigue siendo un nicho de estudio innovador y con un puntaje en la escala PEDro  $\geq 5$  sugiriendo una calidad metodológica moderada/alta según Moseley et al., (2002).

Los protocolos de VR se compararon con 1) intervenciones control pasivas, 2) intervenciones tradicionales para la prevención de caídas, 3) trabajo de fuerza y equilibrio, 4) trabajo combinando fuerza, cardiorrespiratorio y equilibrio.

Los principales hallazgos de este estudio fueron que la realidad virtual mejoró significativamente los indicadores de equilibrio y funcionalidad, por lo tanto, reduciendo el riesgo de caídas, en comparación con los grupos control pasivo y los grupos de trabajo habitual de equilibrio o prevención. Estos hechos los podemos observar a través de los estudios realizados por Lima Rebêlo et al., (2021); Zahedian-Nasab et al., (2021); Zhao et al., (2023), donde encontraron resultados, a pesar de las diferentes propuestas, en los diferentes indicadores como: 1) el equilibrio, 2) la fuerza muscular 3) la función cognitiva y 4) el sistema vestibular, los cuales son, según Peel, (2011) factores determinantes en las caídas.

Otros autores como Castellano-Aguilera et al., (2022) y García-López et al., (2021) observaron que la VR presentaba mejoras significativas en el equilibrio y el riesgo de caídas de personas con esclerosis múltiple y Parkinson. Asimismo, también se han encontrado mejoras significativas en las praxias gruesas en niños con trastorno del espectro autista (Hocking et al., 2022). Otros estudios como el de Prasertsakul et al., (2018) encontró que se encuentran mejoras significativas en el control postural del grupo experimental en el pre y post intervención en adultos sanos, lo que demuestra que la realidad virtual no es un protocolo exclusivo para adultos mayores, sino que se podría aplicar en diferentes tipos de poblaciones con o sin patologías neurodegenerativas. Otros estudios como el de Sadeghi et al. (2021) encontraron que una intervención exclusivamente de realidad virtual no es lo más beneficioso para combatir el riesgo de caídas, estos afirman que un programa de 8 semanas combinando entrenamiento de equilibrio y realidad virtual exergaming tuvo mejoras más considerables que un programa de VR y que un programa de equilibrio tradicional. Lo anteriormente enunciado puede deberse a la relación que presenta la pérdida de fuerza con el declive en el equilibrio y, por lo tanto, en caídas, por lo que, si prevenimos factores como la sarcopenia se estaría mejorando la gestión del centro de gravedad a la hora de la marcha y, por consiguiente, se incrementaría la capacidad gestionar el equilibrio en sus actividades cotidianas. Por otro lado, las principales lesiones producidas en las caídas son las fracturas de fémur, por ende, si se lograra aumentar la sección transversal del músculo, podríamos llegar a reducir las fracturas o como mínimo, llegar a reducir la gravedad de las lesiones y, por ende, los tiempos de recuperación, resultando en una mejora de la calidad de vida de los mayores (Rodrigues et al., 2022).

En contraposición, se encontró la intervención llevada a cabo por Hollman et al., (2007) en la que participaron sujetos con un estado de salud auto percibido como saludable en este estudio se comparaban los efectos que genera la realidad virtual sobre la marcha. Encontraron que un entorno generado con realidad virtual induce a alteraciones en la marcha. Esto puede deberse a que los sujetos no estaban familiarizados con el efecto de la realidad virtual, ya que dicho protocolo consistía en caminar durante 3 minutos en una cinta de caminar primero con realidad virtual y luego sin ella. Un efecto parecido parece

verse en la investigación de Muhla et al., (2020). Encontraron que, el realizar la prueba TUG con VR conllevaba a que el sujeto diera más pasos y, por consiguiente, un mayor tiempo en la prueba. La prueba TUG, se diseñó con un umbral temporal de referencia el cual, si el paciente se encuentra por encima de dicho umbral tiene un riesgo de caerse elevado. Este aumento en el tiempo, el número de pasos y las alteraciones de la marcha podrían deberse a un intento del sujeto para adaptarse a un nuevo entorno tratando de que su equilibrio no se vea comprometido, ralentizando sus movimientos, no obstante, son necesarios más estudios para evidenciar estos hechos.

Más allá de la eficacia clínica, la VR presenta ventajas relevantes en su implementación. Permite crear escenarios controlados y realistas que facilitan el entrenamiento funcional en entornos seguros, así como el registro y análisis objetivo del rendimiento del participante. También parece favorecer la adherencia a los tratamientos, tal y como se ha observado en diversos protocolos (Kramer et al., 2014). Respecto al coste, se distinguen dos enfoques: la VR inmersiva, que requiere equipos especializados de alto precio, como en los estudios de Lima Rebêlo et al. (2021) y Zhao et al. (2023), y la VR exergaming, basada en consolas accesibles (Nintendo Wii, Microsoft Kinect), utilizada en el 75% de los ensayos incluidos. Esta última no solo resulta más económica, sino que además puede implementarse en el domicilio del paciente, lo que incrementa su aplicabilidad y alcance (Pietrzak et al., 2014). Esto supondría un enorme avance en cuanto a la prevención de caídas ya que estas son un factor asociado a la edad y al deterioro de la calidad de la musculatura, entre otros factores. Se espera que para 2050, las personas mayores de 65 años representen el 16% de la población (Xu et al., 2022) y que la población mayor de 80 años se triplique (Cai et al., 2022; Rodrigues et al., 2022), por lo que es prioritario encontrar estrategias que ayuden a prevenir estos factores con el fin de ganarles calidad de vida a nuestros mayores.

Este trabajo presenta varias limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el número reducido de ensayos incluidos en esta revisión limita la posibilidad de establecer comparaciones sólidas entre intervenciones y reduce la potencia estadística de los resultados. En segundo lugar, la amplia variabilidad de los protocolos aplicados dificulta la homogeneidad de los hallazgos y la posibilidad de extraer conclusiones generalizables. Finalmente, la diversidad de herramientas de evaluación empleadas refleja la complejidad multifactorial del riesgo de caídas, el cual depende de variables interrelacionadas como el equilibrio, la fragilidad o el sistema vestibular.

Ante estas limitaciones, se considera necesario que futuras investigaciones incorporen un mayor número de participantes y diseños más homogéneos, que permitan evaluar con mayor precisión la eficacia de la VR. Sería especialmente relevante estudiar programas combinados de VR y entrenamiento de fuerza, así como analizar los efectos diferenciales de la VR inmersiva frente a la no inmersiva.

El presente trabajo aporta información valiosa para profesionales de la ciencia de la actividad física y del deporte, así como para fisioterapeutas, dado que la realidad virtual ha mostrado efectos beneficiosos en la condición física y el equilibrio de las personas mayores. Los ensayos revisados sugieren que programas de entre 20 y 45 minutos por sesión, aplicados dos o tres veces por semana durante períodos de 6 a 12 semanas, resultan eficaces para la mejora de estas variables. Estas intervenciones pueden implementarse tanto en entornos comunitarios como domiciliarios mediante plataformas accesibles como Wii o Kinect, y también a través de sistemas especializados como Mira Rehab™, que incorpora exergames diseñados para el trabajo del equilibrio en adultos mayores, integra componentes cognitivos y permite registrar y monitorizar la progresión de los participantes (Tahmosybayat et al., 2018).

## Conclusión

En conclusión, esta revisión otorga una visión completa sobre cómo la utilización de realidad virtual puede mejorar los protocolos de prevención del riesgo de caídas en adultos mayores de 65 años. Abordando variables clave dentro del riesgo de caídas, como la función física, el equilibrio, la función cognitiva y el sistema vestibuloclear.

Los principales hallazgos de esta revisión muestran que la realidad virtual favorece una mejora significativa del equilibrio, tanto en su componente estático como dinámico, cuando se implementa en programas de intervención. Asimismo, contribuye al desarrollo de la condición física en adultos mayores, especialmente en la fuerza del tren inferior, para lo cual se recomiendan entre dos y tres series de uno a dos ejercicios de grandes grupos musculares, con cinco a ocho repeticiones, de dos a tres veces por semana. También se observa una mejora de la función cognitiva y del sistema vestibuloclear, ya que la realidad virtual permite la exposición a entornos enriquecidos con múltiples estímulos visuales y auditivos. Otro aspecto destacado es la mejora en la adherencia, puesto que los programas basados en realidad virtual parecen favorecer la continuidad en los protocolos de prevención. Finalmente, se identifica un impacto positivo en la calidad de vida de los adultos mayores, consecuencia directa de las mejoras alcanzadas en las variables físicas, cognitivas y sensoriales.

Estos hallazgos sugieren que esta tecnología puede desempeñar un papel importante en la prevención de caídas en personas mayores, independientemente de si era realidad virtual inmersiva o bien, exergaming. Sin embargo, para profundizar en este tema, futuros estudios deberán evaluar y comparar los efectos de un programa de realidad virtual inmersiva con los programas de exergaming. Estas investigaciones podrían proporcionar información sobre las posibles diferencias en la eficacia de ambas propuestas, lo que permitiría poder optimizar las intervenciones para prevenir el riesgo de caídas en la población mayor.

## Referencias

- Barbosa Pena, S., Cristina Quatrini Carvalho Passos Guimarães, H., Lima Lopes, J., Santiago Guandalini, L., Taminato, M., Aparecida Barbosa, D., & Lúcia Bottura Leite de Barros, A. (2019). *Fear of falling and risk of falling: a systematic review and meta-analysis How to cite: Fear of falling and risk of falling: a systematic review and meta-analysis. Acta Paul Enferm Systematic Review*. 32(4), 456–463. <https://doi.org/10.1590/1982>
- Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-14>
- Beaulieu, L. (2015). Balance Rehabilitation using Xbox Kinect among an Elderly Population: A Pilot Study. *Journal of Novel Physiotherapies*, 05(02). <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000261>
- Cai, Y., Song, W., Li, J., Jing, Y., Liang, C., Zhang, L., Zhang, X., Zhang, W., Liu, B., An, Y., Li, J., Tang, B., Pei, S., Wu, X., Liu, Y., Zhuang, C.-L., Ying, Y., Dou, X., Chen, Y., ... Liu, G.-H. (2022). The landscape of aging. *Science China Life Sciences*, 65(12), 2354–2454. <https://doi.org/10.1007/s11427-022-2161-3>
- Casimiro Andújar, A. J. (2019). Prevención de la fragilidad y caídas en mayores mediante el ejercicio físico. *Revista Española de Educación Física y Deportes: REEFD*, ISSN-e 1133-6366, Nº. Extra 426, 2019 (Ejemplar Dedicado a: XV Congreso Internacional AEISAD), Págs. 57-66, 426, 57–66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7226245&info=resumen&idioma=ENG>
- Castellano-Aguilera, A., Biviá-Roig, G., Cuenca-Martínez, F., Suso-Martí, L., Calatayud, J., Blanco-Díaz, M., & Casaña, J. (2022). Effectiveness of Virtual Reality on Balance and Risk of Falls in People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114192>
- Chen, W. C., Li, Y. T., Tung, T. H., Chen, C., & Tsai, C. Y. (2021). The relationship between falling and fear of falling among community-dwelling elderly. *Medicine (United States)*, 100(26), E26492. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026492>
- Cobo, C. M. S. (2014). The influence of institutionalization on the perception of autonomy and quality of life in old people. *Revista Da Escola de Enfermagem Da USP*, 48(6), 1013–1019. <https://doi.org/10.1590/S0080-623420140000700008>
- De Morton N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *The Australian journal of physiotherapy*, 55(2), 129–133. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(09)70043-1)
- Dykes, P. C., Curtin-Bowen, M., Lipsitz, S., Franz, C., Adelman, J., Adkison, L., Bogaisky, M., Carroll, D., Carter, E., Herlihy, L., Lindros, M. E., Ryan, V., Scanlan, M., Walsh, M. A., Wien, M., & Bates, D. W. (2023). Cost of Inpatient Falls and Cost-Benefit Analysis of Implementation of an Evidence-Based Fall Prevention Program. *JAMA Health Forum*, 4(1), E225125. <https://doi.org/10.1001/jamahealthforum.2022.5125>
- Fakhro, M. A., Hadchiti, R., & Awad, B. (2020). Effects of Nintendo Wii fit game training on balance among Lebanese older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(11), 2271–2278. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01425-x>
- Gama, Z. A. da S., & Gómez-Conesa, A. (2008). Factores de riesgo de caídas en ancianos: revisión sistemática. *Revista de Saude Pública*, 42(5), 946–956. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102008000500022>
- García, A. M. A., & Maya, Á. M. S. (2014). Análisis del concepto de envejecimiento. *Gerokomos*, 25(2), 57–62. <https://doi.org/10.4321/s1134-928x2014000200002>
- García-López, H., Obrero-Gaitán, E., Castro-Sánchez, A. M., Lara-Palomo, I. C., Nieto-Escamez, F. A., Cortés-Pérez, I. (2021). Non-immersive virtual reality to improve balance and reduce risk of falls in people diagnosed with parkinson's disease: A systematic review. In *Brain Sciences* (Vol. 11, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/brainsci11111435>
- Gomes, G. C. V., Simões, M. do S., Lin, S. M., Bacha, J. M. R., Viveiro, L. A. P., Varise, E. M., Carvas Junior, N., Lange, B., Jacob Filho, W., & Pompeu, J. E. (2018). Feasibility, safety, acceptability, and

functional outcomes of playing Nintendo Wii Fit PlusTM for frail older adults: A randomized feasibility clinical trial. *Maturitas*, 118, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.10.002>

Gomez-Conesa, A., Serrano, C. S., Matamoros, D. C., & López-López, J. A. (2015). The Spanish translation and adaptation of the Pedro scale. *Physiotherapy*, 101, e463-e464

Hocking, D. R., Ardalan, A., Abu-Rayya, H. M., Farhat, H., Andoni, A., Lenroot, R., & Kachnowski, S. (2022). Feasibility of a virtual reality-based exercise intervention and low-cost motion tracking method for estimation of motor proficiency in youth with autism spectrum disorder. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00978-1>

Hollman, J. H., Brey, R. H., Bang, T. J., & Kaufman, K. R. (2007). Does walking in a virtual environment induce unstable gait? *Gait & Posture*, 26(2), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.09.075>

Kannus, P., Palvanen, M., Niemi, S., & Parkkari, J. (2007). Alarming Rise in the Number and Incidence of Fall-Induced Cervical Spine Injuries Among Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(2), 180–183. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.2.180>

Kramer, A., Dettmers, C., & Gruber, M. (2014). Exergaming with additional postural demands improves balance and gait in patients with multiple sclerosis as much as conventional balance training and leads to high adherence to home-based balance training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(10), 1803–1809. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.04.020>

Lee, Y.-H., Lin, C.-H., Wu, W.-R., Chiu, H.-Y., & Huang, H.-C. (2023). Virtual reality exercise programs ameliorate frailty and fall risks in older adults: A meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 71(9), 2946–2955. <https://doi.org/10.1111/jgs.18398>

Liao, Y.-Y., Chen, I.-H., & Wang, R.-Y. (2019). Effects of Kinect-based exergaming on frailty status and physical performance in prefrail and frail elderly: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 9(1), 9353. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45767-y>

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. In *PLoS Medicine* (Vol. 6, Issue 7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Lima Rebêlo, F., de Souza Silva, L. F., Doná, F., Sales Barreto, A., & de Souza Siqueira Quintans, J. (2021). Immersive virtual reality is effective in the rehabilitation of older adults with balance disorders: A randomized clinical trial. *Experimental Gerontology*, 149, 111308. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111308>

Manlapaz, D. G., Sole, G., Jayakaran, P., & Chapple, C. M. (2022). Exergaming to improve balance and decrease the risk of falling in adults with knee osteoarthritis: a mixed-methods feasibility study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 38(13), 2428–2440. <https://doi.org/10.1080/09593985.2021.1952670>

Maranesi, E., Casoni, E., Baldoni, R., Barboni, I., Rinaldi, N., Tramontana, B., Amabili, G., Benadduci, M., Barbarossa, F., Luzi, R., Di Donna, V., Scondoni, P., Pelliccioni, G., Lattanzio, F., Riccardi, G. R., & Bevilacqua, R. (2022). The Effect of Non-Immersive Virtual Reality Exergames versus Traditional Physiotherapy in Parkinson's Disease Older Patients: Preliminary Results from a Randomized-Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph192214818>

Moseley, A. M., Herbert, R. D., Sherrington, C., & Maher, C. G. (2002). Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy*, 48(1), 43–49. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6)

Mousavi Hondori, H., & Khademi, M. (2014). A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation. *Journal of Medical Engineering*, 2014, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2014/846514>

Muhla, F., Clanché, F., Duclos, K., Meyer, P., Maïaux, S., Colnat-Coulbois, S., & Gauchard, G. C. (2020). Impact of using immersive virtual reality over time and steps in the Timed Up and Go test in elderly people. *PLOS ONE*, 15(3), e0229594. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229594>

- Ogawa, E. F., Huang, H., Yu, L. F., Gona, P. N., Fleming, R. K., Leveille, S. G., & You, T. (2020). Effects of Exergaming on Cognition and Gait in Older Adults at Risk for Falling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(3), 754–761. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002167>
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Viljanen, A., & Rantanen, T. (2006). Genetic factors and susceptibility to falls in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(4), 613–618. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00678.x>
- Peel, N. M. (2011). Epidemiology of falls in older age. *Canadian Journal on Aging*, 30(1), 7–19. <https://doi.org/10.1017/S071498081000070X>
- Petretto, D. R., Pili, R., Gaviano, L., Matos López, C., & Zuddas, C. (2016). Envejecimiento activo y de éxito o saludable: una breve historia de modelos conceptuales. In *Revista Española de Geriatría y Gerontología* (Vol. 51, Issue 4, pp. 229–241). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2015.10.003>
- Pietrzak, E., Pullman, S., & McGuire, A. (2014). Using Virtual Reality and Videogames for Traumatic Brain Injury Rehabilitation: A Structured Literature Review. In *Games for Health Journal* (Vol. 3, Issue 4, pp. 202–214). Mary Ann Liebert Inc. <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0013>
- Podsiadlo, J. D., Bscpt, S., & Richardson, M. D. J. (1991). The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. In *J Am Geriatr SOC* (Vol. 39).
- Prasertsakul, T., Kaimuk, P., Chinjenpradit, W., Limroongreungrat, W., & Charoensuk, W. (2018). The effect of virtual reality-based balance training on motor learning and postural control in healthy adults: a randomized preliminary study. *BioMedical Engineering Online*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0550->
- Psotka, J. (1995). Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*, 23(5–6), 405–431. <https://doi.org/10.1007/BF00896880>
- Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D., & Morouço, P. (2022). A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19020874>
- Sadeghi, H., Jehu, D. A., Daneshjoo, A., Shakoor, E., Razeghi, M., Amani, A., Hakim, M. N., & 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>
- Tahmosybayat, R., Baker, K., Godfrey, A., Caplan, N., & Barry, G. (2018). Movements of older adults during exergaming interventions that are associated with the Systems Framework for Postural Control: A systematic review. *Maturitas*, 111, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.03.005>
- Torre, M. M., & Temprado, J.-J. (2022). Effects of Exergames on Brain and Cognition in Older Adults: A Review Based on a New Categorization of Combined Training Intervention. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.859715>
- World Health Organization: WHO. (2024, 1 octubre). *Envejecimiento y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Xu, Q., Ou, X., & Li, J. (2022). The risk of falls among the aging population: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.902599>
- Zahedian-Nasab, N., Jaberi, A., Shirazi, F., & Kavousipor, S. (2021). Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 21(1), 509. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02462-w>
- Zhao, R., Zhao, X., Guan, J., Zhang, C., & Zhu, K. (2023). The effect of virtual reality technology on anti-fall ability and bone mineral density of the elderly with osteoporosis in an elderly care institution. *European Journal of Medical Research*, 28(1), 204. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01165-9>