

## EL EFECTO DEL EJERCICIO EN EL MEDIO ACUÁTICO SOBRE LA CAPACIDAD DE SALTO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN MUJERES POSTMENOPÁUSICAS\*

### RESULTS OF WATER TRAINING ON JUMP HEIGHT AND BODY COMPOSITION IN POSTMENOPAUSAL WOMEN

#### RESUMEN

La finalidad del presente estudio fue establecer el efecto de dos programas de ejercicio en el medio acuático de un año de duración – uno de impacto y resistencias adicionales en piscina poco profunda y otro de natación en piscina profunda - sobre la capacidad de salto y la composición corporal de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera. 59 mujeres de Toledo capital (España) fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos: grupo de natación (GN; n = 21), grupo de impacto y resistencias (GIR; n = 21) y grupo control (GC; n = 17). Todas recibieron instrucciones de no alterar sus hábitos alimentarios y de mantener la práctica de actividad física habitual durante el estudio. Para evaluar la composición corporal se analizó el índice de masa corporal (IMC) y el índice cintura-cadera (ICC). El consumo energético semanal (CES) se controló mediante el cuestionario de frecuencia alimentaria del programa de análisis nutricional MediSystem 2000 (Sanocare Human Systems L.S., Madrid, España). La altura de salto se halló mediante un test de salto con contramovimiento (CMJ). Ambos grupos de ejercicio mostraron un descenso significativo ( $p < 0.05$ ) del IMC (GN: 2.77%, GIR: 2.71%). En GN se observó una disminución significativa del ICC (4.71%). No se encontraron cambios significativos en el CES de los grupos de ejercicio. No se encontraron mejoras significativas en la capacidad de salto de ninguno de los grupos de estudio pero sí se obtuvieron diferencias significativas entre ambos grupos de ejercicio y el grupo control. Se puede concluir que el ejercicio en el medio acuático, tanto de impacto y resistencias adicionales como de natación, permite obtener mayor capacidad de salto que la mera práctica de actividad física en mujeres postmenopáusicas, siendo eficaz a la hora de conseguir mejoras en la composición corporal.

**Palabras clave:** Periodo postmenopáusico. Capacidad de salto. Medio acuático. Composición corporal.

#### SUMMARY

The aim of the present study was to investigate the effect of two water-based exercise programs on jump height and body composition in postmenopausal women with moderate hip risk fracture. Exercise programs consisted of calisthenics and resistance exercise in a shallow pool and swimming exercise in a deep pool developed during one year. 59 women from Toledo (Spain) were randomly divided into three groups: swimming group (GN; n = 21), calisthenics and resistance group (GIR; n = 21), and control group (GC; n = 17). Subjects were instructed not to alter their diets and extra physical activity habits during the study to preserve the external validity. Anthropometric profile included body mass index (IMC) and waist to hip ratio (ICC) measurements. Energy consumption per week (CES) was measured using a self-administrated food frequency questionnaire included in the nutritional analysis program MediSystem 2000, developed for the Sanocare Human Systems L.S., Madrid (Spain). Jump height was assessed by a countermovement jump test (CMJ). Both exercise programs showed a significant ( $p < 0.05$ ) decrease in IMC (GN: 2.77%, GIR: 2.71%). Additionally, GN showed a significant decrease in ICC (4.71%). No significant changes were obtained on CES in exercise groups. There were no significant improvements in CMJ in any group but at the end of the study, GN and GIR measurements were significantly higher from GC relative to CMJ. In conclusion, one year of water-based exercise, either calisthenics and resistance exercise in a shallow pool or swimming exercise in a deep pool, was effective regarding improvements on jumping performance in postmenopausal women with moderate hip risk fracture. Women who were enrolled in those systematic water-training programs were able to jump higher than physically active women. Moreover, both exercise programs were effective regarding improvements in body composition.

**Key words:** Postmenopausal period. Jump height. Resistance training. Body compositions.

María Carrasco

Manuel Vaquero

Departamento de Actividad Física y Deporte  
Facultad de Ciencias del Deporte  
Universidad de Murcia

\*Los resultados del presente estudio pertenecen a un proyecto de investigación de dos años de duración financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, denominado Proyecto Osteoaqua: estudio de la eficacia de un programa de actividad física en el medio acuático en la prevención y tratamiento de la osteoporosis en mujeres postmenopáusicas. Fue realizado en la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha (España) a cargo de Dr. Fernando Navarro Valdivielso.

#### CORRESPONDENCIA:

María Carrasco Poyatos. Departamento de Actividad Física y Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Argentina, s/n. 30720 Santiago de la Rivera-San Javier. Murcia. España. E-mail: mariacarrasco@um.es

**Aceptado:** 29.01.2010 / Original n.º 567

## INTRODUCCIÓN

La menopausia es un proceso fisiológico degenerativo celular transcrito en el código genético de la mujer caracterizado por la reducción de la producción hormonal (estrógenos y progesterona), la desaparición de la ovulación y la finalización del ciclo menstrual<sup>1,2</sup>. Afecta al 90% de las mujeres y suele manifestarse alrededor de los 51.4 años, con un espectro que va de los 45 a los 55 años<sup>2-4</sup>. Es frecuente que, debido a estos cambios hormonales, las mujeres postmenopáusicas se vean afectadas por la osteoporosis, que a su vez está íntimamente relacionada con el riesgo de fractura de cadera<sup>5-7</sup>, la mayor causa de pérdida funcional, dependencia y riesgo de muerte en los mayores<sup>8,9</sup>.

El sistema neuromuscular también se ve afectado por estos cambios hormonales. Diversos estudios han encontrado disminuciones significativas en la fuerza y la masa muscular (sarcopenia) tras la menopausia<sup>10-12</sup>. Con la edad, se produce un deterioro de la conducción nerviosa motora del sistema nervioso periférico<sup>13,14</sup> y de la capacidad de reclutamiento de unidades motoras<sup>15</sup>, en concreto son las fibras musculares rápidas (Tipo II o FT) las que se ven más afectadas por este fenómeno tendiendo a ser reabsorbidas por el organismo, lo que origina una proporción más elevada de fibras lentas<sup>16</sup> y por tanto la ralentización de los movimientos. Según algunas investigaciones<sup>17</sup>, no está claro que en las mujeres el nivel de estrógenos afecte a la contracción muscular voluntaria, aunque sí se observa su relación con la ralentización en la velocidad de movimiento segmentaria. Asimismo, con la edad muchas personas tienden a convertirse en sarcopénicas y obesas<sup>18</sup>, lo que hace que la relación existente entre la reducción de la masa muscular y la ralentización del metabolismo sea más estrecha en edades más avanzadas<sup>19</sup>. Otros factores que inciden en el aumento de la obesidad, además de la ingesta calórica, son los cambios hormonales producidos por la menopausia. Diversos estudios afirman que las mujeres postmenopáusicas experimentan una reducción en el metabolismo basal y un incremento en el porcentaje graso, además de una reducción en la masa libre de grasa<sup>20,21</sup>.

Los cambios del sistema neuromuscular tienen un impacto particularmente severo en la autonomía e independencia de las mujeres postmenopáusicas, siendo en parte responsables del aumento de las caídas<sup>22</sup> y disminuyendo la habilidad para realizar las actividades instrumentales de la vida cotidiana<sup>23</sup>, como bajar o subir escaleras o levantarse y sentarse en el sofá. La obesidad hace a las personas más susceptibles a determinadas enfermedades como osteoartritis, patologías cardiovasculares, diabetes tipo II, hipertensión o determinados tipos de cáncer<sup>24, 25</sup>. A su vez, la forma más común de perder peso es la restricción calórica mediante dietas pobres en nutrientes básicos<sup>26</sup>, que propician la aparición de trastornos neurológicos, accidentes cerebrovasculares, cáncer, depresión o artritis entre otras patologías<sup>27</sup>. El mayor riesgo para la salud en los mayores es enfrentarse de manera simultánea a la sarcopenia y a la obesidad<sup>18</sup> por tanto, ambos factores pueden llegar a ser una peligrosa amenaza para la capacidad funcional, la salud y la calidad de vida de las mujeres postmenopáusicas.

Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de impacto y resistencias adicionales en el medio acuático y otro de natación sobre la capacidad de salto y la composición corporal en mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera, estableciendo las diferencias entre ambos programas y respecto a un grupo control.

Investigaciones previas indican que el trabajo de impacto y resistencias adicionales en piscina poco profunda parece repercutir de manera positiva en la capacidad de salto de mujeres postmenopáusicas<sup>28,29</sup>. Adicionalmente, el ejercicio en el medio acuático tanto de impacto y resistencias adicionales en piscina poco profunda como de natación en piscina profunda puede tener resultados positivos sobre la masa grasa<sup>28,30</sup>, el peso y el IMC<sup>31,32</sup> de mujeres postmenopáusicas y mayores. De acuerdo con las investigaciones anteriormente citadas, la hipótesis de trabajo del presente estudio se centrará en que con el programa de impacto y resistencias adicionales en piscina poco profunda se obtendrán mejoras

significativas en la capacidad de salto de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera, estableciéndose diferencias significativas con respecto al grupo de natación y al grupo control. Por otro lado, ambos grupos de ejercicio conseguirán cambios positivos significativos en la composición corporal.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Descripción de la muestra

En el presente estudio participaron 93 mujeres (n=93) postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera. Fueron reclutadas de las consultas externas de atención primaria y especializada del Centro de Salud de Palomarejos y del Centro Especializado de Diagnóstico y Tratamiento del SESCO de Toledo (España). Los criterios de inclusión que debían cumplir las participantes fueron los siguientes: mujeres postmenopáusicas de Toledo capital con al menos 5 años de amenorrea, edad menor o igual a 70 años, con moderado riesgo de fractura de cadera medida por ultrasonografía de calcáneo con el densitómetro Aquiles Express 2000 (General Electric, Lunar Corporation) y siguiendo las recomendaciones de Hans, *et al.*:  $-1,2 < \text{QUS T-score} > -2,5^6$ , sin antecedentes de fractura osteoporótica, que no utilizaran la Terapia Hormonal Sustitutiva como tratamiento para la osteoporosis, sin patologías neurológicas, musculoesqueléticas, cardiovasculares, metabólicas o inflamatorias que les impidieran su participación en los programas de ejercicio en el medio acuático. Ninguna de ellas estuvo incluida en algún programa de ejercicio en el medio acuático en los dos años anteriores al presente estudio. Las participantes que no cumplieron dichos criterios fueron excluidas.

La muestra fue asignada de forma aleatoria a los distintos grupos del estudio (1:1:1) mediante una aleatorización centralizada, quedando dividida en 3 grupos: grupo de natación (GN), grupo de impacto y resistencias (GIR) y grupo control (GC). GN y GIR estaban formados por 21 mujeres, GC por 17. Cada participante firmó un for-

mulario de consentimiento tras ser informadas de los riesgos y beneficios de su participación en el estudio. Asimismo, todas recibieron instrucciones de no alterar sus hábitos alimentarios y de mantener la práctica de actividad física habitual durante el periodo de entrenamiento. Por tanto, algunas de las participantes del grupo control mantuvieron la práctica de actividades físicas no planificadas ni estructuradas como andar, senderismo o pádel. De las 93 mujeres iniciales, 59 completaron el estudio y fueron incluidas en el análisis final. Las bajas de produjeron por motivos familiares y otro tipo de patologías no relacionadas con el estudio. Las características de las participantes se muestran en la Tabla 1.

### Test y protocolos de aplicación

Todas las mediciones fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Entrenamiento Deportivo de la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha (España). Para ello se empleó siempre el mismo equipamiento, los mismos evaluadores y las mismas técnicas de evaluación. Los evaluadores fueron adiestrados y estaban perfectamente cualificados para desempeñar su labor. Las mediciones antropométricas fueron realizadas siempre antes de la medición de la capacidad de salto y ambas se llevaron a cabo siempre el mismo día. El cuestionario de frecuencia alimentaria fue entregado a las participantes el mismo día de las pruebas y cumplimentado por éstas durante los 7 días consecutivos. El test de capacidad de salto se hizo en la semana previa a la del pretest y el posttest para minimizar el efecto del aprendizaje.

	GN (n=21)	GIR (n=21)	GC (n=17)
Edad (años)	58.8±6.5	55.4±6.5	56.6±6.4
Altura (cm)	156.8±6.7	155.6±6.6	151.7±10.4
Peso (kg)	62.9±8.4	66.4±16.6	63.7±9.6
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25.5±2.5	27.3±5.9	28.4±8.4
ICC (cm)	0.85±0.0	0.84±0.0	1.16±1.4
CES (kcal/semana)	1788.3±740.8	1456.3±335.3	1476.3±324.7

IMC: índice de masa corporal. ICC: índice cintura-cadera. CES: consumo energético semanal.

TABLA 1.  
Características de la muestra (media ±DT)

El mejor valor de cada test fue utilizado en el análisis estadístico.

*Determinación de la composición corporal.* Las mediciones de peso y talla fueron realizadas por el mismo evaluador a todas las participantes para posteriormente hallar el índice de masa corporal (IMC). Para ello se utilizó una báscula médica electrónica SECA 780 con tallímetro. Para medir el índice cintura-cadera (ICC) se utilizó una cinta métrica Harpenden Anthropometric (Holtain LTD). Las participantes fueron medidas descalzas y con ropa ligera.

*Determinación del consumo energético.* El consumo energético semanal (CES) fue determinado mediante el análisis de los datos obtenidos en un cuestionario de frecuencia alimentaria<sup>33</sup> validado e incluido en el programa de análisis nutricional MediSystem 2000 (Sanocare Human Systems L.S., Madrid, España). El cuestionario nutricional estaba compuesto por 131 ítems englobados en 9 grupos de alimentos: bebidas, carne, cereales y dulces, frutas, licores, pescado, verduras, lácteos y otros. Las participantes debían indicar su consumo de cada ítem durante una semana completa (7 días) dentro del rango <1 vez/día a ≤6 veces/día, señalando las unidades enteras que consumían, p.e: 1 naranja, 1 ración de pan, 3 cucharadas, 2 vasos. El CES fue calculado con el software del programa Medisystem 2000.

*Medición de la capacidad de salto.* Se eligió el test de salto con contramovimiento o contermovement jump (CMJ) por ser un salto sencillo de ejecutar en el que, mediante la flexo-extensión de piernas, se aprovecha su carácter elástico-explosivo para una mayor elevación del centro de gravedad, dado que el trabajo excéntrico (flexión) que precede al concéntrico (extensión) hace que se almacene energía elástica que será reutilizada en la fase de empuje. Así mismo, la fase excéntrica permite que los sujetos con un porcentaje alto de fibras lentas tengan más tiempo para reclutar fibras rápidas<sup>34</sup>, lo que se adecúa a las características de la muestra del presente estudio. La ejecución de este salto consiste en, desde posición erecta, llegar hasta una semi-flexión de rodilla aproximada de 90° -intentando

que el tronco esté lo más recto posible para evitar su influencia en el movimiento de las piernas<sup>34</sup>- y realizar una extensión de piernas intentando llegar lo más alto posible sin la ayuda de los brazos. El periodo de tiempo entre la fase excéntrica y la concéntrica debe ser corto para que la energía elástica acumulada se aproveche en el salto. Para llevar a cabo el CMJ se utilizó el Ergo-Jump Bosco System. Este instrumento parte del tiempo de vuelo para el cálculo directo de la elevación del centro de gravedad<sup>35</sup>, midiendo la altura del salto en centímetros. Se compone de una plataforma de infrarrojos conectada a un sistema de cronometraje electrónico que es accionado automáticamente por el mismo sujeto que salta en el momento del despegue, cerrándolo en el momento en el que el pie contacta otra vez con el terreno. Previamente a la realización del test se llevó a cabo un calentamiento compuesto por 5 minutos en cicloergómetro (Monark Ergomedic 828E) a 25 wats y 5-7 ensayos del CMJ fuera de la plataforma con el objetivo de asegurar una ejecución correcta del mismo. Para la realización del test de CMJ, las participantes se situaron en la plataforma de infrarrojos, entre el emisor y el receptor, con pies a la anchura de las caderas y manos en la cintura. Tras la indicación del evaluador ("preparadas, ¡ya!") realizaron el CMJ. El evaluador controló que la ejecución técnica del salto fuera correcta en la realización del test. El test se repitió dos veces, obteniéndose el valor máximo de los dos intentos. Este procedimiento ha sido validado por su utilización en varios estudios<sup>36-38</sup>.

## Intervención

Los grupos de ejercicio (GN y GIR) llevaron a cabo un programa de entrenamiento durante 12 meses con una frecuencia de 2 días/semana y una duración de 45 minutos/sesión. Todas las sesiones de ejercicio fueron desempeñadas y supervisadas por un entrenador cualificado. Todas las participantes cumplieron un mínimo de asistencia del 95%. Ninguna mujer sufrió algún tipo de lesión en las sesiones de entrenamiento.

Siguiendo las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM)<sup>39</sup>, los pro-

gramas de ejercicio se realizaron a una intensidad moderada. Para determinarla, y siguiendo a otros estudios con mujeres postmenopáusicas en el medio acuático<sup>40</sup>, se utilizó la Escala de Esfuerzo Percibido de Borg. Para permitir la adaptación progresiva de las participantes al entrenamiento, la cantidad de trabajo fue incrementándose de manera progresiva cada 3 meses aproximadamente. Las participantes entrenaron dentro de un rango de intensidad ligera-moderada según la puntuación de esfuerzo percibido 10-13 en la Escala de Borg.

Las sesiones de ejercicio de GN consistieron en ejercicios propios de la natación en piscina profunda, sin apoyo de los pies en el suelo y predominantemente en posición horizontal del cuerpo. Se pusieron en práctica los estilos de nado crol, espalda y braza a diferentes velocidades e intensidades (nado continuo, series, aceleraciones y cambios de ritmo). Se utilizaron implementos típicos de la natación como aletas o palas para incrementar la intensidad de trabajo (Figura 1). Todas las sesiones incluyeron un periodo de calentamiento (5 minutos) que consistía en nado libre a baja intensidad, el programa principal (35 minutos), y un periodo de vuelta a la calma (5 minutos) en el que se realizaron estiramientos globales en piscina poco profunda.

Las sesiones de ejercicio de GIR consistieron en ejercicios de impacto del tren inferior y resistencias adicionales del tren superior e inferior en piscina poco profunda, como acu aerobic, step, circuitos de musculación o juegos, realizados predominantemente en posición vertical del cuerpo, con el nivel del agua por la cintura y apoyo de los pies en el suelo (Figura 2). Para aumentar la intensidad de trabajo en el tren inferior y superior se utilizaron materiales específicos (Leisis, S.L. Valencia. Spain). Para el tren inferior: water weight boots. Para el tren superior: minifins, hydrobells y water weight bells. Todas las sesiones incluyeron un periodo de calentamiento (5 minutos) que consistía en actividades lúdicas de baja intensidad, el programa principal (35 minutos), y un periodo de vuelta a la calma (5 minutos) en el que se rea-

lizaron estiramientos globales en piscina poco profunda.

### Análisis estadístico de los datos

Tras asegurar una distribución normal de las variables se realizó un análisis descriptivo. Para comparar grupos en bloque (conjunto) se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA). El test de Bonferroni fue aplicado para determinar diferencias específicas entre medias. Para analizar los cambios de cada variable en cada grupo se utilizó la prueba de la t para muestras relacionadas. El coeficiente de correlación (r-Pearson) se utilizó para conocer la fuerza y dirección de la relación entre dos variables. Se aplicó un margen de error de  $p < 0.05$ . Los datos fueron analizados con paquete estadístico SPSS (version 15.0, SPSS Inc, Chicago, IL).



**FIGURA 1.**  
Entrenamiento de GN

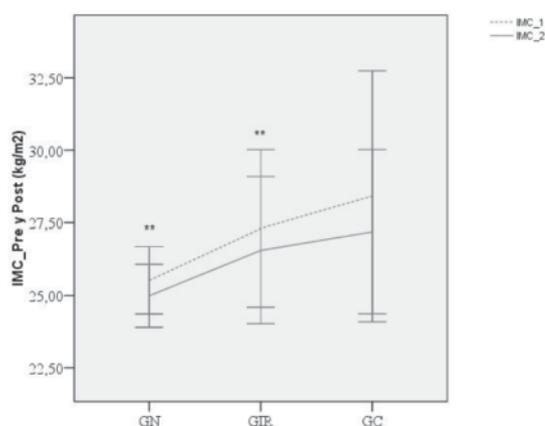


**FIGURA 2.**  
Entrenamiento de GIR

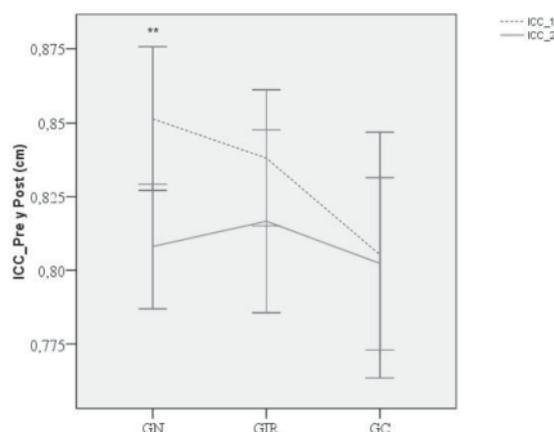
	GN	GIR	GC
IMC (kg/m <sup>2</sup> )			
Pre	25.52 ± 2.5	27.31 ± 5.9	28.42 ± 8.4
Post	24.99 ± 2.4*	26.57 ± 5.6*	27.19 ± 5.5
ICC (cm)			
Pre	0.85 ± 0.0	0.84 ± 0.0	1.16 ± 1.4
Post	0.81 ± 0.0*	0.82 ± 0.1	0.8 ± 0.1
CMJ (cm)			
Pre	13.34 ± 3.2	13.57 ± 2.6	11.61 ± 2.7
Post	14.48 ± 3.7**	13.9 ± 4.3**	10.69 ± 3.3
CES (kcal/semana)			
Pre	1788.32 ± 740.8	1456.34 ± 335.3	1476.42 ± 324.7
Post	1734.61 ± 401.6	1568.74 ± 290.4	1258.39 ± 73.9*

**TABLA 2.**  
Medidas antropométricas, CMJ y CES en los tres grupos (media ± DT)

\*Diferencias significativas respecto a la valoración inicial ( $p < 0.05$ ). \*\*Diferencias significativas respecto al grupo control ( $p < 0.05$ ).  
IMC: Índice de masa corporal. ICC: Índice cintura-cadera. CMJ: Salto con contramovimiento. CES: Consumo energético semanal.  
GN: Grupo de natación. GIR: Grupo de impacto y resistencias. GC: Grupo control.



**FIGURA 3.**  
Cambios en el IMC de los tres grupos de estudio.  
IMC\_Pre = IMC\_1;  
IMC\_Post = IMC\_2.  
\*\* =  $p < 0,01$



**FIGURA 4.**  
Cambios en el ICC de los tres grupos de estudio.  
ICC\_Pre = ICC\_1;  
ICC\_Post = ICC\_2.  
\*\* =  $p < 0,01$

## RESULTADOS

Como se muestra en la Tabla 2, al final del estudio tanto en GN como en GIR se hallaron disminuciones significativas en el IMC (GN:  $-0.53 \text{ kg/m}^2$ ; GIR:  $-0.74 \text{ kg/m}^2$ ) (Figura 3). En GN también se encontraron mejoras en el ICC ( $-0.04 \text{ cm}$ ) (Figura 4). No se hallaron diferencias significativas respecto a las variables de composición corporal entre los grupos de ejercicio ni con el grupo control. No se encontraron cambios significativos en el CES de GN y GIR, aunque las componentes de GC sí redujeron significativamente su CES ( $-217.94 \pm 346.5 \text{ kcal/semana}$ ), sin existir diferencias significativas respecto a los grupos de ejercicio. No se encontraron correlaciones significativas entre el CES y las variables antropométricas en ninguno de los tres grupos de estudio. No se obtuvieron cambios significativos en el CMJ en ninguno de los grupos de estudio, aunque sí se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos de ejercicio y el grupo control, siendo las componentes de GN y GIR capaces de saltar más que las de GC (Figura 5).

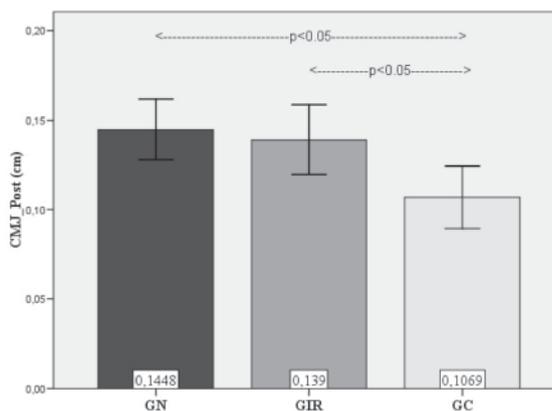
## DISCUSIÓN

Los hallazgos más notables de esta investigación muestran que un año de ejercicio en el medio

acuático, tanto de impacto y resistencias adicionales como de natación, tiene un efecto positivo sobre la capacidad de salto de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera, además de producir mejoras significativas en la composición corporal.

En relación a estos resultados, el presente estudio coincide con otros de similares características a los del GIR, realizados con mujeres postmenopáusicas durante 3 y 6 meses respectivamente<sup>29,30</sup> y en los que se hallaron diferencias significativas entre el grupo de trabajo y el grupo control respecto al CMJ. Por el contrario, no se encontraron cambios significativos en el CMJ de GIR, no verificándose la hipótesis planteada en el presente estudio y difiriendo de las investigaciones anteriormente citadas, en las que sí se encontraron cambios significativos en el CMJ del grupo que llevó a cabo el entrenamiento, presumiblemente porque el volumen y la intensidad aplicados en ambos estudios (3 días/semana, 70 minutos/día) sí cumplían los requerimientos del American College of Sport Medicine (ACSM) para la mejora del fitness musculoesquelético (3 días/semana, 60 minutos/sesión)<sup>39,41</sup>. Si el volumen de ejercicio se incrementara siguiendo las recomendaciones del ACSM, se podrían obtener cambios significativos en el CMJ del GIR en presente estudio, tal y como muestran las investigaciones de Takeshima N, *et al.*<sup>28</sup> y Tsorlou T, *et al.*<sup>29</sup>.

El CMJ está relacionado con el componente explosivo de la fuerza que ejerce la musculatura flexo-extensora de las piernas (fuerza elástico-explosiva)<sup>42</sup>, utilizando las articulaciones de tobillos, rodillas y cadera como componentes de la cadena cinética. Pero además de la fuerza muscular, en la realización del salto influyen otros factores a nivel neuromuscular que hacen más eficiente la ejecución del mismo, como el estado de entrenamiento en el que se encuentra la fibra muscular y el tipo de fibra reclutada<sup>34</sup>, la capacidad de imprimir mayor fuerza muscular en un movimiento rápido y la activación y coordinación intermuscular de los músculos sinergistas<sup>42</sup>, la inhibición de los músculos antagonistas, o la excitabilidad y el feedback tanto neuronal<sup>43</sup> como



**FIGURA 5.** Diferencias significativas en el CMJ entre los grupos de ejercicio y el GC

de los componentes encargados en la realización del movimiento a nivel muscular<sup>34</sup>.

Estos factores van a ser determinantes en la eficacia del salto y están íntimamente relacionados con la calidad en la ejecución del gesto técnico<sup>44</sup> y con el tipo de entrenamiento llevado a cabo<sup>45-47</sup>. El entrenamiento pliométrico al que se le añade un trabajo adicional de fuerza muscular es la forma más efectiva de mejorar la capacidad de salto y la fuerza del tren inferior<sup>48,49</sup>. Debido a estas afirmaciones, no es de extrañar que el GIR tenga una capacidad de salto mayor que el GC, ya que el tipo de entrenamiento llevado a cabo por este grupo estuvo basado en saltos en todas sus formas, con variaciones angulares y velocidades variables, saltos a la pata coja, subidas a un escalón con carga adicional, zancadas con carga adicional, siempre con apoyo de los pies en el suelo y manteniendo la posición de pie. Este tipo de ejercicios han sido indicados para la mejora de la ejecución del CMJ<sup>34</sup>, hecho que además puede incidir sobre los procesos neuromusculares y las propiedades viscoelásticas de los músculos a la hora de realizar el salto.

Según los resultados derivados del presente estudio, el programa de entrenamiento llevado a cabo por GN también fue eficaz a la hora de establecer diferencias entre este grupo y el grupo control. Este programa fue desarrollado predominantemente en posición horizontal del cuerpo, sin apoyo de los pies en el suelo y sin la realización de saltos, por lo que no cumple los criterios

fundamentales para la ejecución del CMJ anteriormente citados. Sin embargo, el programa de natación incluye el trabajo de la fuerza del tren inferior a diferentes velocidades (dependiendo de frecuencia de patada: aceleraciones, sprints, incrementos de la intensidad de nado) y, siguiendo a Bosco, C<sup>34</sup> y a Vanezis, A y Lees, A<sup>42</sup>, el estado de entrenamiento en el que se encuentra la fibra muscular, el tipo de fibra reclutada y la capacidad de imprimir mayor fuerza en un movimiento rápido son factores que también influyen en la mejora neuromuscular que favorece la ejecución del salto.

Por tanto, un programa de ejercicio de impacto y resistencias adicionales en piscina poco profunda y otro basado en ejercicios propios de la natación con implementos adicionales y variación de la velocidad de nado, son efectivos a la hora de establecer diferencias en la capacidad de salto respecto a un grupo control no sedentario que mantuvo la práctica de actividades físicas no planificadas ni estructuradas durante el periodo de entrenamiento. Ambos programas de ejercicio en el medio acuático ofrecen la posibilidad de mejorar el estado funcional, y por consiguiente la salud y la calidad de vida, de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera. Estos resultados son de interés si la intención del programa de ejercicio es la mejora del fitness musculoesquelético del tren inferior en mujeres consideradas físicamente frágiles ya que el ejercicio en el medio acuático, por sus características de flotación y resistencia, les da seguridad y confianza en sus movimientos eliminando en mayor medida el incipiente riesgo de caídas y fracturas que caracteriza a este tipo de población, además de ofrecer la posibilidad de trabajar la fuerza y la resistencia muscular con y sin implementos adicionales manteniendo el control de la intensidad del ejercicio físico realizado.

Por otro lado, en ambos grupos de ejercicio se obtuvieron mejoras significativas en alguno de los componentes relacionados con la composición corporal, verificándose otra de las hipótesis planteadas en el presente estudio. En GN se encontraron mejoras significativas en el ICC y

el IMC; y en GIR, en el IMC. Aunque no existen diferencias significativas con respecto a GC en ninguno de los dos grupos. No se encontraron cambios significativos en el consumo energético semanal de GN y GIR, ni relación entre éste y las variables antropométricas, por lo que parece probable que haya sido el ejercicio el responsable de los cambios en la composición corporal. A diferencia de GC que, a pesar de mantenerse físicamente activa y de reducir el CES de manera significativa, no consiguieron modificar ninguna de las variables de composición corporal. Estos cambios son similares a los obtenidos por otros estudios tras 4-6 meses de entrenamiento de natación o de impacto y resistencias adicionales en el medio acuático con hombres y mujeres de mediana edad<sup>30-32,50</sup>. En el estudio de Takeshima, A, *et al.*<sup>28</sup> anteriormente mencionado, también se encontraron mejoras significativas en la composición corporal, aunque el método de medición utilizado (suma de pliegues) no coincida con el del presente estudio. Por el contrario, otros estudios de duraciones variables (3 meses-1 año) basados en ejercicios de impacto y cargas adicionales en el medio acuático y terrestre con mujeres de mediana edad y mayores<sup>51-54</sup>, y de natación con mujeres jóvenes<sup>55</sup>, no consiguieron mejoras significativas en el IMC. Por tanto, y sin la intención de hacer afirmaciones definitivas sobre los cambios en la composición corporal, tanto con el programa de natación como con el de impacto y resistencias adicionales en el medio acuático planteados en el presente estudio, se pueden obtener mejoras en la composición corporal de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera. Esto se considera otro factor más que contribuye a la mejora de la salud y la calidad de vida en mujeres postmenopáusicas ya que ayuda a contrarrestar el efecto de los cambios hormonales característicos de esta etapa de la vida, que inciden directamente sobre la ralentización del metabolismo y el incremento del porcentaje de grasa y sus patologías asociadas<sup>19,20</sup>. Estos resultados son interesantes ya que normalmente los cambios antropométricos derivados del ejercicio suelen producirse en hombres, especialmente en personas jóvenes<sup>25</sup>, a lo que se suma que tras la menopausia es más complicado mejorar la composición corporal<sup>56</sup>.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal del presente estudio fue mejorar la capacidad de salto de mujeres postmenopáusicas con moderado riesgo de fractura de cadera para incidir de manera positiva en su capacidad de realizar las actividades instrumentales de la vida cotidiana y por tanto mejorar su salud y calidad de vida. Debido a que se obtuvieron diferencias significativas entre la capacidad de salto de los grupos de ejercicio y el grupo control, se puede concluir que tras un año de entrenamiento en el medio acuático, ambos programas fueron efectivos a la hora de desarrollar alguno de los elementos implicados en la ejecución del salto (fuerza muscular y otros factores a nivel neuromuscular) de manera que la altura de salto fue mayor que la obtenida por el grupo control. Adicionalmente, tanto con el programa de impacto y resistencias adicionales como con el de natación se obtuvieron cambios positivos en la composición corporal de dichas mujeres

sin verse modificado el consumo energético semanal. En conclusión, utilizar el medio acuático para realizar un entrenamiento con personas que tienen riesgo de fractura ósea en el medio aéreo ofrece beneficios significativos tanto en la capacidad de salto como en la composición corporal y por tanto, es positivo para la mejora de la capacidad funcional, la salud y la calidad de vida.

## AGRADECIMIENTOS

La realización del presente estudio fue posible gracias a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, que financió el proyecto de investigación al que pertenecen los resultados obtenidos: *Proyecto Osteoaqua: estudio de la eficacia de un programa de actividad física en el medio acuático en la prevención y tratamiento de la osteoporosis en mujeres postmenopáusicas*, que se realizó en la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Greeves JP, Cable NT, Reilly T, Kingsland C.** Changes in muscle strength in women following the menopause: a longitudinal assessment of the efficacy of hormone replacement therapy. *Clin Sci* 1999;97:79-84.
2. **Muntané MD.** *La Menopausia. Cómo afecta a las mujeres y cómo resolverla.* Barcelona: Editorial Icaria 1994;120.
3. **Asikainen TM, Kukkonen-Harjula K, Miilunpalo S.** Exercise for health for early postmenopausal women. *Sport Med* 2004;34(11):753-78.
4. **Laskin D, Costlow J, López MC, Taub M, Kronenberg F.** Menopausia. La entrada a nuestra tercera edad. En: Brown P, Laskin D. *Envejecer juntas. Las mujeres y el paso del tiempo: datos para afrontarlo con optimismo, conocimiento de causa y decisión.* Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A. 1994;514.
5. **Bouxsein ML, Coan BS, Lee SC.** Prediction of the strength of the elderly proximal femur by bone mineral density and quantitative ultrasound measurements of the heel and tibia. *Bone* 1999;25(1):49-54.
6. **Hans D, Hartl F, Krieg MA.** Device-specific weighted T-score for two quantitative ultrasounds: operational propositions for the management of osteoporosis for 65 years and older women in Switzerland. *Osteoporos Int* 2003;14:251-8.
7. **Stewart A, Kumar V, Reid DM.** Long-term fracture prediction by DXA and QUS: a 10-year prospective study. *J Bone Miner Res* 2006;21(3):413-8.

8. Keene GS, Parker MJ, Pryor GA. Mortality and morbidity after hip fractures. *Br Med J* 1993;307:1248-50.
9. Meunier PJ, Delmas PD, Eastell R, McClung MR, Papapoulos S, Rizzoli R, et al. Diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women: clinical guidelines. *Clin Ther* 1999;21(6):1025-45.
10. Humphries B, Triplett-McBride T, Newton RU, Marshall S, Bronks R, McBride J, et al. The relationship between dynamic, isokinetic and isometric strength and bone mineral density in a population of 45 to 65 year old women. *J Sci Med Sport* 1999;2(4):364-74.
11. Kamel HK, Maas D, Duthie EH. Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. *Drug Aging* 2002;19(11):865-77.
12. Van Langendonck L, Claessens AL, Lysens R, Koninckx PR, Beunen G. Association between bone, body composition and strength in premenarcheal girls and postmenopausal women. *Ann Hum Biol* 2004;31(2):228-44.
13. Connelly DM, Rice CL, Roos MR, Vandervoort AA. Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. *J Appl Physiol* 1999;87:843-52.
14. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, mobility and aging. *Sport Med* 2000;1:1-12.
15. Klass M, Baudry S, Duchatea J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol* 2008;104:739-46.
16. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo 2004;715.
17. Kent-Braun JA, Ng AV. Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *J Appl Physiol* 1999;87:22-9.
18. Baumgartner RN. Body composition in healthy aging. *Ann NY Acad Sci* 2000;904(1):437-48.
19. Evans WJ, Campbell WW. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr* 1993;123(2):465-8.
20. Poehlman ET, Toth MJ, Gardner AW. Changes in energy balance and body composition at menopause: a controlled longitudinal study. *Ann Int Med* 1995;123(9):673-5.
21. Kuh D, Langenberg C, Hardy R, Kok H, Cooper R, Butterworth S, et al. Cardiovascular risk at age 53 years in relation to the menopause transition and use of hormone replacement therapy: a prospective British birth cohort study. *Int J Gynecol Obstet* 2005;112:10.
22. Runge M, Schacht E. Multifactorial pathogenesis of falls as a basis for multifactorial interventions. *J Muscle Neurol Interact* 2005;5(2):127-34.
23. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sport Med* 2001;31(12):863-73.
24. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, mobility and aging. *Sport Med* 2000;1:1-12.
25. Fiatarone M. Benefits of exercise and dietary measures to optimize shifts in body composition with age. *Am J Clin Nutr* 2002;11:642-52.
26. Di Pietro I, Kohl HW, Barlow CE, Blair SN. Improvements in cardiorespiratory fitness attenuate age-related weight gain in healthy men and women: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Int J Obesity* 1998;22:55-62.
27. Martínez MJ, Piñeiro G, Martínez M. Estudio nutricional en pacientes geriátricos (mayores de 65 años) con nutrición enteral ambulatoria, correlación entre patología de base, aporte nutricional y tratamiento farmacológico. *Nutr Hosp* 2002;17(3):159-66.
28. 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* 2002;34(3):544-51.
29. Tsourlou T, Benik A, 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(4):811-7.
30. Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, Abellán J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol* 2009;106:113-22.
31. Cox KL, Burke V, Beilin LJ, Derbyshire AJ, Grove JR, Blanksby BA, et al. Short and long-term adherence to swimming and walking programs in

- older women - The Sedentary Women Exercise Adherence Trial (SWEAT 2). *Prev Med* 2008;46:511-7.
32. Cox KL, Burke V, Beilin LJ, Grove JR, Blanksby BA, Puddey B. Blood pressure rises with swimming versus walking in older women: the Sedentary Women Exercise Adherence Trial 2 (SWEAT 2). *J Hypertens* 2006;24(2):307-14.
  33. Schröder H, Covas MI, Marrugat J, Vila J, Pena A, Alcántara M, et al. Use of a three-day estimated food record, a 72-hour recall and a food-frequency questionnaire for dietary assessment in a Mediterranean Spanish population. *Clin Nutr* 2001;20(5):429-37.
  34. Bosco C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: Editorial Paidotribo 1994;185.
  35. Bosco C. La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Barcelona: Editorial Inde 2000;416.
  36. Cottini E, Rando G, Cirino A, Giunta S, Giaccone G, Vintaloro G, et al. Importance of training in prevention of the decline of physical performance in elderly sedentary persons and veteran athletes. *Arch Gerontol Geriatr* 1996;22:457-62.
  37. Lara A, Abián J, Alegre LM, Jiménez L, Aguado X. Medición directa de la potencia con tests de salto en voleibol femenino. *Arch Med Dep* 2005;XXII(106):111-34.
  38. Vilijanen T, Viitasalo JT, Kujala UM. Strength characteristics of a healthy urban adult population. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;63(1):5.
  39. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després JP, Dishman RK, Franklin BA, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(6):975-90.
  40. Ay A, Yurtkuran M. Influence of aquatic and weight-bearing exercises in quantitative ultrasound variables in postmenopausal women. *Am J Phys Med Rehabil* 2005;84(1):52-61.
  41. Ashe MC, Khan KM. Exercise prescription. *J Am Acad Orthop Surg* 2004;12:21-7.
  42. Vanezis A, Lees A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics* 2005;48(11-14):1594-603.
  43. Deschenes MR, Kraemer WJ. Performance and physiologic adaptations to resistance training. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81:S3-S16.
  44. Bobbert MF, Van Soest AJ. Effects on muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26(8):1012-9.
  45. Gehri DJ, Ricard MD, Kleiner DM, Kirkendall DT. A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *J Strength Cond Res* 1998;12(2):85-9.
  46. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med* 2007;41(6):349-55.
  47. Potteiger JA, Lockwood RH, Haub MD, Dolezal BA, Almuzaini KS, Schroeder JM, et al. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 1999;13(3):275-9.
  48. Chiroso LJ, Chiroso IJ, Requena B, Feriche B, Padial P. Efecto de diferentes métodos de entrenamiento de contraste para la mejora de la fuerza de impulsión en un salto vertical. *Rev Motr* 2002;(8):47-71.
  49. Ebben WP. Complex training: a brief review. *J Sports Sci Med* 2002;1:42-6.
  50. Volaklis KA, Spassis AT, Tokmakidis SP, Greece K. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids and physical fitness. *Am Heart J* 2007;154:560-5.
  51. Cancela JM, Ayán C. Effects of high-intensity combined training on women over 65. *Gerontology* 2007;53:340-6.
  52. Colado JC, Reina N, Chulvi L, Tella V. Efectos sobre la aptitud funcional de mujeres pre-ancianas de un programa de ejercicio físico integral desarrollado en el medio terrestre vs el medio acuático. *Arch Med Dep* 2007;XXIV(121):402.
  53. Kemmler W, Engelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender WA. Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(12):2115-23.
  54. Segura L, Ladrón G. Estudio longitudinal de mejora de la calidad de vida con un programa de aquaerobic en mujeres. *Arch Med Dep* 2007;XXIV(121):401-2.

55. Sideravičiūtė S, Gailiūnienė A, Visagurskienė K, Vizbaraitė D. The effect of long-term swimming program on body composition, aerobic capacity and blood lipids in 14-19 year aged healthy girls and girls with type 1 diabetes mellitus. *Medicine* 2006;42(8):661-6.
56. Van Pelt RE, Davy KP, Stevenson ET, Wilson TM, Jones PP, Desouza CA, et al. Smaller differences in total and regional adiposity with age in women who regularly perform endurance exercise. *Am J Physiol* 1998;275:E626-E634.

#### FE DE ERRATAS

En el número anterior de la revista Archivos de Medicina del Deporte, Volumen XXVII - N. 135 - 2010 se produjo un error en las filiaciones y la relación de autores en el artículo titulado "Parámetros fisiológicos y cineantropométricos de un himalayista de élite", siendo el orden de los autores y las filiaciones correctas las siguientes:

Gaizka Mejuto-Hidalgo<sup>1</sup>, Julio Calleja-González<sup>1,2</sup>, Josean Lekue<sup>2</sup>, Xabier Leibar<sup>2</sup>, Ramón Gárate<sup>3</sup>, Nicolás Terrados<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis de Rendimiento Deportivo. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad del País Vasco. <sup>2</sup>Centro de perfeccionamiento técnico. Departamento de Cultura. Dirección de Deportes. Gobierno Vasco. <sup>3</sup>Departamento de Traumatología. Policlínica Gipuzkoa. <sup>4</sup>Unidad Regional de Medicina Deportiva-Fundación Deportiva Municipal de Avilés. <sup>5</sup>Departamento de Biología Funcional. Universidad de Oviedo.