Ejercicio físico multicomponente sobre la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria y equilibrio en la hipofunción vestibular: resultados preliminares del estudio Exervest

Asier Lekue-Madinabeitia[1,2], Gontzal Rodríguez-Arietaleanizbeaskoa[3], Maitane Ruiz-Rios[2,4], Mikel Tous-Espelosin[2,4], Pablo Corres[2,4], Antonio Moreno-Rueda[1,2], Sara Maldonado-Martin[2,4]

[1]Departamento de Otorrinolaringología. Hospital Universitario de Araba. OSIARABA. Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava. País Vasco. [2]Instituto de Investigación Sanitaria Bioaraba. Vitoria-Gasteiz, Araba/Álava. [3]Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Deporte-Sección Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava. [4]Glzartea, Kirola eta Ariketa Fisikoa Ikerkuntza Taldea (GIKAFIT). Grupo de Investigación Sociedad, Deporte y Ejercicio Físico. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Deporte-Sección Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00192

Recibido: 31/10/2024
Aceptado: 30/11/2024

Resumen

Objetivos: El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con hipofunción vestibular (HV) en la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria (CCR) y equilibrio.
Material y método: Personas con HV (n = 45) se aleatorizaron en un grupo de atención control (GAC, tratamiento habitual) y en un grupo de ejercicio físico (GEF, 2 días por semana, 60 min/día, con un programa multicomponente incluyendo resistencia aeróbica, fuerza y equilibrio). Antes y después de ocho semanas de intervención se valoró a todas las personas participantes la composición corporal [masa corporal (MC), masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG)], la CCR con una prueba pico de esfuerzo cardiopulmonar [consumo pico de oxígeno (VO_{2pico})] y el equilibrio con la prueba *Modified Dynamic Gait Index* (MDGI).
Resultados: Después de la intervención GEF disminuyó el %MG (p = 0,041, Δ = -4,4%) y aumentó el %MLG (p = 0,041, Δ = 2,2%), incrementó el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 9,9%) como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 10,5%), y presentó valores superiores en la prueba MDGI (p = 0,008, Δ = 4,1%). En cambio, el GAC no presentó cambios significativos en la composición corporal, ni prueba MDGI, y se observaron descensos en el VO_{2pico} absoluto ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,016, Δ = -11,1%), sin cambios significativos en valores relativos.
Conclusión: En conclusión, un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV parece mejorar la composición corporal, CCR y equilibrio. Se debería recomendar y aplicar un estilo de vida saludable basado en la práctica regular de ejercicio físico para reducir los efectos de la propia enfermedad, el sedentarismo generado por los síntomas o la posible aparición de otras enfermedades.

Palabras clave:
Hipofunción vestibular. Ejercicio físico. Capacidad cardiorrespiratoria. Composición corporal. Equilibrio.

Multi-component exercise on body composition, cardiorespiratory fitness, and balance in vestibular hypofunction: preliminary results of the Exervest study

Summary

Objectives: This study aimed to analyse the effects of a multi-component exercise programme in people with vestibular hypofunction (VH) on body composition, cardiorespiratory fitness (CRF), and balance.
Material and method: People with VH (n = 45) were randomised into a control care group (CG, treatment as usual) and an exercise group (EG, 2 days per week, 60 min/day, with a multi-component programme including aerobic endurance, resistance training, and balance). Before and after eight weeks of intervention, all participants were assessed for body composition [body mass (BM), fat mass (FM), and fat-free mass (FFM)], CRF with a peak cardiopulmonary exercise test [peak oxygen consumption (VO_{2peak})] and balance with the Modified Dynamic Gait Index (MDGI) test.
Results: After the intervention EG decreased %FM ($P = 0.041$, Δ = -4.4%) and increased %FFM ($P = 0.041$, Δ = 2.2%), increased VO_{2peak} both in relative ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $P = 0.007$, Δ = 9.9%) and absolute values ($L \cdot min^{-1}$, $P = 0.007$, Δ = 10.5%), and presented higher values in the MDGI test ($P = 0.008$, Δ = 4.1%). In contrast, the CG showed no significant changes in body composition nor MDGI test, and decreases were observed in absolute VO_{2peak} ($L \cdot min^{-1}$, $P = 0.016$, Δ = -11.1%), with no significant changes in relative values.
Conclusion: In conclusion, a multi-component exercise programme improves body composition, CRF, and balance in people with VH. A healthy lifestyle based on regular exercise should be recommended and implemented to reduce the effects of the disease and the sedentary lifestyle generated by the symptoms or the possible occurrence of other diseases.

Key words:
Vestibular hypofunction. Exercise. Cardiorespiratory fitness. Body composition. Balance.

Correspondencia: Asier Lekue-Madinabeitia
E-mail: asieriagoba.lekuemadinabeitia@osakidetza.eus

Introducción

El sistema vestibular es un sistema sensorial que implica la comunicación entre el sistema ocular, los músculos posturales, el tronco encefálico, el cerebelo, el córtex y el aparato vestibular periférico. Este último está compuesto por pequeñas estructuras en el oído interno que detectan el movimiento de la cabeza y las fuerzas gravitatorias sobre el cuerpo. Esta información es procesada en el cerebro para mantener el equilibrio, el correcto procesamiento de las imágenes visuales y la orientación espacial durante el movimiento[1]. En este sentido, la hipofunción vestibular (HV) es un trastorno parcial o total del sistema vestibular central (tronco encefálico, cerebelo y conexiones vestíbulo-cerebelosas) o periférico (laberinto o nervio vestibular), que puede provocar síntomas incapacitantes tanto estáticos (desviación oblicua, asimetrías posturales) como dinámicos (mareos, desequilibrio, ataxia, lateropulsión, oscilopsia)[2].

La HV afecta gravemente en el funcionamiento y la vida diaria de las personas que lo padecen. De hecho, síntomas como la ataxia (*i.e.* falta de coordinación e inestabilidad en la marcha) o la oscilopsia *(i.e.* alteraciones visuales) provocan un mayor riesgo de caídas. Estos síntomas empeoran la habilidad de las personas para hacer actividades de la vida diaria, empeorando así su calidad de vida y generando un impacto negativo personal, social y económico[2]. Estas incapacidades afectan a la autoconfianza y generan miedo y/o ansiedad a la hora de participar en diferentes actividades sociales. Como consecuencia, las personas con HV tienden a limitar la actividad física (AF) y a llevar una vida sedentaria para evitar la provocación de los síntomas antes mencionados, lo que, al mismo tiempo, empeora tanto la HV como la posible aparición de otras enfermedades[3].

Este comportamiento sedentario e inactividad física están asociados a un mayor riesgo de enfermedades crónicas no trasmisibles, peor calidad de vida y mayor mortalidad[4]. Estos comportamientos tienen varios efectos negativos en la salud, como el incremento no saludable de la masa grasa y el descenso de la capacidad cardiorrespiratoria (CCR) y de la masa libre de grasa, disminuyendo el equilibrio y aumentando el número de caídas. Además, podrían empeorar la calidad de vida de la persona, por lo que la realización de la AF puede ser un buen tratamiento adyuvante para las personas con HV[5].

Asimismo, para las personas con HV se ha determinado que la rehabilitación vestibular es eficaz para estimular el desarrollo de mecanismos que corrigen las alteraciones de la orientación espacial y el equilibrio, mejorando así su calidad de vida[6]. Estudios previos en rehabilitación vestibular a través de terapia física han incluido ejercicios de habituación o repetición, ejercicios de equilibrio, estático y dinámico, y control postural alterando la entrada visual (ojos cerrados, realidad virtual) y la somato-sensorial (gomaespuma), ejercicios de marcha, y, de acondicionamiento general para mejorar la estabilidad postural y de la mirada[7]. Sin embargo, los programas deberían ser individualizados y adaptados a las características de la lesión y la capacidad funcional de cada paciente. Por ello, realizar un programa de ejercicio físico, de manera supervisada es de vital importancia si se quiere crear esa adherencia a la AF y acabar con el sedentarismo antes mencionado[8].

Así, teniendo en cuenta los beneficios que genera la AF, es importante buscar una buena metodología de entrenamiento para personas con HV. Estas recomendaciones han sido generadas por la OMS y su clasificación se hace dependiendo de la edad y la condición de enfermedad. En este caso, la OMS afirma que las personas adultas de ≥18 años y con patologías crónicas deben realizar entre 150 y 300 minutos semanales de AF aeróbica de intensidad moderada y/o entre 75 y 150 minutos semanales de AF aeróbica de intensidad vigorosa, o bien una combinación equivalente de intensidad moderada y vigorosa cada semana. También se recomienda al menos dos días a la semana actividades de fortalecimiento muscular mediante ejercicios de fuerza de intensidad moderada o más elevada, y a las personas de ≥65 años, además de lo mencionado, se les recomienda entrenar al menos tres días a la semana ejercicios de equilibrio funcional y prevención de caídas[9]. Por lo tanto, un programa de ejercicio físico multicomponente, el cual combina entrenamiento de fuerza, resistencia, equilibrio y marcha, podría ser el más beneficioso para aumentar la masa corporal magra, la CCR y el equilibrio, y, como consecuencia, para el mantenimiento de la autonomía, la disminución del riesgo y el número de caídas y la mejora de la calidad de vida[10]. Las intervenciones que combinan el entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT) y el entrenamiento de fuerza muscular ejercen efectos beneficiosos que son superiores a otra modalidad de ejercicio físico para aumentar la masa corporal magra y la CCR, lo que a su vez reduce el riesgo de morbilidad y mortalidad[11]. El HIIT es una metodología de entrenamiento que se basa en series repetidas de ejercicio de alta intensidad alternadas con series de ejercicio de baja-moderada intensidad o de recuperación. El HIIT puede tener ventajas añadidas en comparación con el ejercicio continuo de moderada intensidad, ya que conlleva una mejora superior de la CCR y produce cambios musculares periféricos que dan lugar a menos síntomas negativos del entrenamiento[12]. Además, teniendo en cuenta que la falta de tiempo es el mayor obstáculo para hacer AF regular, el HIIT de bajo volumen (10 minutos o menos a alta intensidad) puede ser una mejor opción para el entrenamiento aeróbico, con el logro de mayores estímulos fisiológicos, en comparación a un programa de intensidad ligera-moderada y más alto volumen[13]. Por otro lado, la retrocaminata (*i.e.,* caminar hacia atrás) está relacionada con la mejora vestibular y de la calidad de vida. Así, se ha observado que los movimientos retro reducen la carga que cae sobre las articulaciones de las extremidades y aumentan la potencia muscular. Además, mientras una persona camina hacia atrás, se mueve sin depender de su vista lo que desarrolla más sus otros sentidos, principalmente la audición, y aumenta el equilibrio y la propiocepción[14]. Todo diseño de ejercicio físico debe basarse en el principio FITT (Frecuencia, Intensidad, Tiempo y Tipo) y organizar un entrenamiento en base a las variables que sus siglas indican. Sin embargo, faltan estudios que determinen un protocolo adecuado considerando el principio FITT y las recomendaciones de AF para la población en general integrando un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV. Por ello el objetivo principal del presente estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV en la composición corporal, CCR y equilibrio.

Material y método

El protocolo del estudio EXERVEST ha sido previamente publicado[15]. La muestra del presente estudio incluyó 45 personas adultas (57,3 ± 9,9

años) con HVU o HVB crónica que acudieron al Servicio de Otoneurología del hospital universitario de la OSI Araba (Servicio de Salud Público de Araba/Álava). Todas las personas participantes cumplieron los criterios de inclusión y exclusión con informe favorable por el Comité Ético de Investigación de la OSI Araba (Expediente 2021-095). Una vez firmados los consentimientos las personas participantes se aleatorizaron en dos grupos: el grupo de ejercicio físico (GEF n = 25) y el grupo de atención control (GAC, n = 20). Todas las personas reclutadas fueron valoradas en dos momentos, antes (T0) y después (T1) de las ocho semanas de intervención para analizar las variables del presente estudio.

El equilibrio y riesgo de caídas se valoraron a través de la prueba *Modified Dynamic Gait Index* (MDGI)[16]. Para la valoración de la composición corporal, la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG) se evaluaron con análisis de impedancia bioeléctrica (Tanita, BF 350 y Tanita, BC-418 MA, Ámsterdam, Países Bajos). Para analizar la CCR y determinar el consumo pico de oxígeno (VO_{2pico}) y umbrales ventilatorios (VT) se llevó a cabo una prueba pico de esfuerzo cardiopulmonar limitada por síntomas en un cicloergómetro Lode Excalibur con freno electrónico (Groningen, Países Bajos) en condiciones controladas en laboratorio. El protocolo comenzó a 40 W (~70 rpm), con incrementos graduales de 10 W cada minuto hasta el agotamiento. El análisis de gases y ventilación, así como la monitorización con electrocardiograma se realizaron con el sistema ErgoCard Medisoft S.S (Belgium Ref. USM001 V1.0 system), incluyendo la calibración antes de cada prueba siguiendo las instrucciones del fabricante. El logro de VO_{2pico} se asumió cuando se obtuvieron dos o más de los siguientes ítems:

- Lograr >85% de la frecuencia cardíaca máxima (FC) prevista para la edad.
- Fatiga máxima percibida (>18 en la escala Borg).
- Índice de intercambio respiratorio máximo ≥1,10.
- Omisión del incremento del consumo de oxígeno y/o FC con aumentos en la tasa de trabajo[17].

Las mediciones del primer y segundo umbral ventilatorio (UV1 y UV2) se llevaron a cabo mediante los métodos estandarizados de pendiente V y equivalentes ventilatorios[17]. Después de lograr el esfuerzo pico, las personas participantes permanecieron en reposo en la bicicleta durante cinco minutos para su recuperación con monitorización de electrocardiograma y presión arterial. Se determinaron tres rangos de intensidad de ejercicio físico mediante la identificación de los dos UV: R1, de ligero a moderado con valores de FC inferiores a UV1; R2, moderada a vigorosa con valores de FC entre UV1 y UV2; y R3, de vigoroso a severo con valores de FC más altos que los asociados con el UV2 hasta la FC_{pico}.

Antes de la intervención se les retiraron todos los fármacos antivertiginosos a las personas participantes. El grupo GAC realizó únicamente ejercicios de rehabilitación vestibular en domicilio que habitualmente se prescriben en consulta con este tipo de pacientes, especialmente enfocados en entornos visuales y posturales complejos. Las personas participantes del GEF se ejercitaron dos días no consecutivos a la semana durante ocho semanas bajo la supervisión de especialistas en ejercicio físico. Cada sesión incluyó un calentamiento estandarizado de 15 minutos con ejercicios de movilidad articular y técnica de marcha y un enfriamiento de cinco minutos con ejercicios básicos de estiramiento y respiración controlada. La parte central de cada sesión de entrenamiento consistió en:

- Un programa HIIT aeróbico de bajo volumen en bicicleta (15 min de volumen total), más cinco minutos de retrocaminata en cinta en R1-R2.
- Un entrenamiento en circuito cronometrado (45/20 segundos por ejercicio) con nueve ejercicios de equilibrio y resistencia que incluyeron control postural e integración de los principales grupos musculares y patrones motores básicos, incluidos cuatro ejercicios de *core* al final.

Análisis estadístico

Para determinar la normalidad se realizó una prueba de Shapiro-Wilk. Además de la edad y la masa corporal (MC); el resto de las variables se consideraron distribuidas no normales. Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las variables. Los datos se expresaron como media ± desviación estándar (DE) cuando se cumplía la normalidad y como mediana ± rango intercuartílico cuando había distribución no normal. En todas las variables paramétricas se utilizó una prueba *t* de muestras independientes para determinar si existía una diferencia significativa entre los grupos, mediante *t*-Student para las que seguían una distribución normal y U de Mann-Whitney en caso de que no siguieran una distribución normal. Se calculó la d de Cohen para describir la diferencia media estandarizada en los tamaños del efecto entre grupos. Los tamaños del efecto se interpretaron como pequeños (d = 0,2), medianos (d = 0,5) y grandes (d = 0,8) basándose en los puntos de referencia sugeridos por Cohen (1988). Se utilizó una prueba *t* de dos muestras para determinar si existían diferencias significativas en los datos registrados entre antes y después de la intervención dentro de cada grupo. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para examinar la puntuación delta (Δ) para cada grupo (GEF, GAC). Los datos se analizaron según el principio de intención de tratar. La significación estadística se fijó en $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 25.0.

Resultados

Antes de la intervención (Tabla 1) se observó que no existían diferencias significativas entre grupos (GEF *vs*. GAC) en ninguna de las variables analizadas. Tanto los hombres (31,6 ± 7,8%) como las mujeres (34,8 ± 7,7%) presentaban valores de obesidad en relación con el porcentaje de MG (%MG)[18]. Los valores de VO_{2pico} teniendo en cuenta la edad (57,3 años) y el sexo de las personas participantes, indican que los hombres se encuentran en el percentil 40 (VO_{2pico} = 23,0 ± 10,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) y las mujeres en el percentil 80 (VO_{2pico} = 21,0 ± 7,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)[19]. Según los resultados medios de la prueba MDGI (60,0 ± 6,0) las personas participantes no presentaban riesgo de caídas[20].

Al analizar los valores postintervención (Tabla 2), mientras en el GEF se presentaron incrementos significativos en el porcentaje de MLG (%MLG) (p = 0,041, Δ = 2,2%), en el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 9,9%), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 10,5%) y en el MDGI (p = 0,008, Δ = 4,1%) y descenso significativo en el % MG (p = 0,041, Δ = -4,4%); el GAC mostró descensos significativos en el VO_{2pico} absoluto ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,016, Δ = -11,1%), sin cambios en el resto de variables. En consecuencia, el análisis de la comparativa de los cambios entre los dos grupos después de la intervención pre-

Tabla 1. Análisis preintervención de la población del estudio EXERVEST.

	TODAS (n = 45)	GEF (n = 25)	GAC (n = 20)	p	D de Cohen
Edad (años)	57,3 ± 10,0	55,0 ± 8,5	60,1 ± 11,1	0,043	0,52
MC (kg)	75,0 ± 16,6	77,3 ± 15,7	72,0 ± 17,6	0,146	0,32
MG (%)	33,7 ± 7,8	33,5 ± 7,1	33,9 ± 8,7	0,441	0,05
MLG (%)	66,3 ± 7,8	66,5 ± 7,1	66,1 ± 8,7	0,441	0,05
UV1 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	12,0 ± 6,0	12,0 ± 5,5	12,0 ± 5,5	0,766	0
RER_{pico}	1,1 ± 0,1	1,12 ± 0,15	1,1 ± 0,07	0,083	0,17
VO_{2pico} ($mL \cdot kg_{-1} \cdot min^{-1}$)	22,0 ± 10,0	22,0 ± 8,0	22,5 ± 11,0	0,945	0,05
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)	1,6 ± 0,7	1,6 ± 0,6	1,5 ± 1,1	0,283	0,11
MDGI	60,0 ± 6,0	61,0 ± 17,0	60,0 ± 5,0	0,426	0,08

GAC: Grupo de atención control; GEF: Grupo ejercicio físico; IMC: Índice de masa corporal; MC: Masa corporal; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa; MDGI: *Modified Dynamic Gait Index*; RER_{pico}: *Peak respiratory exchange ratio*; UV1: Umbral ventilatorio 1; VO_{2pico}: Consumo de oxígeno pico.

Tabla 2. Análisis postintervención de la población del estudio EXERVEST.

		GEF (n = 16)		GAC (n = 14)		p
			P_{T0-T1}		P_{T0-T1}	
MC (kg)						
	T0	78,8 ± 17,1		70,5 ± 15,3		
	T1	77,9 ± 16,4	0,064	70,2 ± 15,9	0,365	0,258
MG (%)						
	T0	31,7 ± 7,3		35,7 ± 6,5		
	T1	30,3 ± 8,1	0,041	33,8 ± 8,4	0,231	0,426
MLG (%)						
	T0	68,2 ± 7,3		64,2 ± 6,5		
	T1	69,7 ± 8,1	0,041	66,2 ± 8,4	0,231	0,427
UV1 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)						
	T0	14,9 ± 5,8		13,6 ± 4,6		
	T1	16,3 ± 6,1	0,183	12,8 ± 2,7	0,591	0,180
RER_{pico}						
	T0	1,11 ± 0,07		1,09 ± 0,07		
	T1	1,07 ± 0,09	0,064	1,07 ± 0,08	0,223	0,758
VO_{2pico} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)						
	T0	25,2 ± 7,2		24,6 ± 6,5		
	T1	27,7 ± 8,3	0,007	22,3 ± 6,7	0,054	<0,001
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)						
	T0	1,9 ± 0,5		1,8 ± 0,7		
	T1	2,1 ± 0,5	0,007	1,6 ± 0,6	0,016	<0,001
MDGI						
	T0	48,3 ± 19,1		52,4 ± 16,4		
	T1	50,3 ± 18,7	0,008	51,9 ± 15,5	0,428	0,010

GAC: Grupo de atención control; GEF: Grupo ejercicio físico; IMC: Índice de masa corporal; MC: Masa corporal; MDGI: ***Modified Dynamic Gait Index***; RER_{pico}: ***Peak respiratory exchange ratio***; UV1: Umbral ventilatorio 1; VO_{2pico}: Consumo de oxígeno pico.

sentó diferencias en el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, p <0,001, Z = -3,217), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, p <0,001, Z = -3,534) y en el MDGI (p = 0,01, Z = -2,346) con incrementos significativos en el GEF respecto al GAC.

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV en la com-

posición corporal, CCR y equilibrio. Los principales resultados de este estudio fueron:

- El GAC mantuvo los valores iniciales de la composición corporal, mientras que el GEF disminuyó el %MG y aumentó el %MLG.
- El GEF incrementó la CCR tanto en valores relativos como absolutos, mientras que el GAC la mantuvo en valores relativos, pero con descensos en valores absolutos.
- En relación con el equilibrio, no se observaron cambios en el GAC, mientras que el GEF presentó valores superiores en la prueba MDGI.

La composición corporal en relación con el %MG y el %MLG están relacionados con la AF y el estilo de vida, teniendo valores más perjudiciales las personas sedentarias o con bajos niveles de AF, puesto que dan lugar a un balance energético positivo, que conduce a un aumento de la acumulación de grasa[21]. De hecho, al igual que este estudio, mediante un programa de ejercicio físico que combina entrenamiento de fuerza y HIIT, se presentaron mejoras en los valores de %MG y %MLG[22]. La razón por la que esto ocurre es que mediante este tipo de entrenamiento existe una mejora de la capacidad muscular esquelética para la captación y oxidación de ácidos grasos, y para aumentar tanto el contenido como la utilización del glucógeno[11]. De hecho, se ha manifestado que mediante el HIIT se pierde una gran cantidad de grasa abdominal y total[23]. Además, se ha demostrado que, si a este entrenamiento le sumamos la retrocaminata, en la cual la longitud del paso es más corta, se aumenta la velocidad de paso y, a su vez, la potencia muscular y el consumo de energía[14]. Aunque, con el entrenamiento de resistencia aeróbica se obtenga un mayor gasto calórico, el entrenamiento de fuerza puede cambiar la distribución de la grasa corporal y aumentar la masa muscular mediante la activación de las fibras tipo II o de contracción rápida, lo que conduce a un mejor control metabólico[24]. De esta manera, se reducen las proteínas proinflamatorias asociadas a la inactividad física y segregadas por el tejido adiposo, llamadas citoquinas, las cuales inflaman el tejido y participan en la acumulación de grasa, pudiendo desarrollarse así diferentes enfermedades metabólicas como la aterosclerosis. Por otro lado, se aumentan las mioquinas, proteínas segregadas por el músculo, las cuales contrarrestan los efectos de las citoquinas y regulan el crecimiento muscular y el metabolismo de los lípidos[25].

En cuanto a la CCR, los resultados de esta intervención muestran que el GEF ha mejorado la CCR tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p = 0{,}007$, $\Delta = 9{,}9\%$), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, $p = 0{,}007$, $\Delta = 10{,}5\%$), mientras el GAC la mantiene en valores relativos y la empeora en valores absolutos (Tabla 2). Las personas con HV tienden a limitar la AF y a llevar una vida sedentaria para evitar la provocación de los síntomas, lo que, al mismo tiempo, empeora la CCR, y, por tanto, incrementa la posible aparición de otras enfermedades, como las cardiovasculares[3]. Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento HIIT se relaciona con un aumento del VO_{2pico}, debido a la biogénesis mitocondrial, y al cambio en su composición, favoreciendo así la capacidad del metabolismo aeróbico. Esto se debe al déficit de oxígeno que ocurre tras cada aceleración próxima al intervalo de recuperación; este nuevo comienzo para conseguir la alta intensidad activa el metabolismo anaeróbico produciendo una remodelación fisiológica producto del trabajo en condición de hipoxia, activando el coactivador del receptor gamma 1-alfa (PGC-1), el cual es considerado el regulador de la biogénesis mitocondrial a nivel muscular[26].

Además, el HIIT de bajo volumen incrementa la angiogénesis, la aparición de la proteína GLUT4 en el músculo esquelético y el reclutamiento de las fibras musculares de tipo I y II, y, por tanto, la absorción de glucosa, y mejora la función endotelial, la tensión arterial, la capacidad oxidativa muscular, la fracción de eyección, el volumen sistólico, la función vascular periférica y la relajación ventricular, lo que genera un aumento general de la función contráctil del miocardio[13]. Como consecuencia de estas mejoras, se fortalece el sistema cardiovascular y se estimula la circulación sanguínea, mejorando así el transporte y la utilización del oxígeno en todo el cuerpo y, por tanto, la CCR[27]. En esa misma línea, también se recomienda el HIIT a pacientes de baja capacidad física por no poder realizar sesiones de larga duración, ya que en estas no son capaces de soportar altos volúmenes de entrenamiento[28].

Para mejorar la CCR se ha demostrado que, además del entrenamiento aeróbico, el entrenamiento de fuerza es muy beneficioso. Aumentar la masa muscular también mejora la función endotelial, la capacidad vasodilatadora, la tensión arterial, la microcirculación, la eliminación del colesterol, la absorción de glucosa, la secreción de mioquinas y el bloqueo de las citoquinas, las enzimas oxidativas y el aumento de las fibras musculares de tipo II. De esta manera se consigue una mejora del flujo sanguíneo y una mayor oxigenación en todo el cuerpo, obteniendo mayores niveles de VO_{2pico}[29].

Finalmente, en esta intervención se ha buscado la mejora del equilibrio y del riesgo de caídas, ya que la alteración en la percepción de la posición o del movimiento son los principales síntomas de esta patología[6]. Por eso, en cuanto al MDGI, aunque sus valores ya se encontraban en rangos de normalidad al inicio en todas las personas participantes (Tabla 1), los resultados indican que, después de la intervención con ejercicio físico, el GEF ha mejorado significativamente los valores iniciales, mejorando así el equilibrio, mientras que no se presentaron cambios en el GAC (Tabla 2). Estudios previos integrando la retrocaminata en su intervención han observado también mejoras en el equilibrio en las personas con el sistema vestibular dañado o con pérdida de equilibrio[14]. Cuando caminamos hacia atrás, el sistema sensorial propioceptivo se activa más, debido a la inactivación del flujo de datos visuales, es decir, nos movemos sin depender de nuestra vista, desarrollando más otros sentidos como la audición, además del equilibrio. Por lo tanto, la información de la posición del cuerpo y los movimientos que el cerebro recibe desempeñan un papel importante en la mejora del equilibrio[14]. Además, la retrocaminata podría mejorar la propiocepción articular, la fuerza muscular inferior y el equilibrio[30].

En la intervención con ejercicio físico en el presente estudio se han integrado también distintos ejercicios de equilibrio, marcha y fuerza para recuperar el control postural y el equilibrio. Los ejercicios de equilibrio en personas con HV pretenden mejorar el uso de la información visual y somatosensorial como los principales sistemas para su control postural, sustituyendo la función vestibular dañada y, por tanto, aumentando el equilibrio y disminuyendo el riesgo de caída. De hecho, ejercicios como el "equilibrio a una pierna sobre bosu", en los cuales existe un balanceo el cuerpo, sirven para controlar mejor el centro de gravedad y el equilibrio[7]. La HV genera síntomas como mareo, visión borrosa, disminución de la agudeza visual dinámica y, por tanto, desequilibrio. Asimismo, esta incapacidad para caminar puede generar un empeoramiento de la funcionalidad y del equilibrio, aumentando la dependencia y el aisla-

miento. Por ende, los ejercicios de marcha son cruciales para mejorar la estabilidad de la mirada y la agudeza visual dinámica en personas con HV, desarrollando así un patrón más seguro y diferentes mecanismos que corrigen las alteraciones de la orientación espacial y el equilibrio postural dinámico[31]. Es sabido que el entrenamiento de fuerza influye positivamente en la mejora del equilibrio, ya que este, en parte, también está relacionado con el aumento de la fuerza muscular[32].

Como consecuencia, el GEF participando en un programa de ejercicio físico multicomponente en el cual se trabaja tanto la retrocaminata como diferentes ejercicios de equilibrio, marcha y fuerza ha mejorado el equilibrio, reduciendo el riesgo de caídas (Tabla 2).

Hay que mencionar también que esta intervención con personas con HV ha tenido diversas limitaciones. Entre ellas, se puede destacar el pequeño número de la muestra, ya que aún está sin finalizar el estudio. Esto influye negativamente en la recogida de datos, ya que no llega a la potencia de tamaño neutral necesaria para que los datos obtenidos sean representativos de la población. Además, la deficiente adherencia a los programas de AF por la falta de motivación y de tiempo reduce el número de sesiones completadas, afectando a los resultados del estudio. La corta duración del estudio (8 semanas) puede también olvidar los efectos a largo plazo del programa de AF, ya que muchos beneficios requieren de una mayor duración para manifestarse completamente. Por último, la dificultad para controlar variables externas, como el sueño, la dieta o la actividad termogénica no asociada al ejercicio, puede afectar también a los efectos de la intervención.

Conclusión

Un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV podría ser efectivo en la mejora de la composición corporal, CCR y equilibrio, variables con tendencia a empeorar a causa de la inactividad física. Por ello, en esta población se debería recomendar y aplicar un estilo de vida saludable, basado en la práctica regular de AF para reducir los efectos de la propia enfermedad, el sedentarismo generado por los síntomas o la posible aparición de otras enfermedades.

Financiación

Fundación Vital Fundazioa (VITAL21/24, BAFV22/012).

Conflicto de interés

El autor no declara conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32:437–43.
2. Tapia-Egoavil R, Cabrera-Iturrizaga ML, López-Soria J. Frecuencia de atenciones por disfunción vestibular periférica en hospitales de nivel III, Perú. *Rev Medica Hered*. 2019;30:87–93.
3. Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, Anson ER, Carender WJ, Hoppes CW, *et al*. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an updated clinical practice guideline from the academy of neurologic physical therapy of the American Physical Therapy Association. *J Neurol Phys Ther*. 2022;46:118–77.
4. Alòs F, Puig A. Inactividad física y sedentarismo. J Artic. 2022;18:66–75. Disponible en: https://salutpublica.gencat.cat/web/.content/minisite/aspcat/promocio_salut/suma_salut/noticies/activitat_fisica/02_Los-principales-problemas-de-salud_Febrero_22.pdf
5. Salinas Martínez F, Cocca A, Mohamed K, Viciana Ramírez J. Actividad física y sedentarismo: repercusiones sobre la salud y calidad de vida de las personas mayores. *Retos*. 2010;17:126–9.
6. Osakidetza. Tratamiento farmacológico del vértigo periférico. ¿En qué casos? *Inf Farmacoter*. 2023;31.
7. Benito Orejas JI, Aylagas Andrés MJ, Martín Moratinos C, Gallardo Chaparro I, Pérez Hickman L, Aladro Abad V, *et al*. Terapia física en la hipofunción vestibular unilateral y bilateral. *Rev ORL*. 2019;11:51.
8. Warburton DER, Bredin SSD, Charlesworth SA, Foulds HJA, McKenzie DC, Shephard RJ. Evidence-based risk recommendations for best practices in the training of qualified exercise professionals working with clinical populations. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2011;36:232–65.
9. Organizacion Mundial de la Salud. Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios. *J Chem Inf Model*. 2020;1:1–17. Disponible en: https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240014886
10. Izquierdo M. Prescripción de ejercicio físico. El programa Vivifrail como modelo. *Nutr Hosp*. 2019;36:50–6.
11. D'Alleva M, Vaccari F, Graniero F, Giovanelli N, Floreani M, Fiori F, *et al*. Effects of 12-week combined training versus high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition and fat metabolism in obese male adults. *J Exerc Sci Fit*. 2023;21:193–201.
12. Ross LM, Porter RR, Durstine JL. High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *J Sport Heal Sci*. 2016;5:139–44.
13. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012;590:1077–84.
14. Korkmaz C, Toy AB. The effect of retro walking training on dynamic balance in sedentary individuals with hearing impairment. *Int J Educ Lit Stud*. 2023;11:164–9.
15. Ruiz-Rios M, Lekue A, Pinedo-López J, Tous-Espelosin M, Arratibel-Imaz I, García-Tabar I, *et al*. Supervised multi-component exercise as an adjuvant program for people with unilateral and/or bilateral chronic vestibular hypofunction: EXERVEST study protocol. *Contemp Clin Trials Commun*. 2023;36:1–8.
16. Matsuda PN, Taylor CS, Shumway-cook A. Evidence for the validity of the Modified Dynamic Gait Index across diagnostic groups. *Phys Ther*. 2014;94:996–1004.
17. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, *et al*. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: A joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol*. 2013;20:442–67.
18. Bautista M, Guadarrama R, Veytia-López M. Prevalencia de obesidad según los indicadores: porcentaje de grasa corporal, índice de masa corporal y circunferencia de cintura. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2020;40:18–25.
19. Kaminsky LA, Imboden MT, Arena R, Myers J. Reference standards for cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing using cycle ergometry: data from the fitness registry and the importance of exercise National Database (FRIEND) Registry. *Mayo Clin Proc*. 2017;92:228–33.
20. Torchio A, Corrini C, Anastasi D, Parelli R, Meotti M, Spedicato A, *et al*. Identification of Modified Dynamic Gait Index cutoff scores for assessing fall risk in people with Parkinson disease, stroke and multiple sclerosis. *Gait Posture*. 2022;91:1–6.
21. Phillips CM. Metabolically healthy obesity across the life course: epidemiology, determinants, and implications. *Ann N Y Acad Sci*. 2017;1391:85–100.
22. Garcia-Pinillos F, Laredo-Aguilera JA, Munoz-Jime Nez M, Latorre-Roman PA. Effects of 12-week concurrent high-intensity interval strength and endurance training program on physical performance in healthy older people. *J Strength Cond Res*. 2019;33:1445–52.
23. Cress M, Porcari J, Foster C. Interval Training. *ACSM's Heal Fit J*. 2015;19:3–6.
24. Strasser B, Arvandi M, Siebert U. Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence. *Obes Rev*. 2012;13:578–91.
25. Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Arch Pharm Res*. 2018;41:14–29.
26. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol*. 2017;595:2915–30.
27. Pelliccia A, Sharma S, Bäck M, Gati S, Börjesson M, Caselli S, *et al*. Guía ESC 2020 sobre cardiología del deporte y el ejercicio en pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021;74:488–93.
28. Achttien RJ, Staal JB, van der Voort S, Kemps HMC, Koers H, Jongert MWA, *et al*. Exercise-based cardiac rehabilitation in patients with coronary heart disease: a practice guideline. *Netherlands Hear J*. 2013;21:429–38.

29. Paluch AE, Boyer WR, Franklin BA, Laddu D, Lobelo F, Lee DC, *et al.* Resistance exercise training in individuals with and without cardiovascular disease: 2023 update. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2024;149:E217–31.
30. Alghadir AH, Anwer S, Sarkar B, Paul AK, Anwar D. Effect of 6-week retro or forward walking program on pain, functional disability, quadriceps muscle strength, and performance in individuals with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial (retro-walking trial). *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20:4–13.
31. Herdman SJ, Hall CD, Schubert MC, Das VE, Tusa RJ. Recovery of dynamic visual acuity in bilateral vestibular hypofunction. *Arch Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2007;133:383–9.
32. Palheta de Lima K, Nascimento da Silva C, Ferreira de Seixas N, de Santana Maneschy M, Nascimento Lima B, Vilela Junior G, *et al.* Efecto del entrenamiento resistido sobre el equilibrio y control postural en personas con párkinson: una revisión sistemática. *Rev Cient Soc Esp Enferm Neurol.* 2022;56:18–28.