



Efectos de un programa de Exergaming sobre variables cardiometabólicas y funcionales en pacientes con riesgo cardiovascular

Effects of an Exergaming program on cardiometabolic and functional outcomes in patients at cardiovascular risk

Autores

Nohora Bohórquez Martínez ¹
Catalina Rosas Pérez ²
Oscar Durán Vivas ²
Andrés Pinzón Vargas ²
Edward Ayala Noy ²
Darío Mendoza Romero ²
Yenny Argüello Gutiérrez ²
Luis Alberto Cardozo ³
Isabel Adriana Sánchez ²

¹ Corporación Universitaria Iberoamericana (Colombia)

² Universidad Santo Tomás (Colombia)

³ Fundación Universitaria del Área Andina (Colombia)

Autor de correspondencia:
Nohora Bohórquez Martínez
nohora.bohorquez@docente.ibero.edu.co

Recibido: 12-04-26

Aceptado: 30-05-26

Cómo citar en APA

Bohórquez Martínez, N., Rosas Pérez, C., Durán Vivas, O., Pinzón Vargas, A., Ayala Noy, E., Mendoza Romero, D., Argüello Gutiérrez, Y. P., Cardozo, L. A., & Sánchez Rojas, I. A. (2026). Efectos de un programa de Exergaming sobre variables cardiometabólicas y funcionales en pacientes con riesgo cardiovascular. *Retos*, 83, 462-475.
<https://doi.org/10.47197/retos.v83.119667>

Resumen

Introducción: Las enfermedades cardiovasculares representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias innovadoras de ejercicio físico orientadas a la prevención y rehabilitación cardiometabólica. En este contexto, el exergaming surge como una alternativa tecnológica con potencial terapéutico y motivacional.

Objetivo: Evaluar los efectos de un programa de exergaming mediante Ring Fit Adventure de Nintendo Switch sobre variables cardiometabólicas y funcionales en adultos con riesgo cardiovascular.

Metodología: Se realizó estudio cuasiexperimental con 16 pacientes con riesgo cardiovascular. La intervención tuvo una duración de 16 semanas e incluyó sesiones de actividad física mediante exergaming. Se evaluaron variables hemodinámicas, composición corporal y condición física antes y después de la intervención. El análisis estadístico se realizó mediante modelos robustos bootstrap, análisis pareados con corrección FDR y análisis de componentes principales.

Resultados: Se observaron mejoras significativas en fuerza prensil y en la prueba de levantarse y sentarse en 30 segundos, además de una disminución clínicamente favorable de la presión arterial sistólica y diastólica. Los cambios en composición corporal fueron menos consistentes y presentaron mayor heterogeneidad interindividual. El análisis multivariado mostró patrones de adaptación asociados con variables antropométricas, metabólicas y funcionales.

Discusión: Los hallazgos coinciden con investigaciones previas que reportan beneficios del ejercicio físico y del exergaming sobre la capacidad funcional y el control hemodinámico.

Conclusiones: El programa produjo mejoras funcionales relevantes y una posible reducción favorable de presión arterial en pacientes con riesgo cardiovascular, respaldando su potencial como estrategia complementaria de prevención y rehabilitación cardiometabólica.

Palabras clave

Ejercicio físico; enfermedades cardiovasculares; rehabilitación; videojuegos.

Abstract

Introduction: Cardiovascular diseases are among the leading causes of morbidity and mortality worldwide, which has promoted the development of innovative physical exercise strategies aimed at cardiometabolic prevention and rehabilitation. In this context, exergaming has emerged as a technological alternative with therapeutic and motivational potential.

Objective: To evaluate the effects of an exergaming program using Nintendo Switch Ring Fit Adventure on cardiometabolic and functional outcomes in adults at cardiovascular risk.

Methodology: A quasiexperimental study was conducted with 16 Patients at cardiovascular risk. The intervention lasted 16 weeks and included physical activity sessions based on exergaming. Hemodynamic outcomes, body composition, and physical fitness were assessed before and after the intervention. Statistical analysis was performed using robust bootstrap models, paired comparisons with false discovery rate correction, and principal component analysis.

Results: Significant improvements were observed in handgrip strength and in the 30 second sit-to-stand test, in addition to clinically favorable reductions in systolic and diastolic blood pressure. Changes in body composition were less consistent and exhibited greater interindividual variability. Multivariate analysis revealed adaptation patterns associated with anthropometric, metabolic, and functional outcomes.

Discussion: The findings are consistent with previous studies reporting benefits of physical exercise and exergaming on functional capacity and hemodynamic control.

Conclusions: The program produced relevant functional improvements and a possible favorable reduction in blood pressure in patients at cardiovascular risk, supporting its potential as a complementary strategy for cardiometabolic prevention and rehabilitation.

Keywords

Cardiovascular diseases; exercise; Exergaming; rehabilitation; video games



Introducción

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de mortalidad a nivel mundial, con aproximadamente 17.9 millones de muertes anuales, lo que representa cerca de un tercio de la mortalidad global (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Su impacto sobre la supervivencia conlleva una elevada carga social, económica y funcional, asociada con la pérdida de años de vida saludable y el incremento de los costos sanitarios (Enriquez-Del Castillo et al., 2024). Cerca del 75 % de estas muertes ocurre en países de ingresos bajos y medios, donde persisten limitaciones en el acceso a estrategias preventivas y programas de rehabilitación (Branigan et al., 2024). En América Latina, el aumento de factores de riesgo modificables, como la hipertensión arterial, la dislipidemia y el exceso de peso corporal, continúa asociándose con una mayor incidencia de eventos coronarios y cerebrovasculares (Martins et al., 2024), lo que resalta la importancia de implementar intervenciones no farmacológicas orientadas al control del riesgo cardiovascular y la promoción de estilos de vida saludables. Desde esta perspectiva, la evaluación del riesgo cardiovascular integra indicadores cardiometabólicos y funcionales, los cuales permiten identificar el estado de salud y estimar el riesgo de complicaciones cardiovasculares a largo plazo (Arias-Medina et al., 2020). Particularmente, la aptitud funcional se reconoce como un predictor independiente de morbilidad cardiovascular, dado que su deterioro se asocia con una mayor incidencia de complicaciones clínicas y mortalidad por todas las causas (Fernández et al., 2025); por ello, pruebas como el Test de la Marcha de 2 Minutos y la dinamometría manual constituyen herramientas válidas y reproducibles para evaluar cambios funcionales derivados de intervenciones basadas en ejercicio físico (Boeno et al., 2020).

Acciones como la práctica de actividad física regular constituye uno de los principales pilares en la prevención y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares. La evidencia científica demuestra que el ejercicio aeróbico y de fuerza favorece adaptaciones fisiológicas asociadas con la disminución de la presión arterial, la mejora del perfil lipídico, el incremento de la sensibilidad a la insulina y la reducción de procesos inflamatorios crónicos (Aguirre et al., 2026). Por ende, la OMS (2020) recomienda que los adultos acumulen entre 150 y 300 minutos semanales de actividad física aeróbica moderada, o entre 75 y 150 minutos de intensidad vigorosa. No obstante, más del 31% de la población adulta mundial no alcanza estos niveles mínimos de actividad física, situación que continúa en aumento desde el año 2000 (Guthold et al., 2020, citado en Enriquez-Del Castillo et al., 2024). Frente a este escenario, surge la necesidad de identificar estrategias innovadoras que favorezcan la adherencia al ejercicio y resulten accesibles y motivantes para diferentes poblaciones.

Diversos estudios han demostrado que el uso de videojuegos activos o exergaming puede incrementar los niveles de actividad física, favorecer la adherencia al ejercicio y mejorar algunos indicadores de condición física y salud cardiometabólica (Hoyos Quintero et al., 2022; Campo-Prieto et al., 2024), no obstante, la evidencia disponible en adultos con riesgo cardiovascular continúa siendo limitada. La mayoría de las investigaciones se han realizado con muestras reducidas, intervenciones de corta duración y plataformas con características y protocolos heterogéneos, lo que dificulta establecer conclusiones consistentes sobre sus efectos en variables cardiometabólicas y funcionales (Ketelhut et al., 2025). Así mismo, son escasos los estudios que han evaluado intervenciones prolongadas basadas específicamente en Ring Fit Adventure, particularmente en población latinoamericana, por lo que persiste un vacío de conocimiento respecto a su efectividad para mejorar simultáneamente indicadores cardiometabólicos y funcionales en adultos con riesgo cardiovascular.

A diferencia de otros exergames centrados principalmente en movimientos recreativos o actividades aeróbicas, Ring Fit Adventure integra ejercicios de fuerza mediante el accesorio Ring-Con, entrenamiento aeróbico, tareas de equilibrio y flexibilidad dentro de un sistema de progresión adaptativa. Además, ajusta la dificultad según el desempeño del usuario y proporciona retroalimentación continua sobre el rendimiento, características que permiten una dosificación más estructurada del ejercicio y podrían favorecer mayores adaptaciones fisiológicas y una mejor adherencia al programa (Chan et al., 2024).

Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de una intervención de 32 sesiones/16 semanas empleando un exergaming como el Ring Fit Adventure, sobre variables cardiometabólicas (presión arterial sistólica, presión arterial diastólica y frecuencia cardíaca) y funcionales (fuerza de prensión manual y prueba de marcha de 2 minutos) en adultos con riesgo cardiovascular,



mediante la comparación de los resultados obtenidos antes y después de la intervención, planteando como hipótesis de que dicha intervención produciría mejoras significativas en los indicadores cardiometabólicos y funcionales evaluados.

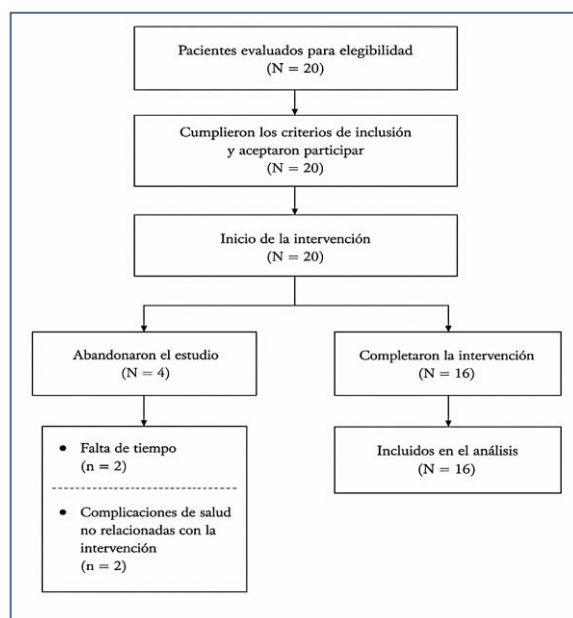
Método

Se realizó un estudio cuasi experimental longitudinal con mediciones pre y post intervención.

Participantes

Inicialmente fueron reclutados 20 participantes mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia; durante el seguimiento, cuatro abandonaron el estudio por falta de tiempo y dos por complicaciones de salud no relacionadas con la intervención, por lo que el análisis final incluyó 16 participantes (10 hombres y 6 mujeres), con una edad promedio de 55,6 años para los hombres y 46,8 años para las mujeres. El tamaño muestral estuvo determinado por la disponibilidad de participantes que cumplían los criterios de inclusión durante el periodo de reclutamiento y por la factibilidad de desarrollar una intervención supervisada de 16 semanas, acorde con las condiciones logísticas y operativas del estudio. Como criterios de inclusión, los participantes debían: i) pacientes con presencia de riesgo cardiovascular determinado por diagnóstico médico confirmado o por la previa existencia de uno o más factores modificables como sobrepeso/obesidad, hipertensión, dislipidemia, sedentarismo, diabetes mellitus tipo 2; ii) capacidad funcional estable que les permita la práctica de ejercicio físico supervisado; iii) haber firmado un consentimiento informado detallando su participación voluntaria en el estudio. Cabe resaltar que los participantes vinculados al estudio presentaban riesgo cardiovascular asociado a uno o más factores modificables, entre ellos hipertensión arterial, sobrepeso u obesidad, dislipidemia, sedentarismo y diabetes mellitus tipo 2; a pesar de ello, se encontraban clínicamente estables y con autorización médica para participar en un programa de ejercicio físico supervisado.

Figura 1. Diagrama de flujo de los participantes



Fuente: elaboración propia

Procedimiento

Para el desarrollo del presente estudio se evaluaron variables relacionadas con la condición física, la composición corporal y el estado hemodinámico de los participantes. La valoración hemodinámica incluyó la medición de la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la presión arterial. En relación con la composición corporal, los participantes fueron evaluados mediante bioimpedanciometría. Por su parte, la condición física se determinó a través de pruebas funcionales y de aptitud física, entre las que se incluyeron: el test de marcha estática de 2 Minutos, la prueba Sit and Reach, la evaluación de fuerza prensil mediante dinamometría y la prueba de levantarse y sentarse de la silla.

Instrumentos

Para la medición de las constantes hemodinámicas se emplearon medidores marca Omron®; la presión arterial fue medida siguiendo las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM, 2025). Los participantes permanecieron sentados en reposo durante cinco minutos antes de la evaluación, con el brazo apoyado a la altura del corazón. Se realizaron dos mediciones consecutivas con un intervalo de un minuto, registrándose el promedio de los valores obtenidos. Cabe resaltar, que los valores de la frecuencia cardíaca eran dados por el mismo instrumento. En cuanto a la frecuencia respiratoria, la misma se determinó mediante inspección visual de la expansión torácica en reposo, contabilizando el número de ciclos respiratorios completos. Para la evaluación de la composición corporal se utilizó la Báscula Tanita® BC587, para lo cual se les solicitó a los participantes evitar el ejercicio físico intenso, consumo de alimentos y bebidas estimulantes en las horas previas a la evaluación; durante la prueba, los sujetos permanecieron descalzos y en posición erguida sobre el dispositivo. Finalmente, el monitoreo de los sujetos fue realizado mediante la banda Polar Elite® HRV, con el fin de controlar las cargas y posibles variaciones de los sujetos durante la intervención.

Condición física

La evaluación de la condición física incluyó pruebas funcionales y de aptitud física relacionadas con capacidad aeróbica, flexibilidad y fuerza muscular. Para ello fueron empleados: el test de marcha estática de 2 minutos, la prueba Sit and reach, dinamometría de prensión manual y la prueba de levantarse y sentarse de la silla, aplicadas bajo procedimientos estandarizados.

Intervención

La intervención se basó en la aplicación de un programa de ejercicio físico supervisado mediante el videojuego Ring Fit Adventure (Nintendo Switch®, Nintendo Co., Ltd., Kioto, Japón), con una duración de 16 semanas y una frecuencia de dos sesiones semanales, para un total de 32 sesiones. Todas las sesiones fueron dirigidas y supervisadas por los investigadores responsables del estudio con el apoyo de estudiantes del semillero de investigación previamente capacitados en la aplicación del protocolo, garantizando la estandarización de la intervención (Figura 1). Cada sesión estuvo conformada por un componente de fuerza y un componente aeróbico; en cuanto al trabajo de fuerza, se desarrolló mediante el modo libre y las tablas de ejercicios de Ring Fit Adventure (nivel 1), incluyendo entre 9 y 15 ejercicios monoarticulares, multiarticulares y de estabilización del CORE, entre ellos elevación de rodillas, pasos laterales, zancadas con rotación, sentadillas, prensa vertical, prensa de hombro, arco con anillo, tríceps, prensa frontal, rotación dorsal, rodilla al pecho y elevación de cadera. Se realizó una serie por ejercicio, con una duración aproximada de 20 minutos. La intensidad se controló mediante la escala OMNI Resistance Exercise Scale (OMNI-RES), manteniendo una percepción subjetiva del esfuerzo entre 1 y 4, lo cual corresponde con una intensidad ligera a moderada.

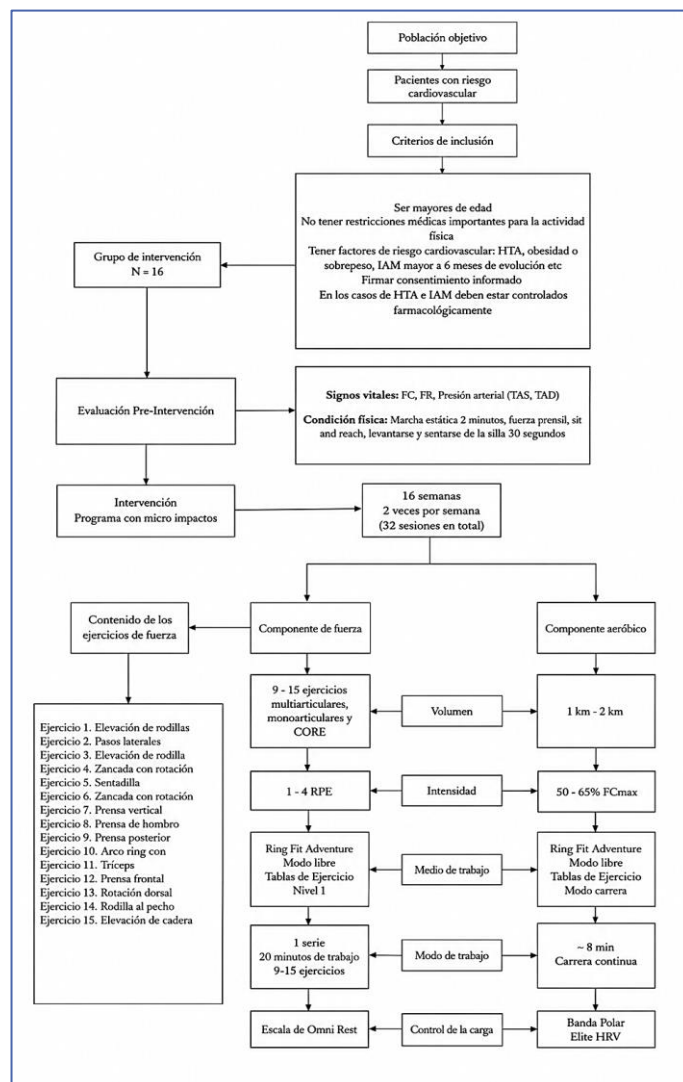
El componente aeróbico consistió en el modo carrera del videojuego, recorriendo entre 1 y 2 km por sesión durante aproximadamente 8 minutos de carrera continua. La intensidad se mantuvo entre el 50 y el 65 % de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}), monitorizada en tiempo real mediante una banda Polar Elite HRV®, permitiendo ajustar la carga de entrenamiento de acuerdo con la respuesta fisiológica individual de cada participante.

De los 20 participantes inicialmente reclutados, 16 completaron la totalidad del programa, lo que representa una tasa de retención del 80 %. Se registraron cuatro pérdidas durante el seguimiento: dos participantes se retiraron por limitaciones de tiempo y dos por complicaciones de salud no relacionadas con la intervención. Los 16 participantes que finalizaron el estudio asistieron a la totalidad de las sesiones programadas, alcanzando una adherencia del 100 % al protocolo de intervención. Durante el desarrollo



del programa no se registraron eventos adversos atribuibles al ejercicio ni al uso de Ring Fit Adventure. En cuanto al control farmacológico, no se reportaron modificaciones de tipo farmacológico, sin embargo, aquellos pacientes con medicación para el manejo de la hipertensión debían reportar la hora de consumo de sus medicamentos, la cual por sugerencia debía realizarse con 2 horas previas a la actividad física. De igual manera, se les indicó a los participantes que debían mantener su rutina de alimentación de modo que este aspecto no incidiera posteriormente en las valoraciones.

Figura 2. Protocolo de intervención



Fuente: elaboración propia

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó en el entorno de RStudio. Los datos fueron estructurados en formato longitudinal para preservar la naturaleza intrasujeto de las mediciones repetidas. El análisis se centró en la estimación de cambios intraindividuo mediante el cálculo de puntajes de cambio ($\Delta = \text{Post} - \text{Pre}$) para cada variable. Sobre estos, se obtuvieron estimaciones de cambio medio junto con intervalos de confianza del 95% mediante remuestreo bootstrap a nivel de sujeto, con el fin de proporcionar inferencias robustas ante el tamaño muestral reducido. Para el análisis multivariado, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) sobre los puntajes de cambio estandarizados, evaluando la varianza explicada y las cargas factoriales de los componentes principales (Aldás Manzano & Uriel Jiménez, 2017).

Adicionalmente, se implementaron modelos lineales sobre los puntajes de cambio para variables seleccionadas, incorporando el sexo como covariable, con estimación de coeficientes, intervalos de confianza y valores p mediante procedimientos bootstrap. Se aplicó corrección por tasa de descubrimiento falso (FDR) utilizando el procedimiento de Benjamini-Hochberg procedure para controlar el error por comparaciones múltiples. Asimismo, se calcularon tamaños del efecto para medidas repetidas (Cohen's *dz*) y se emplearon representaciones gráficas longitudinales tipo "spaghetti" para visualizar la trayectoria individual de las variables con mayor magnitud de cambio.

Consideraciones éticas

El presente estudio contó con el aval del Comité de Ética en Investigación (CIDEIN) de la Corporación Universitaria Iberoamericana con número de referencia, acto administrativo llevado a cabo el 8 de mayo del 2025. Adicionalmente, se enmarcó bajo las normativas éticas señaladas en la resolución 008430/93 la cual clasifica este estudio como de riesgo mínimo (Ministerio de Salud, 1993); las pautas de la Declaración de Helsinki para investigaciones en seres humanos y la ley 1581/2012, la cual establece los parámetros de protección y anonimidad de los datos de los participantes los cuales serán usados con fines académicos (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Resultados

En total, participaron 16 personas en el análisis, de las cuales 10 eran hombres y 6 mujeres. Todos completaron las mediciones antes y después de la intervención basada en Exergaming. El análisis se centró en identificar los cambios experimentados por cada participante entre el inicio y el final del programa, teniendo en cuenta posibles errores derivados de múltiples comparaciones. Además, se exploró cómo respondieron las diferentes variables en conjunto mediante un análisis multivariado. Con el fin de obtener resultados más sólidos y confiables, especialmente considerando el tamaño reducido de la muestra y la posible distribución no normal de algunas variables, se emplearon modelos estadísticos robustos y técnicas de remuestreo (bootstrap) a nivel individual. Los valores basales de las variables hemodinámicas, de condición física y de composición corporal se presentan de forma descriptiva según sexo (Tabla 1).

Tabla 1. Características basales de los participantes

Variable	Total (n=16)	Masculino (n=10)	Femenino (n=6)
Signos vitales			
Frecuencia cardiaca, lpm	76,44 ± 10,62	76,60 ± 8,47	76,17 ± 14,46
Frecuencia respiratoria, rpm	17,38 ± 2,68	17,50 ± 3,03	17,17 ± 2,23
TAS, mmHg	123,19 ± 15,06	124,90 ± 17,43	120,33 ± 10,86
TAD, mmHg	74,56 ± 11,69	73,30 ± 11,97	76,67 ± 11,99
Condición física			
Marcha estática 2 min, pasos	84,56 ± 15,23	82,60 ± 15,33	87,83 ± 15,89
Fuerza prensil, kg	22,27 ± 8,04	23,32 ± 9,81	20,52 ± 3,84
Sit and Reach, cm	3,92 ± 13,77	-1,99 ± 12,47	13,78 ± 10,10
Levantarse y sentarse 30 s, repeticiones	19,00 ± 3,25	18,80 ± 3,97	19,33 ± 1,75
Composición corporal			
Peso, kg	71,21 ± 16,17	72,98 ± 18,59	68,25 ± 12,08
Grasa corporal, %	29,60 ± 6,49	26,64 ± 6,20	34,53 ± 3,25
Masa muscular, kg	49,05 ± 9,67	52,07 ± 9,08	44,02 ± 9,15
Masa ósea, kg	2,89 ± 0,47	2,99 ± 0,48	2,73 ± 0,45
Agua corporal, kg	37,63 ± 11,41	38,06 ± 7,70	36,91 ± 16,82
Grasa visceral	30,70 ± 12,27	31,48 ± 9,96	29,41 ± 16,42
Edad metabólica, años	68,20 ± 18,20	70,52 ± 21,44	64,32 ± 11,71
TMB, kcal	1318,71 ± 206,54	1337,95 ± 229,00	1286,63 ± 177,77
IMC, kg/m ²	25,96 ± 4,37	25,56 ± 4,75	26,62 ± 3,99
Perímetro de cintura, cm	95,83 ± 13,48	97,00 ± 12,70	93,87 ± 15,73
Perímetro de cadera, cm	103,88 ± 12,63	100,08 ± 7,63	110,22 ± 17,22
ICT	0,58 ± 0,07	0,58 ± 0,06	0,59 ± 0,09
ICC	0,93 ± 0,12	0,97 ± 0,11	0,86 ± 0,10

Al comparar los valores pre y post intervención, la fuerza de prensión manual aumentó de 22,27 a 25,97 kg, con un cambio medio de 3,70 kg (IC95%: 2,50–5,33; Cohen's *dz* = 1,23). Asimismo, el número de



repeticiones en la prueba de levantarse y sentarse en 30 segundos aumentó de 19,0 a 22,5 repeticiones, con un cambio medio de 3,50 repeticiones (IC95%: 2,06–5,25; Cohen's $d_z = 1,00$) (Tabla 2).

Tabla 2. Pruebas pareadas pre-post con corrección FDR en las variables con mayor evidencia

Variable	Media Pre	Media Post	Cambio Medio	IC95% Bootstrap	Cohen d_z
Fuerza Prensil (kg)	22.27	25.97	+3.70	[2.50, 5.33]	1.23
Levantarse y sentarse 30s (rep)	19.0	22.5	+3.50	[2.06, 5.25]	1.00
TAD (mmHg)	74.56	69.25	-5.31	[-9.06, -1.75]	-0.68

Las variables hemodinámicas mostraron una disminución de la presión arterial diastólica de 5,31 mmHg y de la presión arterial sistólica de 7,44 mmHg. En el modelo robusto bootstrap, el cambio en la presión arterial sistólica presentó un coeficiente de -11,70 mmHg (IC95%: -21,67 a -3,09; $p = 0,001$) (Tabla 3).

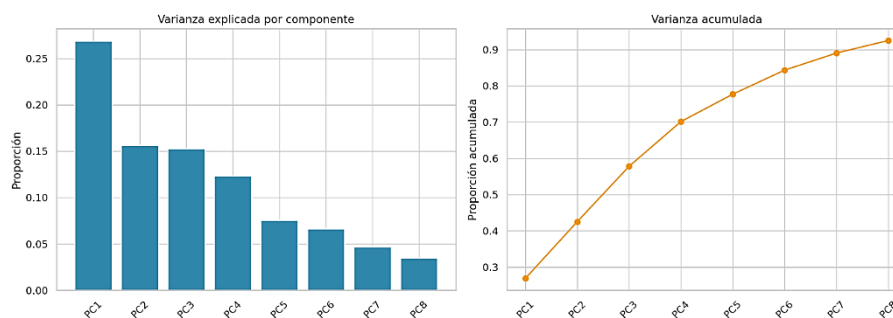
En cuanto a las variables de composición corporal, el porcentaje de grasa corporal presentó un cambio de -0,32 puntos porcentuales en el modelo robusto bootstrap, sin evidencia estadística de cambio (IC95%: -1,91 a 1,24; $p = 0,621$) (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de modelos robustos bootstrap sobre puntajes de cambio para variables principales.

Variable	Coefficiente (Intercepto)	IC95% Bootstrap	p Bootstrap
TAS cambio	-11.70	[-21.67, -3.09]	0.001
Fuerza prensil cambio	+4.38	[2.61, 6.81]	<0.001
Grasa corporal cambio	-0.32	[-1.91, 1.24]	0.621

El análisis de componentes principales aplicado a los puntajes de cambio permitió resumir la respuesta multivariada al programa. El primer componente principal explicó el 26,88% de la variación total, mientras que el segundo explicó el 15,63%, para una variación acumulada del 42,50% entre ambos. Este patrón indica que una proporción sustancial, aunque no exhaustiva, de la heterogeneidad de respuesta puede resumirse en dos dimensiones latentes.

Figura 3. Varianza explicada por componente.



Fuente: elaboración propia

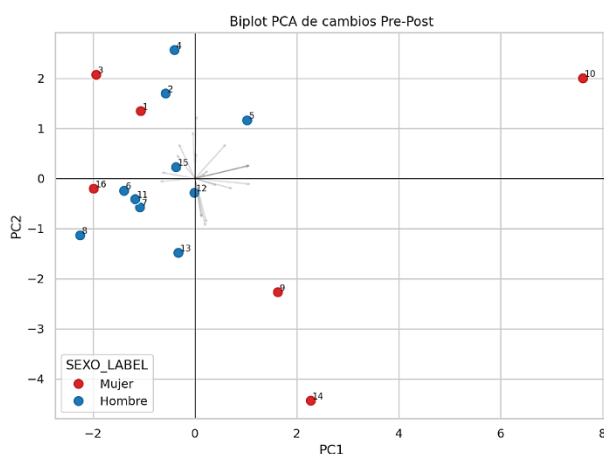
La inspección de las cargas factoriales mostró que el PC1 estuvo dominado principalmente por cambios en masa muscular, IMC, peso y TMB, con contribuciones adicionales de agua y grasa corporales. En conjunto, este componente parece reflejar un eje de recomposición corporal y ajuste metabólico global, donde varios marcadores antropométricos y de masa corporal se desplazan de manera coordinada. Por su parte, el PC2 estuvo más influido por edad metabólica, grasa visceral y variables de adiposidad central, incluyendo perímetro de cintura y perímetro de cadera, configurando un eje más vinculado a distribución corporal y riesgo cardiometabólico central (tabla 3).

Tabla 4. Matriz de cargas de los componentes principales

Variable	PC1	PC2
Masa muscular (kg)	0.413	-0.043
IMC	0.408	0.096
Peso (kg)	0.407	0.100
TMB	0.407	0.100
Edad metabólica	0.013	0.480
Grasa visceral	-0.014	0.353
Perímetro cintura (cm)	0.078	-0.360
Perímetro cadera (cm)	0.085	-0.331
Agua corporal (kg)	0.273	-0.075
Grasa corporal (%)	0.229	0.258

La representación bivariada de los sujetos sobre el plano PC1-PC2 no mostró una separación tajante por sexo, aunque sí sugirió heterogeneidad interindividual en la magnitud y dirección de la respuesta al programa. Esto indica que, aun cuando existen tendencias grupales, el efecto del ejercicio no fue uniforme entre los participantes y probablemente estuvo modulada por condiciones basales, reserva funcional, adherencia o intensidad relativa del entrenamiento.

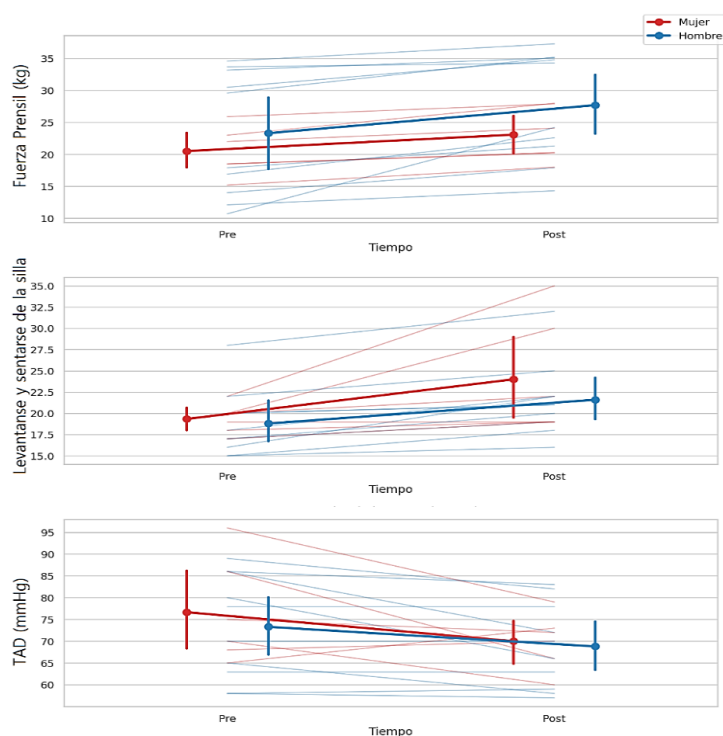
Figura 4. Biplot de los componentes principales PC1 y PC2.



Nota. Los sujetos están representados por color según el sexo.

En los modelos robustos sobre los puntajes de cambio, la fuerza de prensión manual presentó un incremento estimado de 4,38 kg (IC95% bootstrap: 2,61–6,81; $p < 0,001$). Para la presión arterial sistólica, se estimó un cambio de -11,70 mmHg (IC95% bootstrap: -21,67 a -3,09; $p = 0,001$). En contraste, el cambio estimado en el porcentaje de grasa corporal fue de -0,32 puntos porcentuales (IC95% bootstrap: -1,91 a 1,24; $p = 0,621$) (Tabla 2). Respecto al sexo, los modelos exploratorios mostraron diferencias en la magnitud de los cambios para algunas variables; sin embargo, estos resultados se presentan de manera descriptiva debido al reducido número de participantes en cada subgrupo. La visualización longitudinal individual mostró las trayectorias pre-post de la fuerza de prensión manual, la prueba de levantarse y sentarse en 30 segundos y la presión arterial diastólica (Figura 5). Se observaron variaciones en la magnitud y dirección de los cambios entre los participantes.

Figura 5. Spaghetti plots de las tres variables con cambios más relevantes, estratificados por sexo.



Discusión

Se expresan de forma clara las relaciones y Los hallazgos de este estudio sugieren que la participación en un programa de exergaming se asoció con cambios favorables en algunas variables de desempeño funcional, particularmente en la fuerza de prensión manual y en la prueba de levantarse y sentarse de la silla en 30 segundos. Estos cambios reflejan una mejoría en medidas relacionadas con la función neuromuscular y el desempeño físico, variables de interés en adultos debido a su relación con la capacidad funcional. La consistencia de los cambios observados en ambas pruebas y la magnitud de los efectos respaldan la relevancia de estos hallazgos, aunque su interpretación debe realizarse con cautela debido al tamaño reducido de la muestra y a la ausencia de un grupo control (Marzuca-Nassr et al., 2022; Meigh et al., 2022).

Un segundo hallazgo relevante fue la reducción de la presión arterial, particularmente de la TAS en el análisis robusto mediante bootstrap y de la TAD en el análisis pareado. Aunque la evidencia inferencial no fue uniforme entre los diferentes enfoques analíticos y perdió consistencia tras el ajuste por comparaciones múltiples, la dirección de los cambios fue favorable. Estos resultados podrían ser compatibles con una posible respuesta hemodinámica beneficiosa asociada con la participación en el programa; sin embargo, deben interpretarse con cautela debido al reducido tamaño muestral y a la ausencia de un grupo control. La variabilidad observada en las respuestas individuales también sugiere que factores como las características basales y la respuesta individual al ejercicio podrían influir en la magnitud de los cambios. En este sentido, los descensos observados en la presión arterial constituyen un hallazgo de interés que requiere ser confirmado en estudios con muestras mayores y diseños controlados (Cornelissen & Smart, 2013).

En contraste, los cambios en la composición corporal, particularmente en el porcentaje de grasa corporal, fueron menos concluyentes. La ausencia de cambios consistentes en esta variable debe interpretarse con cautela, considerando que las modificaciones en la adiposidad pueden requerir periodos de intervención más prolongados y depender de factores como la intensidad y el volumen del ejercicio, así como de los hábitos nutricionales. Asimismo, la variabilidad individual y el reducido tamaño de la muestra pueden limitar la capacidad para detectar cambios modestos en las variables de composición corporal. En comparación con las mejoras observadas en algunas variables funcionales, los resultados de este estudio sugieren una respuesta más evidente en el desempeño físico que en la composición corporal durante el periodo evaluado. Este comportamiento es consistente con investigaciones que han señalado

que las adaptaciones funcionales pueden preceder a cambios detectables en la composición corporal durante intervenciones de ejercicio en adultos con exceso de peso y riesgo cardiometabólico (Lopez et al., 2022).

La evidencia disponible también demuestra resultados heterogéneos respecto a los efectos del exergaming sobre la composición corporal. Un ensayo reciente publicado por Huang, et al., (2025), en adultos mayores que participaron en un programa de entrenamiento basado en exergaming no se encontraron diferencias significativas entre grupos en peso corporal, IMC, masa muscular, masa grasa ni porcentaje de grasa corporal, a pesar de observar mejoras en diferentes componentes de la condición física. De manera similar, Wu et al., (2023), en adultos mayores con demencia, observaron respuestas diferenciadas según la variable analizada: aunque el grupo de exergaming presentó mejoras en masa muscular, masa libre de grasa y otras variables funcionales, también se registró un incremento del porcentaje de grasa corporal.

El análisis multivariado aportó un valor añadido importante. El PCA mostró que la respuesta al programa no se limita a una sola variable aislada, sino que se organiza en dimensiones latentes que combinan cambios antropométricos, metabólicos y funcionales (Palacio et al., 2020). El primer componente agrupó especialmente variables relacionadas con peso, IMC, masa muscular y TMB, lo que sugiere un eje de adaptación corporal integral. El segundo componente, más ligado a edad metabólica y adiposidad central, sugiere que algunos participantes pudieron experimentar una respuesta centrada en el perfil cardiometabólico más que en el rendimiento físico puro. Esta estructura refuerza la idea de que el ejercicio induce respuestas multidimensionales y que los análisis univariados, por sí solos, pueden subestimar la complejidad del efecto biológico, situación previamente descrita en investigaciones sobre entrenamiento multicomponente y riesgo cardiometabólico (Luho et al., 2024).

La interpretación de las diferencias según sexo debe abordarse con cautela. Aunque se identificaron algunas tendencias en los modelos de cambio, la representación femenina fue menor en comparación con la masculina, lo que limita la precisión de las estimaciones estratificadas. En este sentido, la ausencia de diferencias estadísticamente significativa no debe asumirse como evidencia de equivalencia entre sexos, sino más bien como una posible falta de potencia para detectar heterogeneidad en la respuesta a la intervención. Futuras investigaciones con un balance muestral más equitativo permitirán explorar con mayor claridad las posibles interacciones entre el sexo y la respuesta al entrenamiento (Harb et al., 2021).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio presenta como fortaleza la implementación de estrategias analíticas robustas adaptadas a muestras pequeñas. Entre estas se incluyen la selección de pruebas en función de la normalidad de las diferencias, la aplicación de correcciones por comparaciones múltiples (FDR), el uso de técnicas de remuestreo bootstrap para la estimación de intervalos de confianza, y la inferencia basada en puntajes de cambio. Este conjunto de herramientas metodológicas reduce la dependencia de supuestos paramétricos estrictos y contribuye a mejorar la estabilidad y validez de los resultados en un contexto de alta dimensionalidad relativa frente al tamaño muestral.

Desde una perspectiva clínica, la mejora evidenciada en variables funcionales como la fuerza de prensión y el desempeño en la prueba de levantarse y sentarse constituye un argumento para considerar el exergaming como una estrategia complementaria dentro de programas orientados al mantenimiento o mejora de la capacidad funcional. La posibilidad de integrar movimientos repetitivos, retroalimentación visual y objetivos definidos mediante una plataforma digital puede favorecer experiencias de ejercicio más interactivas y potencialmente facilitar la participación. Sin embargo, su implementación clínica requiere una adecuada selección de las actividades y una adaptación a las capacidades funcionales y características individuales de cada persona. Por tanto, el exergaming no debería plantearse necesariamente como un elemento sustituto del ejercicio convencional, sino como herramienta complementaria que puede integrarse en programas supervisados por profesionales, especialmente cuando se busca diversificar las estrategias de ejercicio y favorecer la participación. La progresión de la dificultad, la seguridad de las tareas y el seguimiento de la respuesta individual son elementos necesarios para determinar su utilidad en diferentes contextos clínicos (Salas et al., 2026).

En conjunto, los hallazgos sugieren que el programa de exergaming generó una mejoría funcional consistente, acompañada de una posible reducción favorable de la presión arterial, así como de un patrón

multivariado de adaptación corporal compatible con beneficios cardiometabólicos tempranos. No obstante, estos resultados deben interpretarse como preliminares y de carácter exploratorio. En este sentido, se hace necesaria la realización de estudios con mayor tamaño muestral, periodos de seguimiento más prolongados y enfoques de modelamiento longitudinal que permitan confirmar la magnitud, consistencia y sostenibilidad de los efectos observados.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

El presente estudio presenta varias limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el tamaño muestral reducido restringe tanto la generalización de los hallazgos como la capacidad para identificar efectos de magnitud pequeña o moderada. En segundo lugar, la ausencia de un grupo control limita la posibilidad de establecer relaciones causales con plena certeza, dado que parte de los cambios observados podría estar influida por fenómenos como la regresión a la media, variaciones espontáneas o factores no controlados.

Adicionalmente, no se incluyeron variables potencialmente moduladoras de la respuesta a la intervención, como la adherencia al programa, la intensidad real del entrenamiento alcanzada, la ingesta dietética, la presencia de comorbilidades o el uso de medicación antihipertensiva. La omisión de estos factores puede haber influido de manera relevante en la variabilidad de los resultados observados.

Por último, la evaluación de la composición corporal se realizó en un contexto aplicado, lo que implica el uso de herramientas cuya precisión puede ser inferior a la de métodos de referencia. Esta condición podría haber contribuido a atenuar la magnitud de los cambios detectados y, en consecuencia, la señal estadística asociada.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio evidencian que un programa de exergaming basado en Ring Fit Adventure de Nintendo Switch genera mejoras funcionales significativas en adultos con riesgo cardiovascular. En particular, se observaron incrementos consistentes en la fuerza de prensión manual y en el desempeño de la prueba de levantarse y sentarse en 30 segundos, lo que indica una adaptación favorable del sistema neuromuscular y una optimización de la capacidad funcional tras 16 semanas de intervención. Estos cambios no solo son estadísticamente relevantes, sino también clínicamente significativos en el contexto de la prevención cardiovascular.

En términos cardiometabólicos, la intervención se asoció con reducciones favorables en la presión arterial sistólica y diastólica, lo que sugiere un efecto positivo sobre la regulación hemodinámica y una posible disminución del riesgo cardiovascular global. Aunque las variables de composición corporal no mostraron cambios robustos desde un enfoque univariado, el análisis multivariado permitió identificar patrones de adaptación coherentes con un proceso de ajuste metabólico y recomposición corporal incipiente, lo que refuerza la plausibilidad biológica de los efectos observados.

En conjunto, estos hallazgos aportan evidencia que respalda el uso del exergaming como una estrategia innovadora, factible y potencialmente efectiva para promover la actividad física en poblaciones con riesgo cardiovascular. Su carácter interactivo y motivacional lo posiciona como una alternativa particularmente útil para mejorar la adherencia a programas de ejercicio. No obstante, es importante considerar que, debido al tamaño muestral limitado y a la ausencia de un grupo control, los resultados deben interpretarse con prudencia y en clave exploratoria.

En consecuencia, se hace necesario avanzar hacia estudios con diseños metodológicos más robustos, que incluyan muestras de mayor tamaño, seguimiento longitudinal y un control más estricto de variables relevantes como la adherencia, la dieta, el uso de medicación y la intensidad del ejercicio. Estas aproximaciones permitirán confirmar la magnitud, consistencia y sostenibilidad de los efectos identificados, y consolidar el papel del exergaming dentro de las estrategias de intervención en salud cardiovascular.

Agradecimientos

Los autores brindan su agradecimiento a los estudiantes semilleros de investigación del programa de del programa de Cultura Física Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás y de trabajo de grado I, así como a la joven investigadora del programa de Fisioterapia de la Corporación Universitaria Iberoamericana, por su dedicación y compromiso con este proyecto.

De la misma manera se reconoce el apoyo de la dirección y decanatura de los programas de cada institución para la gestión de recursos técnicos tecnológicos y humanos para el desarrollo del estudio.

Financiación

El presente estudio contó con la financiación de la Corporación Universitaria Iberoamericana y la Universidad Santo Tomás, Bogotá-Colombia, generadas en las convocatorias internas de investigación.

Afiliación de los autores

Nohora Bohórquez Martínez	Facultad de Ciencias de la Salud – Fisioterapia – Grupo de Investigación en Salud Pública	Corporación Universitaria Iberoamericana
Catalina Rosas Pérez	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Oscar Durán Vivas	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Andrés Pinzón Vargas	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Edward Ayala Noy	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación - Grupo de investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio físico, el Deporte y la Salud GICAEDS	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Darío Mendoza Romero	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación - Grupo de investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio físico, el Deporte y la Salud GICAEDS	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Yenny Argüello Gutiérrez	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación – Grupo de Investigación Cuerpo, sujeto y Educación	Universidad Santo Tomás - Bogotá
Luis Alberto Cardozo	Programa de Entrenamiento Deportivo	Fundación Universitaria del Área Andina
Isabel Adriana Sánchez	Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación - Grupo de investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio físico, el Deporte y la Salud GICAEDS	Universidad Santo Tomás - Bogotá

Referencias

- Aguirre Chávez, J. F., Montes Mata, K. J., Robles Hernández, G. S. I., & Franco Gallegos, L. I. (2026). Actividad física y prevención de enfermedades crónicas: revisión sistemática de la evidencia para la salud pública. *Biotechnia*, 28, e2693. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v28.2693>
- Aldás Manzano, J., & Uriel Jiménez, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*. Ediciones Paraninfo, SA.
- American College of Sports Medicine. (2025). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (12th ed.). Wolters Kluwer.



- Arias-Medina, O. A., Figueredo-González, J. M., Figueredo-Arias, O. M., & Figueredo-Arias, O. D. (2020). Tratamiento no farmacológico de la hipertensión arterial en adultos mayores (I). *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, 14(2). <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/38>
- Boeno, F. P., Ramis, T. R., Munhoz, S. V., Farinha, J. B., Moritz, C. E. J., Leal-Menezes, R., Ribeiro, J. L., Christou, D. D., & Reischak-Oliveira, A. (2020). Effect of aerobic and resistance exercise training on inflammation, endothelial function and ambulatory blood pressure in middle-aged hypertensive patients. *Journal of hypertension*, 38(12), 2501–2509. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002581>
- Branigan, P., Duong, Y. V., Abdulfattah, A. Y., Sabu, J., Mallappallil, M., & John, S. (2024). Towards optimal cardiovascular health: A comprehensive review of preventive strategies. *Cureus*, 16(5), e60877. <https://doi.org/10.7759/cureus.60877>
- Campo-Prieto, P., Tallón García, M., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela-Carral, J. M. (2024). Realidad virtual inmersiva y ejercicio terapéutico como herramienta de rehabilitación pediátrica en Enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática-TAFRO: estudio de caso (Immersive virtual reality and therapeutic exercise as a pediatric rehabilitation tool in idiopathic multicentric Castleman Disease TAFRO: case study). *Retos*, 56, 959-965. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.104886>
- Chan, W. L. S., Chan, C. W. L., Chan, H. H. W., Chan, K. C. K., Chan, J. S. K., & Chan, O. L. W. (2024). A randomised controlled pilot study of a Nintendo Ring Fit Adventure™ balance and strengthening exercise program in community-dwelling older adults with a history of falls. *Australasian journal on ageing*, 43(3), 533–544. <https://doi.org/10.1111/ajag.13297>
- Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). *Ley 1581 de 2012*, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal Of The American Heart Association*, 2(1), e004473. <https://doi.org/10.1161/jaha.112.004473>
- Enriquez-Del Castillo, L. A., Flores Olivares, L. A., Reza López, S. A., Cervantes Hernández, N., & Carrasco Legleu, C. E. (2024). Actividad física y sedentarismo: cambios durante el confinamiento por la pandemia COVID-19 según edad y enfermedades no transmisibles. *Retos*, 59, 193–201. <https://doi.org/10.47197/retos.v59.102332>
- Fernández, J. A., Farfán, D. C., & Hoyos Cuartas, L. A. (2025). Functional fitness, risk of sarcopenia, grip strength, and cognitive decline in physically active older women. *Retos*, 73, 1199–1219. <https://doi.org/10.47197/retos.v73.117099>
- Harb, S. C., Cremer, P. C., Lopez-Jimenez, F., Jaber, W. A., Rodriguez, L. L., & Cho, L. (2021). Associations between cardiorespiratory fitness, sex and long-term mortality amongst adults undergoing exercise treadmill testing. *International Journal of Cardiology*, 342, 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.07.063>
- Hoyos Quintero, A. M., Yusty Garcia, N., & Flor Sandon, V. A. (2022). *Effect of the use of active video games on the young adult physical activity level. Scooping review*. *Retos*, 45, 888–896. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.90421>
- Huang, S.-F., Fan, C.-W., Nisrina, D. K., Lin, T.-W., & Huang, W.-C. (2025). A novel gamified exercise program incorporating Stampede training for enhancing functional fitness, physical activity levels, and quality of life in community-dwelling older adults: Randomized parallel exploratory trial. *JMIR Serious Games*, 13, e73474. <https://doi.org/10.2196/73474>
- Ketelhut, S., Benzing, V., Zehnder, C., Amor, L., Schürch, Y., Burger, M., Schmid, S., & Nigg, C. R. (2025). Effects of exergaming versus endurance training on cardiorespiratory fitness and hemodynamic parameters: A randomized controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 125(7), 1817–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05743-z>
- Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Batista, M. B., & Cadore, E. L. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and metaanalysis. *Obesity Reviews*, 23(5), e13428. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.13428>



- Luho, H., Zheng, Z., Yuan, Z., Hu, H., & Sun, C. (2024). The effectiveness of multicomponent exercise in older adults with cognitive frailty: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Public Health*, 82(1), 229. <https://doi.org/10.1186/s13690-024-01441-y>
- Martins, F. J., Lopes Vieira, J. L., Lucas José, L. J., Luciana, L., & Firoese Vieira, I. (2024). Efectividad de los protocolos de ejercicio en adultos con hipertensión arterial: revisión sistemática con metaanálisis. *Retos*, 56, 301-311. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.104740>
- Marzuca-Nassr, G. N., Seron, P., Román, C., Gálvez, M., Navarro, R., Latin, G., Marileo, T., Molina, J. P., Sepúlveda, P., & Oliveros, M. J. (2022). A hybrid exercise-based cardiac rehabilitation program is an effective strategy to improve muscle strength and functional exercise capacity in adults and older people with coronary artery disease. *Frontiers in Physiology*, 13, 948273. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.948273>
- Meigh, N. J., Keogh, J. W. L., Schram, B., Hing, W., & Rathbone, E. N. (2022). Effects of supervised high-intensity hardstyle kettlebell training on grip strength and health-related physical fitness in insufficiently active older adults: The BELL pragmatic controlled trial. *BMC Geriatrics*, 22(1), 354. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02958-z>
- Ministerio de Salud. (1993, 4 de octubre). *Resolución 8430 de 1993*, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. https://www.minsa-lud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Directrices de la OMS sobre actividad física y comportamiento sedentario*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>
- Palacio, F. X., Apodaca, M. J., & Crisci, J. V. (2020). *Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Salas, F. J., Villouta-Gutiérrez, O., Pavez-Álvarez, C., & Luksic-Cataldo, V. (2026). Effects of non-immersive exergames on executive functions in healthy older adults. A systematic review and meta-analysis. *Retos*, 76, 330-345. <https://doi.org/10.47197/retos.v76.117767>
- Wu, S., Ji, H., Won, J., Jo, E.-A., Kim, Y.-S., & Park, J.-J. (2023). The effects of exergaming on executive and physical functions in older adults with dementia: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e39993. <https://doi.org/10.2196/39993>

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

Nohora Bohórquez Martínez	nohora.bohorquez@docente.ibero.edu.co	Autor/a
Catalina Rosas Pérez	alejandrarias@usantotomas.edu.co	Autor/a
Oscar Durán Vivas	oscarduranv@usantotomas.edu.co	Autor/a
Andrés Pinzón Vargas	andrespinzonv@usantotomas.edu.co	Autor/a
Edward Ayala Noy	edwardayala@usta.edu.co	Autor/a
Darío Mendoza Romero	dariomendoza@usta.edu.co	Autor/a
Yenny Argüello Gutiérrez	yenniarguello@usta.edu.co	Autor/a
Luis Alberto Cardozo	lualca7911@gmail.com	Autor/a
Isabel Adriana Sánchez	Isabel.sanchez@usta.edu.co	Autor/a
Julián David Otálora Pineda	julian.otalora@docente.ibero.edu.co	Traductor/a

