



ORIGINAL

Efecto de los movimientos explosivos y de impacto aplicados en piscina sobre la composición corporal, la fuerza y la densidad mineral ósea de mujeres mayores de 60 años

Jhon F. Ramírez-Villada^{a,*}, Henry H. León-Ariza^b,
Yenny P. Argüello-Gutiérrez^a y Keyla A. Porrás-Ramírez^a

^a División de Ciencias de la Salud, Universidad Santo Tomás-Colombia. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física, el Deporte y la Salud (GICAEDS), Bogotá, Colombia

^b Facultad de Medicina, Universidad de la Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 19 de marzo de 2015
Aceptado el 9 de septiembre de 2015
On-line el xxx

Palabras clave:

Composición corporal
Fuerza muscular
Densidad ósea
Adulto mayor
Ejercicio acuático

R E S U M E N

Introducción: La osteoporosis está caracterizada por pérdida de masa ósea y deterioro de la microarquitectura del tejido óseo que genera fragilidad relacionada con el riesgo de fracturas. El objetivo es analizar los efectos de un programa de entrenamiento basado en movimientos explosivos y de impacto aplicados en piscina sobre la composición corporal, la fuerza explosiva y la densidad mineral ósea de mujeres mayores de 60 años de edad.

Material y métodos: Treinta y cinco mujeres saludables físicamente activas ($60 \pm 4,19$ años) fueron divididas en un grupo de entrenamiento en piscina con uso de multisaltos (JG) y un grupo control (CG). JG entrenó durante 24 semanas, 3 veces por semana, una hora y media por sesión. Pruebas de composición corporal, fuerza explosiva y densidad mineral ósea fueron aplicadas antes y después del programa.

Resultados: Hubo diferencias en la fuerza explosiva (JG vs. CG = $p < 0,05-0,001$) y la potencia estimada (JG vs. CG = $p < 0,05-0,002$) entre JG vs. CG, con incrementos significativos en JG. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de masa grasa y magra, densidad mineral ósea lumbar y femoral entre los grupos, aunque pudo observarse ligeros incrementos significativos densidad mineral ósea lumbar y femoral en JG después de la aplicación del programa (JG pretest vs. JG posttest = $p < 0,05$).

Conclusiones: El programa de entrenamiento con movimientos de impacto y explosivos aplicados en piscina induce ganancias en la expresión de fuerza y potencia muscular con ligeras adaptaciones en la densidad mineral ósea en mujeres mayores de 60 años.

© 2015 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Effect of high impact movements on body composition, strength and bone mineral density on women over 60 years

A B S T R A C T

Background: Osteoporosis is characterised by loss of bone mass and deterioration of bone tissue microarchitecture that leads to fragility related to the risk of fractures. The aim of the study is to analyse the effects of a training program based on explosive movements and impact, assessed in a swimming pool, on body composition, explosive strength and bone mineral density in women over 60 years old.

Material and methods: A total of 35 healthy physically active women (60 ± 4.19 years) were divided into a training pool group using multi jumps (JG) and a control group (CG). JG trained for 24 weeks, 3 times a week, an hour and a half per session. Body composition testing, explosive strength, and bone mineral density were assessed before and after the program.

Results: There were differences in the explosive force (JG vs CG = $P < .05$ to $.001$) and the estimated power (JG vs CG = $P < .05$ to $.002$) between JG vs CG, with significant increases in JG. There were no significant differences in the percentage of fat and lean mass, bone mineral density lumbar and femoral between

Keywords:

Body composition
Muscle strength
Bone density
Aged
Aquatic exercise

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jhon.f.ramirez@yahoo.es (J.F. Ramírez-Villada).

groups, although slightly significant increases in bone mineral density lumbar and femoral could be seen in JG after program implementation (JG pre-test vs JG post-test = $P < .05$).

Conclusions: The training program with impact and explosive movements assessed in a pool induces gains in muscle strength and power with slight adaptations in body mass index in women over 60 years.

© 2015 SEGG. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por la pérdida de masa ósea y el deterioro de la microarquitectura del tejido óseo que genera unos niveles de fragilidad que están relacionados con el riesgo de fracturas en personas de edad media y avanzada. Algunos estudios informan que la prevalencia de osteoporosis oscila entre un 8 y 30% en hombres y mujeres caucásicos mayores de 50 años respectivamente, incrementando un 50% en sujetos mayores de 70 años¹, aunque otros ensayos proyectan que entre el 15-30% de los hombres y entre el 30-50% de las mujeres sufren osteoporosis².

Desde la patología destacan 3 momentos a lo largo de la vida que afectan notoriamente la salud ósea. El primero es el de pico de masa ósea máximo localizado sobre la tercera década, el segundo, hace relación a la pérdida de masa ósea posmenopáusica dada por el efecto negativo de las bajas cantidades de estrógenos y, el tercero, relacionado con el deterioro de la masa ósea en mayores de 60 años dadas las alteraciones en los procesos de resorción y remodelación ósea³.

Uno de los más importantes componentes que afecta la calidad y el estilo de vida es el ejercicio físico regular, el cual influye en el proceso de remodelado óseo. De hecho, numerosos estudios resaltan una disminución del riesgo de fracturas o accidentes en aquellos individuos que superan la barrera de los 50 años de edad y participan en programas de actividad física⁴⁻⁷.

Al respecto, el entrenamiento de la fuerza muscular es la forma de ejercicio más empleada en la búsqueda de aumentos en la densidad mineral ósea (DMO) del adulto mayor ya que se ha verificado su efecto en la prevención de la desmineralización ósea y en la osteogénesis⁸. Dicho beneficio se debe en parte a que las cargas mecánicas repetidas y frecuentes aumentan la fuerza ósea e inducen cambios geométricos beneficiosos en la morfología del hueso y en el metabolismo de los osteoblastos y osteoclastos^{9,10}.

Considerando los datos expuestos, se resalta en algunos estudios de cohorte entre individuos deportistas y no deportistas que existe una diferencia en la DMO (variaciones entre el 5-30%) dependiendo del tipo, frecuencia, intensidad, duración, recuperación y contenidos del programa de actividad física, siendo más favorables en sujetos deportistas¹¹. Las diferencias descritas se han establecido también entre sujetos activos (no atletas) y sujetos sedentarios que presentan picos de desarrollo óseo diferentes^{12,13}.

Aunque algunos estudios destacan el papel de la actividad física en el proceso de remodelado óseo, es necesario clarificar que las variables de programación (intensidad, volumen, frecuencia, entre otros) y los contenidos no pueden ser empleados de manera similar por edad y género. De hecho, se hace necesario explorar alternativas que permitan variar los estímulos causantes del estrés muscular, articular y óseo de cara a elevar los efectos positivos de la actividad física sobre el sistema óseo de los sujetos.

Atendiendo a lo expresado, el presente estudio es una exploración a las terapias físicas que plantea como objetivo analizar los efectos de un programa de entrenamiento basado en movimientos explosivos y de impacto aplicados en piscina sobre la composición corporal, la fuerza explosiva y la DMO de mujeres mayores de 60 años.

Material y método

Fue conducido un estudio cuasiexperimental no aleatorizado durante un periodo de 24 meses, con un diseño pretest/postest con grupo de comparación. El grupo experimental participó de un programa de ejercicios de impacto y explosividad (JG), en tanto el grupo control (CG) asistió a sesiones recreativas y deportivas sin un objetivo particular (p. ej., juegos, danzas, teatro, entre otros). Ambos grupos fueron asignados al azar por un sistema de tabla de números aleatorios.

Las participantes se seleccionaron considerando como *criterios de inclusión*: edad 60 ± 5 años, nivel de actividad física (entre 2-3 sesiones por semana sin ningún plan de entrenamiento específico y objetivo), autorización clínica y funcional para la práctica física (firmada por el médico), y se excluyeron del estudio aquellas participantes que presentaran deformidad de la columna vertebral, en miembros superiores o inferiores, amputaciones, uso de prótesis, que estuvieran tomando medicamentos que pudieran afectar negativa o positivamente la condición física, enfermedades cardiovasculares limitantes (angina de pecho, insuficiencia cardíaca, insuficiencia venosa crónica, entre otras), lesiones articulares con contraindicación para la práctica de actividad física, el uso de fármacos para el manejo de la osteoporosis, uso de corticoides de forma crónica o un consumo de calcio superior a los 1.000 mg/día, así como alguna condición limitante observada en la valoración clínica adicional.

El estudio y sus procedimientos fueron ajustados a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki¹⁴. En consecuencia, todos los individuos fueron informados de las características del estudio, sus objetivos, los procedimientos a aplicar, los riesgos potenciales y el uso de la información, aprobando su participación con su firma. Todas las pacientes que voluntariamente autorizaron su participación asistieron a una valoración clínica y funcional por parte del personal biomédico del estudio, que garantizó las condiciones de elegibilidad y el control de potenciales riesgos para la salud. Los protocolos y procedimientos fueron autorizados por el Comité Bioético de las Instituciones figurantes.

En total 35 mujeres fueron incluidas en el estudio, las cuales fueron divididas en 2 grupos: grupo ejercicios explosivos (JG; $n = 17$) y grupo control (CG; $n = 18$). Al final del proceso se establece una pérdida muestral entorno al 22,85% explicada por el abandono de las participantes, su irregularidad en la asistencia a las sesiones de trabajo y la no presentación de la totalidad de las pruebas, entre otros. Es importante resaltar que no fueron reportadas lesiones, accidentes o enfermedades derivadas de los ejercicios aplicados. Las características de cada grupo se presentan en la *tabla 1*.

Técnica de muestreo y selección: Considerando los criterios de inclusión y exclusión descritos, la complejidad de los procedimientos y el alcance de la investigación fue sugerido un muestreo no probabilístico por conveniencia y una técnica de selección basada en la tabla de números aleatorios, en la cual el total de individuos autorizados clínicamente para participar en el proceso tenían la misma probabilidad de pertenecer al JG o al CG.

Descripción de los procedimientos

Los participantes fueron familiarizados con las pruebas de evaluación, las cuales fueron agrupadas en variables de tipo

Tabla 1

Características generales de los grupos participantes de un programa de actividad física basado en ejercicios de impacto y explosividad orientado en agua, con mujeres posmenopáusicas, durante un periodo de 24 semanas

Variabes	JG; n = 15 Media ± DE	CG; n = 12 Media ± DE
Edad (años)	60 ± 4,19	63,20 ± 3,99
Peso (kg)	66,87 ± 10,94	62,88 ± 8,53
Talla (cm)	155,71 ± 6,71	1,55 ± 0,04*
IMC	27,61 ± 3,42	25,85 ± 3,07
Masa grasa (%)	41,39 ± 6,28	38,68 ± 5,95
Masa magra (%)	24,47 ± 2,57	25,21 ± 2,74

CG: grupo control; IMC: índice de masa corporal; JG: grupo experimental. Valores expresados como media ± desviación estándar.

*Significativo $p < 0,05$.

morfológico (índice de masa corporal, masa grasa, masa magra y masa ósea) y funcional (fuerza explosiva y fuerza máxima).

Valoración de la composición corporal

Se siguieron las normas e indicaciones establecidas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) y el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) que han sido consignadas en algunos escritos¹⁵. Las variables medidas fueron: el peso, la talla, los pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, supracrestal y subescapular), perímetro del brazo, muslo y pierna, así como diámetros biepicondiliano del húmero y epicondiliano del fémur. Se estimó el porcentaje de masa grasa corporal¹⁶, la densidad corporal¹⁷, la masa muscular¹⁸, la masa ósea¹⁹, la masa residual²⁰ y el índice de masa corporal²¹. El instrumental empleado fue un plícometro Holtain®, una cinta métrica Stanley®, paquímetro tipo Berfer®, estadiómetro tipo Faga® y báscula modelo Tanita®.

Confiabilidad y validez de los datos de composición corporal: los errores intraobservador e interobservador fueron calculados para todas las medidas antes y después del periodo de experimentación con una confiabilidad estimada entre las mediciones superior al 95%. Adicionalmente, las sesiones de evaluación fueron realizadas con una prueba a ciegas, es decir, los evaluadores no estuvieron en contacto con los formatos de recolección de información, siguieron una secuencia de medición y emplearon las demarcaciones anatómicas como único elemento de referencia general.

Valoración de la salud ósea

Los pacientes fueron sometidos a un examen por densitometría periférica (absorciometría de rayos X de energía dual-, sistema GMND 37661) en laboratorio, donde los resultados de la prueba generalmente se informan como «puntuación T» y «puntuación Z».

Valoración de la fuerza explosiva

Fue usado un protocolo de saltos donde se varía el rango de movilidad articular²². La fuerza explosiva fue medida por la respuesta del sujeto a un salto máximo vertical (SJ): la posición de partida es desde una posición de flexión de la articulación de las rodillas a 90°, con las manos en la cadera, y salta verticalmente), salto en contramovimiento (CMJ): la posición de partida es de pie, con extensión completa de las rodillas, la persona flexiona y alcanza 90° e inmediatamente salta verticalmente), salto en contramovimiento con oscilación de brazos (CMJas: similar al anterior, pero empleando los miembros superiores para alcanzar la máxima altura posible).

Fueron registrados 3 intentos máximos para todos los saltos con un sistema de rayos infrarrojos Opto Gait®, y la velocidad de despegue (m/s), la altura del salto (cm), el tiempo de vuelo (ms) y la potencia generada (watts) más representativas fueron empleadas

para su posterior análisis. El sistema está equipado con sensores que trabajan a un frecuencia de 1.000 Hz y tiene un error cifrado en 0,5 cm, detectando el espacio relevante y los parámetros de tiempo en el movimiento.

Valoración de la fuerza máxima dinámica

Si bien existen limitantes para valorar la fuerza máxima dinámica en miembros inferiores con el uso de ecuaciones lineales que no consideran en conjunto los vectores tiempo, espacio y carga, además de presentar un factor predictivo inferior cuando se comparan con otros procedimientos, es un estrategia económica que se encuentra entre el conjunto de la dinamometría isoinercial que permiten complementar otros resultados obtenidos con otros procedimientos de laboratorio como es el caso de este estudio.

En la evaluación funcional de miembros inferiores fue estimada la fuerza máxima dinámica²³ empleando las acciones de flexión de la rodilla (*curl isquiotibial*) y extensión de la rodilla sentado (*leg extensor*) en máquinas tipo multifuncional. El procedimiento consistió en movimientos de flexibilidad y movilidad articular, seguidos de una fase de calentamiento en banda o bicicleta estática. Luego se procedió a explicar los movimientos de flexión y extensión de la rodilla, para luego realizar series de repeticiones con pesos crecientes (máximo 3 series) y pausas completas en las cuales se registró el peso movilizado y el número de repeticiones. Con los valores más representativos se procedió a estimar la fuerza dinámica máxima generada, valor que fue empleado en el análisis estadístico.

Programa de actividad física en agua

A continuación se presenta la estructura de programación, los contenidos y su distribución para el programa orientado y centrado en la capacidad de fuerza muscular. Ambos modelos están apoyados en un sistema clásico de programación donde se manipulan la intensidad y la duración, a menor duración mayor intensidad (tabla 2). Dicho programa fue aplicado en un piscina terapéutica especial de 1,20 a 1,50 m de profundidad, con una temperatura constante a 22 °C.

La intervención fue realizada durante un periodo de 24 meses, donde los sujetos fueron medidos en 3 ocasiones usando protocolos idénticos. El primer mes (entre las medidas de -1 y 0) fue utilizado como periodo control, durante el cual los sujetos no recibieron intervención, solo control sobre las variables a estudiar y el establecimiento de la confiabilidad de los registros, instrumentos y procedimientos de partida (prueba estadística test-retest entre más de 2 mediciones por variable donde se respetó 5 días de separación entre las sesiones de valoración). Los siguientes controles fueron en la semana 17 y la semana 24, siendo empleados para el análisis el pretest (semana 1) y posttest (semana 24) (fig. 1).

Modelo de análisis estadístico propuesto

Fue aplicada la prueba de bondad o ajuste de normalidad a través de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro Wilk y distribución gráfica con curva de normalidad. Se establecieron niveles de diferenciación del 5% con un intervalo de confianza del 95%, y se consideran estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$.

Atendiendo a los criterios de tamaño muestral, homogeneidad y homocedasticidad, fueron aplicadas pruebas no paramétricas para establecer las diferencias intramuestrales e intermuestrales. Para apoyar el proceso se empleó el programa informático SPSS versión 19® para el análisis estadístico y el paquete Microsoft Office para la redacción, la base de datos, el diseño de tablas y gráficos, y el paquete Endnote 10 para la organización, clasificación y análisis de los estudios científicos sobre el tema.

Tabla 2
Programación de las cargas de esfuerzo físico en un programa de actividad física basado en ejercicios de impacto y explosividad aplicado en agua, con mujeres posmenopáusicas, durante un periodo de 24 semanas

Objetivo	Estrategia	Número Semanas	Frecuencia	Número Ejercicios	Serie	Número Rep.	Rep. Semana	Volumen mensual
Ejercicios explosivos aplicados en agua	A) Multisaltos verticales	1-4	3	3	2	8	144	576
	B) Multisaltos horizontales	5-8	3	3	2	8	144	576
	C) Carreras cortas	9-12	3	3	3	8	216	864
	D) Danza en agua	13-16	3	3	3	8	216	864
			17-24	3	3	2	8	144
Volumen total 24 semanas								4.752

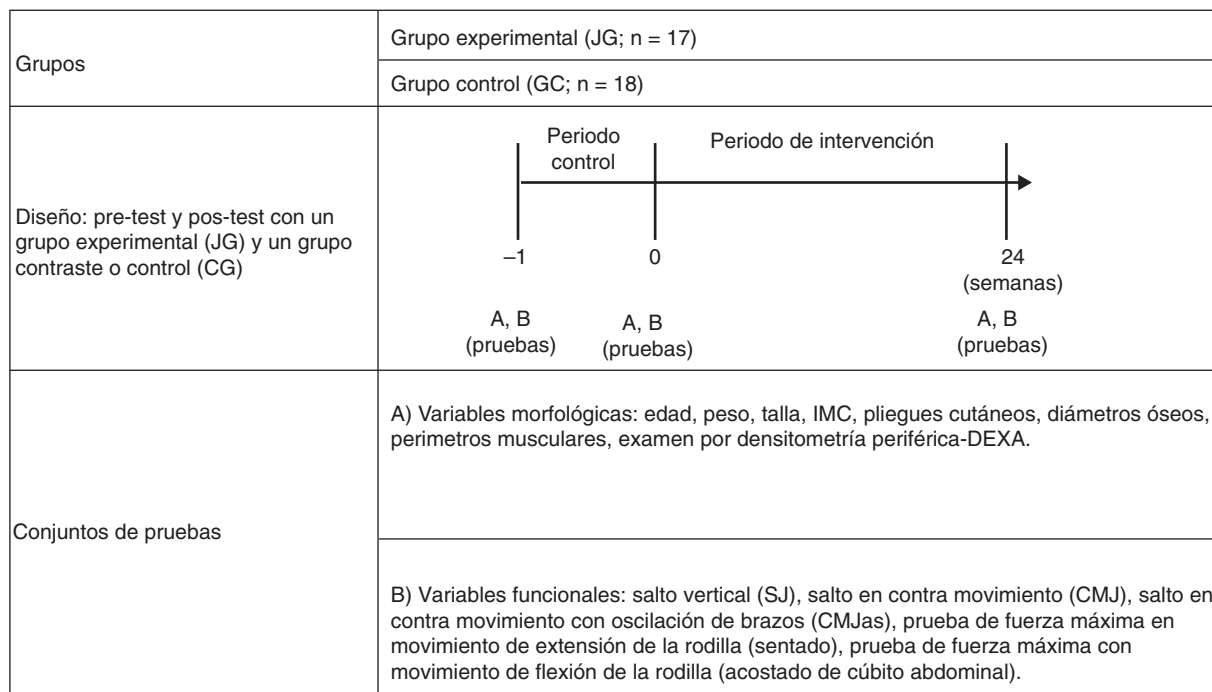


Figura 1. Descripción general del diseño metodológico propuesto.

Resultados

Composición corporal

No hubo variaciones significativas de los compartimientos corporales para JG, en tanto el CG presentó incremento significativo en el peso corporal $1,87 \pm 0,58\%$ ($p=0,03$), el índice de masa corporal $2,05 \pm 1,62\%$ ($p=0,02$) y la masa grasa $5,53 \pm 3,36\%$ ($p=0,05$) (tabla 3).

Densidad mineral ósea

Los valores promedio de DMO para los grupos JG y CG se presentan en la tabla 4. Si bien no se establecen diferencias estadísticamente significativas, JG presentó ligeras y positivas modificaciones para la DMO lumbar ($\text{CMH/a}[\text{g/cm}^2]$) de $2,517 \pm 0,54\%$ y para la DMO femoral $\text{CMH/a}[\text{g/cm}^2]$ de $1,107 \pm 0,63\%$, en contraste con los valores negativos encontrados en CG para la DMO lumbar ($\text{CMH/a}[\text{g/cm}^2]$) de $-1,830 \pm 0,90\%$ y para la DMO femoral $\text{CMH/a}[\text{g/cm}^2]$ de $-1,107 \pm 0,71\%$.

Fuerza explosiva

Los cambios en la fuerza explosiva de miembros inferiores fueron analizados a través de indicadores de desempeño (tiempo de vuelo, altura de salto, velocidad de despegue) en SJ, CMJ y CMJas lo que permitió establecer un incremento de la funcionalidad tras

24 semanas de entrenamiento con multisaltos en agua para JG y el nivel de deterioro para CG. Los resultados de la fuerza explosiva son presentados en la tabla 5.

El primer indicador relacionado con el tiempo de vuelo para las pruebas de SJ, CMJ y CMJas fue diferente entre JG y CG. Dichos valores mejoraron significativamente ($p < 0,05$ y $0,001$) en JG para las pruebas de SJ $8,76 \pm 5,48\%$; CMJ $6,29 \pm 5,56\%$ y CMJas $5,74 \pm 2,22\%$, en contraste con deterioro significativo ($p < 0,05$ y $0,001$) presentado por CG para la prueba de SJ $-8,48 \pm 5,54\%$, CMJ $-14,19 \pm 5,55\%$ y CMJas $-8,93 \pm 7,33\%$.

El segundo indicador referido a los valores de altura máxima para las pruebas de SJ, CMJ y CMJas fue diferente entre JG y CG. Se advierte un incremento significativo ($p < 0,05$ y $0,001$) en JG para el SJ de $17,87 \pm 9,49\%$; CMJ de $12,71 \pm 5,58\%$ y CMJas de $11,70 \pm 5,20\%$, así como el deterioro significativo ($p < 0,05$ y $0,001$) en CG para la prueba SJ de $-13,70 \pm 3,50\%$, CMJ de $-11,07 \pm 3,1\%$ y CMJas de $-17,82 \pm 2,15\%$.

Finalmente, el tercer indicador, relacionado con la velocidad de despegue para las pruebas SJ, CMJ y CMJas coincide con el comportamiento de los indicadores ya mencionados, siendo diferentes entre los grupos de JG y CG. Se describe una disminución significativa ($p < 0,05$ y $0,001$) del indicador en JG para la prueba de SJ ($-8,97 \pm 5,26\%$), CMJ ($-6,09 \pm 5,55\%$) y CMJas ($-5,88 \pm 5,26\%$), en tanto CG incrementó los valores porcentuales de dicho indicador en SJ ($14,19 \pm 5,55\%$), CMJ ($6,74 \pm 5,88\%$) y CMJas ($14,94 \pm 6,66\%$).

Como criterio adicional y de confirmación de las variaciones tensionales de miembros inferiores a nivel muscular fue

Tabla 3

Características morfológicas de los grupos experimental y control participantes de un programa de actividad física basado en ejercicios de impacto y explosividad orientado en agua, con mujeres posmenopáusicas, durante un periodo de 24 semanas

Variables	Punto 1 JG (n = 15)	Punto 2 JG (n = 15)	Punto 1 CG (n = 12)	Punto 2 CG (n = 12)	JG Comparación intramuestral	CG Comparación intramuestral	JG vs. CG Comparación intermuestral P2 vs. P2
	x ± DE	x ± DE	x ± DE	x ± DE	P1 vs. P2	P1 vs. P2	
Peso (kg)	66,87 ± 10,94	66,63 ± 11,06	62,88 ± 8,53	64,06 ± 8,48	*	***	*
Talla (cm)	1,55 ± 6,71	1,55 ± 6,99	1,55 ± 0,04	1,558 ± 0,04	*	*	*
IMC	27,61 ± 3,42	27,50 ± 3,34	25,85 ± 3,07	26,38 ± 3,02	*	***	*
Masa grasa (%)	41,39 ± 6,28	41,05 ± 5,14	38,68 ± 5,95	40,82 ± 6,15	*	**	*
Masa magra (%)	24,47 ± 2,57	24,61 ± 1,91	25,21 ± 2,74	25,21 ± 2,74	*	*	*

CG: grupo control; IMC: índice de masa corporal; JG: grupo experimental.

Valores expresados como media ± desviación estándar.

*No significativo.

**Significativo p < 0,05.

***Muy significativo p < 0,001.

Tabla 4

Valores de densidad mineral ósea (lumbar/femoral) de los grupos experimental y control participantes de un programa de actividad física basado en ejercicios de impacto y explosividad orientado en agua, con mujeres posmenopáusicas, durante un periodo de 24 semanas

Variables	Punto 1 JG (n = 15)	Punto 2 JG (n = 15)	Punto 1 CG (n = 12)	Punto 2 CG (n = 12)	JG Comparación intramuestral	CG Comparación intramuestral	JG vs. CG Comparación intermuestral P2 vs. P2
					P1 vs. P2	P1 vs. P2	
DMO lumbar CMH/a (g/cm ²)	1,00 ± 0,18	1,02 ± 0,18	0,991 ± 0,13	0,942 ± 0,13	**	***	*
DMO femoral CMH/a (g/cm ²)	0,8915 ± 0,16	0,88 ± 0,15	0,880 ± 0,11	0,810 ± 0,107	**	***	*

CG: grupo control; DMO: densidad mineral ósea; JG: grupo experimental.

Valores expresados como media ± desviación estándar.

*No significativo.

**Significativo p < 0,05.

***Muy significativo p < 0,001.

Tabla 5

Valores de fuerza explosiva y máxima de los grupos experimental y control participantes de un programa de actividad física basado en ejercicios de impacto y explosividad orientado en agua, con mujeres posmenopáusicas, durante un periodo de 24 semanas

Variables	Punto 1 JG (n = 15)	Punto 2 JG (n = 15)	Punto 1 CG (n = 12)	Punto 2 CG (n = 12)	JG Comparación intramuestral	CG Comparación intramuestral	JG vs. CG Comparación intermuestral P2 vs. P2
					P1 vs. P2	P1 vs. P2	
Vuelo SJ (ms)	319,42 ± 41,91	347,42 ± 40,14	316 ± 37,94	289,2 ± 47,63	**	***	***
Altura SJ (cm)	12,70 ± 3,34	14,97 ± 3,54	12,4 ± 2,85	10,7 ± 2,75	**	***	***
Velocidad SJ (m/s)	1,56 ± 0,20	1,70 ± 0,19	1,55 ± 0,18	1,33 ± 0,17	**	***	***
Vuelo CMJ (cm)	334,85 ± 38,79	355,92 ± 37,92	332,8 ± 35,81	311,45 ± 32,52	**	***	*
Altura CMJ (cm)	13,92 ± 3,25	15,69 ± 3,40	13,72 ± 2,87	12,20 ± 2,78	**	***	***
Velocidad CMJ (m/s)	1,64 ± 0,19	1,74 ± 0,18	1,63 ± 0,17	1,52 ± 0,16	**	***	***
Vuelo CMJas (ms)	348 ± 39,66	368 ± 39,19	356 ± 38,32	324,2 ± 41,14	*	***	***
Altura CMJas (cm)	15,04 ± 3,36	16,80 ± 3,66	15,71 ± 3,25	12,91 ± 3,32	*	***	***
Velocidad CMJas (m/s)	1,70 ± 0,19	1,80 ± 0,19	1,74 ± 0,18	1,48 ± 0,21	*	***	***
Ind elasticidad	10,64 ± 8,13	5,49 ± 8,86	11,45 ± 7,08	15,44 ± 10,04	**	*	***
Potencia SJ (kg/sg)	10,30 ± 2,90	11,18 ± 3,21	9,51 ± 2,42	7,73 ± 2,38	*	***	***
Potencia CMJ (kg/sg)	11,30 ± 2,91	12,71 ± 3,20	10,52 ± 2,48	9,55 ± 2,49	*	***	***
Potencia CMJas (kg/sg)	12,21 ± 3,10	13,68 ± 3,74	12,01 ± 2,62	10,04 ± 2,64	**	***	***
Leg extensor Fmáx1 (kg)	113,16 ± 41,60	137,37 ± 48,01	116,57 ± 27,84	78,98 ± 18,78	***	***	***
Leg extensor Fmáx2 (kg)	119,91 ± 54,73	153,24 ± 48,94	124,46 ± 30,10	106,14 ± 25,65	***	***	***
Curl isquiotibial Fmáx1 (kg)	45,29 ± 15,63	53,99 ± 18,92	43,11 ± 11,82	16,91 ± 4,62	***	***	***
Curl isquiotibial Fmáx2 (kg)	63,02 ± 19,45	64,49 ± 19,95	23,36 ± 6,58	22,17 ± 6,42	***	***	***

CG: grupo control; CMJ: salto en contramovimiento; CMJas: salto en contramovimiento con oscilación de brazos; JG: grupo experimental.

Valores expresados como media ± desviación estándar.

*No significativo.

**Significativo p < 0,05.

***Muy significativo p < 0,001.

estimada la potencia generada para SJ, CMJ y CMJas, la cual presentó cifras diferentes entre JG y CG. El JG incrementó la potencia generada de manera significativa (p < 0,05 y 0,001) tras la participación en el programa en SJ de 8,54 ± 4,61%; CMJ de 12,47 ± 4,51% y CMJas de 12,03 ± 9,24%, en tanto CG descendió las cifras en SJ en -18,71 ± 4,65%, CMJ en -9,22 ± 4,40% y CMJas en -16,40 ± 4,76%.

Fuerza máxima

Fueron establecidas diferencias significativas entre los grupos JG y CG tras la aplicación del programa de actividad física. En el caso de JG, la fuerza máxima de los músculos extensores de la rodilla incrementó significativamente (p < 0,05 y 0,001) para las pruebas de *leg press* en un 27,79 ± 8,49% y *curl isquiotibial* en un

19,20 ± 7,52%, en contraste con el deterioro porcentual presentado por CG para la prueba de *leg press* de un 32,24 ± 8,49% y *curl isquiotibial* de un 20,77 ± 6,49%. Los resultados de las pruebas relacionadas con expresiones de fuerza pueden ser observados en la [tabla 5](#).

Discusión

Los resultados en JG revelan una disminución no significativa para las variables peso, IMC y masa grasa, con ligero aumento de los valores de masa magra, opuesto a los registros del CG (al respecto algunos estudios^{24,25} informan que la composición corporal puede ser alterada), variables en las cuales se requiere el uso de sobrecargas corporales con equipamiento especializado, ya que la aplicación aislada de movimientos explosivos y de impacto, como es el caso del presente estudio, no es suficiente para lograr cambios porcentuales notorios.

Con respecto a la duración total del programa, algunos reportes en edades similares han informado alteraciones positivas y significativas en periodos que van de 12 a 24 semanas, lo cual permite advertir que los ejercicios de fuerza muscular desarrollados en agua (piscina terapéutica) son una alternativa de rehabilitación con adultos mayores, cuando el objetivo es mantener o incrementar positivamente los compartimientos corporales^{26,27}, un aspecto en el cual tiene incidencia el tiempo total de estimulación.

Es posible que los resultados obtenidos en la composición corporal del presente estudio, en donde se evidencian variaciones no significativas pero beneficiosas para el JG, pueden ser atribuidos a la frecuencia manejada en el programa de ejercicio, así como al uso de ejercicios de impacto y explosividad, que si bien inducen cambios positivos sobre la autonomía y funcionalidad, no alteran sustancialmente los compartimientos corporales en un periodo de tiempo inferior a 6 meses, datos que coinciden con lo reportado por algunos autores^{28,29}.

En el caso particular de los valores de DMO, los resultados del presente estudio describen un aumento no significativo a nivel lumbar y femoral posterior a la aplicación del programa de ejercicio en piscina terapéutica. Lo mencionado confirma la hipótesis que las mujeres pos-menopáusicas entrenadas con ejercicios de soporte de peso en piscina tienen DMO similar a aquellas sometidas a entrenamientos de resistencia (realizados en tierra) y valores superiores a los controles (sedentarios)³⁰.

Una posible explicación de los resultados en la DMO se fundamenta desde la respuesta positiva que tienen las células progenitoras del hueso ante las cargas, donde se ha corroborado que se logra un mayor efecto con programas de fuerza que manejan dentro de su prescripción altas cargas (intensidad) y bajas repeticiones, en comparación con programas de resistencia que cuentan con bajas cargas y un alto número de repeticiones³¹. Además se debe procurar por intervenciones en un periodo de duración amplio, plazo donde se hace evidente y significativa la mejora en la DMO³².

Por otro lado, un estudio³³ que valoró los efectos de 24 semanas de un programa de ejercicio acuático de alta intensidad en los marcadores de remodelado óseo y la masa ósea de las mujeres posmenopáusicas, informó de la reducción de la DMO lumbar y femoral en el grupo control, mientras que en el grupo de intervención presentó cambios positivos, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio y reafirma la idea que el programa de ejercicio acuático podría favorecer el mantenimiento de la DMO femoral, un aspecto a considerar en los actuales modelos de promoción de la salud y prevención de la enfermedad.

Por otro lado, se resalta que el programa aplicado favoreció un incremento significativo de los valores de expresión de fuerza máxima y potencia muscular (cuádriceps e isquiotibiales) en JG, lo cual puede ser debido en gran medida al tiempo de intervención

(24 semanas) y las actividades desarrolladas, aspecto ya reportado en la teoría científica³⁴.

Otras experiencias similares como la publicadas con un grupo de 20 adultos mayores (mayores de 65 años) que participaron en un programa de ejercicios acuáticos, 10 semanas, con una frecuencia de 2 veces, con contenidos que contemplaban saltos en múltiples direcciones, reportaron un incremento no significativo en los valores de fuerza muscular del cuádriceps³⁵, lo cual permite advertir la importancia de emplear un número mínimo y máximo de saltos (hasta 150 por semana), de sesiones y de tiempo total de estimulación cuando el objetivo es mantener y mejorar aspectos propios de la expresión funcional, como es el caso de la tensión mecánica.

En los estudios descritos se destaca que los tiempos de intervención deberían ser más prolongados (más de 24 semanas) y con ejercicios de mayor impacto de cara a afectar las estructuras neurales, musculares, óseas y articulares cuando el objetivo es mejorar la funcionalidad general en el adulto mayor. De igual forma se muestran las ventajas que ofrece el entrenamiento en agua, tales como el aumento de la resistencia gracias a la turbulencia, la viscosidad del agua cuando se movilizan los diferentes segmentos corporales, el autocontrol del dolor, entre otros³⁶.

No obstante, el programa de ejercicios aplicado favoreció cambios en algunas variables que puede asociarse a un incremento en los beneficios funcionales de este tipo de modelos de intervención. Aunque dichas modificaciones no sean estadísticamente significativas en todos los parámetros morfológicos considerados para JG, es claro que los movimientos de impacto y explosivos en agua permiten el mantenimiento en el tiempo de la DMO y el mejoramiento de patrones tensionales en miembros inferiores, algo que se puede observar al comparar los registros en JG y CG, así como en las modificaciones sufridas por GC en el mismo lapso de tiempo.

De igual forma es importante mencionar que el estudio tuvo sus limitaciones en aspectos como el tiempo total de intervención, el total de unidades de observación estudiadas ($n < 30$) y la falta de sobrecargas en agua (p. ej., chalecos con peso), aspectos que deberían ser incluidos en futuros estudios.

A modo de conclusión, los resultados revelan que un programa de ejercicios de impacto y explosivo aplicado en agua con mujeres mayores de 60 años induce cambios positivos sobre los parámetros morfológicos (compartimientos corporales) lo cual evita el deterioro de dichos componentes. Además, el modelo sugerido permite alcanzar incrementos significativos en patrones tensionales (expresiones de fuerza y potencia) que han sido asociados a estados funcionales saludables en otros estudios³⁷.

Conflicto de intereses

Los autores de manera unánime garantizan que el estudio presentado es original y no existe conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Santo Tomás el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

1. World Health Organization (WHO) [Internet]. Brussels, Belgium: WHO; 2004 [actualizado 2007; citado 9 Ene 2015]. Disponible en: <http://www.who.int/chp/topics/Osteoporosis.pdf>
2. Nikander R, Heinonen A, Daly R, Rasi K, Kannus N, Nikander P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Medicine*. 2010;8:1-16.
3. Hadjidakis D, Androulakis I. Bone remodeling. *Ann N Y Acad Sci*. 2006;1092:385-96.
4. Edgren J, Salpakoski A, Rantanen T, Heinonen A, Kallinen M, von Bonsdorff M, et al. Balance confidence and functional balance are associated with physical disability after hip fracture. *Gait Posture*. 2013;37:201-5.

5. Muir JM, Ye C, Bhandari M, Adachi JD, Thabane L. The effect of regular physical activity on bone mineral density in post-menopausal women aged 75 and over: A retrospective analysis from the Canadian multicentre osteoporosis study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2013;14:2-9.
6. Pahor M, Guralnik JM, Ambrosius W, Blair SE, Bonds DE, Church TS, et al., LIFE Study Investigators. Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: The LIFE study randomized clinical trial. *JAMA*. 2014;311:2387-96.
7. Qu X, Zhang X, Zhai Z, Li H, Liu X, Li H, et al. Association between physical activity and risk of fracture. *J Bone Miner Res*. 2014;29:202-11.
8. Gómez-Cabello A, Ara I, González-Agüero A, Casajús JA, Rodríguez V. Effects of training on bone mass in older adults. A systematic review. *Sports Med*. 2012;42:301-25.
9. Schwab P, Klein RF. Nonpharmacological approaches to improve bone health and reduce osteoporosis. *Current Opin Rheumatol*. 2008;20:213-7.
10. Doupe MB, Martin AD, Searle MS, Kriellaars DJ, Giesbrecht GC. A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males. *Can J Appl Physiol*. 1997;22:598-608.
11. Arasheben A, Barzee K, Morley C. A meta-analysis of bone mineral density in collegiate female athletes. *J Am Board Fam Med*. 2011;24:1-7.
12. Fiatarone M. Exercise and osteoporotic fracture prevention part 1: The role of exercise. *Medicine Today*. 2007;8:1-9.
13. Todd JA, Robinson RJ. Osteoporosis and exercise. *Postgrad Med J*. 2003;79:320-3.
14. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310:2191-4.
15. Esparza F. *Manual de cineantropometría*. Vol. 3. Pamplona: FEMEDE; 1993.
16. Behnke AR, Wilmore JH. Evaluation and regulation of body build and composition. New York: Prentice Hall; 1974.
17. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974;32:77-97.
18. Doupe MB, Martin AD, Searle MS, Kriellaars DJ, Giesbrecht GG. A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males. *Can J Appl Physiol*. 1997;22:598-608.
19. Rocha M. Peso óseo do brasileiro de ambosos sexos de 17 a 25 años. *Arq Antropol*. 1975;1:445-51.
20. Würch A. La femme et le sport. *Med Sport Francaise*. 1973;1:2-25.
21. Quetelet A. *Anthropométrie, ou Mesure des différentes facultés de l'homme*. Bruxelles: C. Muquardt; 1871.
22. Bosco C. *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo; 1994.
23. O'Connor B, Simmons J, O'Shea P. *Weight training today*. St. Paul: West Publishing Company; 1989.
24. Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, et al. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;34:544-51.
25. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*. 2006;20:811-8.
26. Bergamin M, Zanuso S, Alvar BA, Ermolao A, Zaccaria M. Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? A systematic review of the evidence. *Eur Rev Aging Phys Act*. 2012;9:129-41.
27. Bergamin M, Ermolao A, Tolomio S, Berton L, Sergi G, Zaccaria M. Water- versus land-based exercise in elderly subjects: Effects on physical performance and body composition. *Clin Interv Aging*. 2013;8:1109-17.
28. Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernández M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2-3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain. A non-randomized comparison trial. *Pain Med*. 2013;14:145-58.
29. Baena-Beato PA, Artero EG, Arroyo-Morales M, Robles-Fuentes A, Gatto-Cardia MC, Delgado-Fernández M. Aquatic therapy improves pain: disability, quality of life, body composition and fitness in sedentary adults with chronic low back pain. A controlled clinical trial. *Clin Rehabil*. 2014;28:350-60.
30. Balsamo S, Mota LM, Santana FS, Nascimento Dda, Bezerra LM, Balsamo DO, et al. Resistance training versus weight-bearing aquatic exercise: across-sectional analysis of bone mineral density in postmenopausal women. *Rev Bras Reumatol*. 2013;53:193-8.
31. Kerr D, Morton A, Dick I, Prince R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res*. 1996;11:218-25.
32. Murtezani A, Nevzati A, Ibraimi Z, Sllamniku S, Meka VS, Abazi N. The effect of land versus aquatic exercise program on bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteoporosis: A randomized controlled trial. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2014;16:319-25.
33. Moreira L, Fronza FC, dos Santos RN, Teixeira LR, Krueel LF, Lazaretti-Castro M. High-intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women. *Menopause*. 2013;20:1012-9.
34. Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, Abellan J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106:113-22.
35. Lau MC, Lam JK, Siu E, Fung CS, Li KT, Lam MW. Physiotherapist-designed aquatic exercise programme for community-dwelling elders with osteoarthritis of the knee: A Hong Kong pilot study. *Hong Kong Med J*. 2014;20:16-23.
36. Rahman MM, Al-Lawatia M, Eltayeb I, Al-Salti N. Hydromagnetic slip flow of water based nanofluids past a wedge with convective surface in the presence of heat generation (or) absorption. *J Thermal Sciences*. 2012;57:172-82.
37. Ramírez-Villada JF, León-Ariza HH. Características antropométricas, funcionales y de fuerza explosiva de mujeres mayores de 50 años físicamente activas de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2012;47:148-54.