

## PROGRAMA DE EJERCICIO ESTRUCTURADO ES VIABLE Y MEJORA LA CAPACIDAD FUNCIONAL EN ADULTOS MAYORES EN PUERTO RICO

**RESUMEN.** La inactividad física es un factor de riesgo principal que afecta la salud y capacidad funcional en adultos mayores. En este estudio se evaluó la capacidad funcional en 22 adultos mayores en Puerto Rico (edad promedio  $\pm$  desviación estándar = 73,3  $\pm$  8,2 años) antes, durante y después de ocho semanas de participar en un programa de ejercicios estructurados. La capacidad funcional se evaluó mediante una batería de pruebas de campo (composición corporal, flexibilidad, coordinación, agilidad y balance, tolerancia muscular y tolerancia cardiorrespiratoria) validadas para esta población. Además, en una sub-muestra (n = 7) se midió la aptitud cardiorrespiratoria ( $VO_2$ max) y los niveles de lípidos en sangre. Se utilizó una ANOVA con medidas repetidas para detectar cambios en la capacidad funcional antes, durante y después del programa. Con una t-pareada se evaluaron cambios en  $VO_2$ max y lípidos antes y después del programa. La flexibilidad mejoró significativamente durante el programa (51,6  $\pm$  12,2 vs. 57,7  $\pm$  8,1 cm,  $p=0,04$ ) y el cambio se sostuvo al final del programa (54,4  $\pm$  10,2 cm). El tiempo en la prueba de agilidad y balance mejoró por dos segundos y la tolerancia muscular aumentó por cinco repeticiones al cabo de ocho semanas ( $p<0,05$  en todos). No hubo cambios en la composición corporal, coordinación,  $VO_2$ max y nivel de lípidos ( $p>0,05$ ). Estos resultados sugieren que la participación en un programa de ejercicios estructurados por ocho semanas puede impactar positivamente aspectos que promueven la capacidad de movimiento en el adulto mayor.

Palabras clave: Aptitud física, Envejecimiento, Viabilidad, Ejercicio programado

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores desafíos de salud pública actualmente es el mantenimiento de un estado óptimo de salud, independencia y movilidad en la creciente población de adultos mayores (CDC, [2003](#)). Esto debido a que los cambios biológicos asociados con el proceso de envejecimiento aumentan el riesgo de enfermedades y discapacidad. Sin embargo, los cambios biológicos como por ejemplo la disminución en la aptitud cardiorrespiratoria ( $VO_2\text{max}$ ), aumento en los niveles de colesterol, intolerancia a la glucosa, pérdida de calcio y reducción en la masa magra son con mayor probabilidad producto del proceso de envejecimiento combinado con la inactividad física y el sedentarismo que caracteriza la población de adultos mayores (Chodzko-Zajko et al., [2009](#)).

Los programas de ejercicio físico para la población de adultos mayores son muy limitados y poco accesibles en Puerto Rico (PR) y otras partes del mundo (Lopez, [2001](#); Rikli & Jones, 2013; Romero-Arenas, Martinez-Pascual, & Alcaraz, [2013](#)). Los programas que están disponibles en su mayoría se enfocan en actividades recreativas de muy baja intensidad (Lopez, [2001](#); Romero-Arenas et al., [2013](#)). Por otro lado, algunos estudios reportan un 50-73 % de participación en intervenciones con ejercicio programado entre adultos mayores (Leszczak, Olson, Stafford, & Brezzo, [2013](#); Rikli & Jones, [2013](#)). La viabilidad de un programa estructurado de ejercicios para adultos mayores en PR y su efecto en la capacidad funcional no se ha documentado. Por lo tanto, en este estudio se evaluaron las siguientes hipótesis: 1) al menos 75 % de los adultos mayores participantes completará un programa estructurado de ejercicio, 2) el programa estructurado de ejercicio provocará cambios positivos en la capacidad funcional, la aptitud cardiorrespiratoria y nivel de lípidos en sangre.

## METODOLOGÍA

En este estudio se utilizó un diseño cuasi experimental de un grupo con medidas antes, durante y después de una intervención de ejercicios estructurados (durante = a las cuatro semanas, y después = a las ocho semanas del programa).

### ***Selección de la muestra***

La muestra por conveniencia se seleccionó entre los participantes del programa comunitario “Esperanza para la Vejez” en San Germán, PR. Luego de obtener la autorización de los directivos de este programa y de la Junta de Revisión Institucional (IRB) de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, se convocó una reunión con los directivos del programa y potenciales participantes para explicar el propósito y protocolo del estudio que incluye el programa de ejercicios científicamente estructurados (PECE) y las evaluaciones antes, durante y después del programa. También se explicaron los criterios de inclusión (adultos mayores de al menos 60 años de edad y una evaluación y autorización médica para iniciar un programa de ejercicios) y exclusión (enfermedad neuromuscular

o neurocognitiva, reumática descontrolada, anemia, embolia reciente, desórdenes metabólicos descontrolados, enfermedades agudas recurrentes, infecciones activas y fiebres constantes, uso de drogas ilícitas o medicamentos que alteran la frecuencia cardíaca).

La evaluación y autorización médica para poder participar en el estudio se llevó a cabo por un médico de familia y un cardiólogo en el programa comunitario. En la evaluación médica se auscultó la presencia de condiciones crónicas de salud, nivel de actividad física, estado de salud general y cardiovascular y el uso de tabaco y alcohol. Además, se realizó una prueba de electrocardiografía en reposo que fue evaluada por el cardiólogo. De un total de 30 adultos mayores, 27 recibieron la autorización médica para participar en el estudio y luego completaron el formulario de consentimiento informado cuando todas sus preguntas fueron debidamente contestadas. De estos, 22 participantes (hombres = 3, mujeres = 19) completaron todas las medidas una semana antes, durante (en la semana cuatro) y una semana después del programa (luego de la semana ocho), por lo que fueron incluidos en este estudio.

Como parte de las evaluaciones antes de iniciar el PECE, se realizaron medidas antropométricas (peso, estatura, circunferencias de muslo y bíceps) y medidas de pliegues cutáneos (pecho, abdomen y muslo para hombres; tríceps, muslo y supra iliaco para mujeres). Con estos datos se estimó el porcentaje de grasa corporal (Crombie et al., [2004](#)). También se tomaron medidas de la presión arterial y la frecuencia cardíaca (FC) en reposo. Con la FC en reposo se determinó la FC de entrenamiento en donde se utilizó el porcentaje de la frecuencia cardíaca de reserva (Crombie et al., [2004](#)).

Del total de la muestra se seleccionó al azar una sub-muestra de nueve participantes, de los cuales siete (mujeres= 6, hombres= 1) completaron todas las medidas adicionales de aptitud cardiorrespiratoria ( $VO_2\max$ ) y niveles de lipoproteína (HDL y LDL) antes y después de la octava semana del programa. Antes de iniciar el PECE se llevaron a cabo sesiones de familiarización en las que se incluyó el uso del monitor de la FC. El PECE consistió de tres sesiones semanales: bailables los lunes, ejercicios de fortalecimiento muscular los miércoles y caminatas los viernes en un horario de 8:30 a. m. a 10:30 a. m.

### **Capacidad Funcional**

La capacidad funcional se evaluó con la utilización de una batería de pruebas (Osness et al., [1996](#)) validada en la población de adultos mayores en PR (Luhring, [1996](#)). En estas pruebas se identifican parámetros que afectan el aspecto funcional del adulto mayor, como la composición corporal, la flexibilidad, agilidad y balance, la coordinación, tolerancia muscular y tolerancia cardiorrespiratoria. Las evaluaciones se realizaron en la mañana y se dividieron en dos días: tolerancia cardiorrespiratoria en el primer día y el resto de las pruebas en el segundo día. Las pruebas

se administraron en tres ocasiones: antes de comenzar, durante el programa (a las cuatro semanas) y después del programa (a las ocho semanas).

*Composición corporal.* Se utilizó el índice ponderal, una medida basada en el peso corporal y la estatura (estatura/3 x peso). El peso se midió con ropa liviana y sin zapatos ni medias. La estatura se determinó utilizando una cinta métrica adherida verticalmente a una pared. Luego de remover los zapatos, cada participante se colocó de espalda a la pared y mirando hacia el frente. Con una regla horizontal sobre la cabeza se registró la estatura. Además del índice ponderal se incluyó el cálculo del índice de masa corporal (IMC:  $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

*Flexibilidad.* Con las piernas extendidas en el suelo, pies separados a una distancia de 30,5 cm y con una regla de 91,4 cm colocada en el suelo al centro entre las piernas a nivel de talones, cada participante flexionó el tronco deslizando las manos una sobre la otra sobre la regla alcanzando lo más lejos posible y sosteniendo la posición final durante un mínimo de dos segundos. Se registró la mayor distancia alcanzada en tres intentos.

*Coordinación.* Sobre una mesa, a 12,7 cm del extremo, se marcó una línea de 76,2 cm de largo sobre la que se cruzaron seis líneas de 7,6 cm de largo separadas una de la otra a una distancia de 12,7 cm. Con tres latas de refresco de 341 ml sin abrir, colocadas sobre la línea uno, tres y cinco, se midió el tiempo que tomó a cada participante virar cada una de las latas colocándolas en el espacio siguiente (línea dos, cuatro y seis) y después regresarlas a su lugar original. Luego de dos intentos de práctica, se registró el tiempo menor, en segundos, de dos intentos de prueba.

*Agilidad y Balance Dinámico.* Desde una posición sentado en una silla con apoyabrazos y con los talones en el suelo se midió el tiempo que le tomó a cada participante levantarse, caminar hacia la derecha pasando por detrás de un cono a seis pies de distancia, regresar, sentarse, y levantarse para caminar hacia el lado izquierdo pasando por detrás de otro cono y regresar nuevamente a sentarse. Se recomendó a cada participante realizar la prueba lo más rápido posible y que utilizaran con ambas manos el apoyabrazos de la silla en el momento de sentarse y levantarse para así mantener el balance y evitar caídas. Se anotó el menor tiempo de dos intentos con 30 segundos de descanso entre intentos.

*Tolerancia Muscular.* Desde una posición sentada en una silla sin apoyabrazos, talones en el suelo y mirando hacia el frente, cada participante agarró una pesa con su mano dominante (3,6 kg para hombres y 1,8 kg para mujeres) y extendió el codo con la palma de la mano en posición supina. Mientras la mano no dominante descansó sobre su muslo, cada participante flexionó y extendió el codo de su mano dominante para completar una repetición. En los casos en donde no se pudo flexionar el codo por toda su amplitud de movimiento se le asignó un valor de cero. Se registró el número de repeticiones completas que cada participante pudo realizar en 30 segundos.

*Tolerancia Cardiorrespiratoria.* Se registró el tiempo que le tomó a cada participante caminar 800 metros lo más rápido posible en una pista sintética de 400 metros.

### ***Aptitud Cardiorrespiratoria (VO<sub>2</sub>max) y Lipoproteínas***

Antes de iniciar y al finalizar las ocho semanas del PECE, una sub-muestra de siete participantes completó dos pruebas adicionales de laboratorio: aptitud cardiorrespiratoria (VO<sub>2</sub>max) y nivel de lípidos (colesterol total, HDL y LDL) en sangre. La prueba de aptitud cardiorrespiratoria fue administrada por un fisiólogo del ejercicio en el Centro de Salud Deportiva y Ciencias del Ejercicio (SADCE) en el Albergue Olímpico en Salinas, PR. Para esta prueba se utilizó una banda sin fin y analizadores de gas, siguiendo el protocolo modificado de Bruce (Heyward, 2006).

Un tecnólogo médico tomó las muestras de sangre para el análisis de lípidos mediante electroforesis (Espectrofotómetro-Hitachi 704). Las muestras se analizaron en el laboratorio Clínico Porta Coeli, en San Germán, PR.

### ***PECE***

El programa de ejercicio científicamente estructurado se llevó a cabo tres días por semana por un total de ocho semanas, en un horario de 8:30 a. m. a 10:30 a. m. Los lunes se incluyeron ejercicios de baile, los miércoles ejercicios de fortalecimiento muscular y los viernes caminatas. Los ejercicios bailables incluyeron aeróbicos de bajo impacto, bailes populares y bailes de salón. Los ejercicios de fortalecimiento muscular incluyeron la utilización de bandas elásticas, pesas de mano de 0,5 a 0,9 kg, bolas medicinales y de balance, ejercicios acostados, de pie y en sillas. Las caminatas se realizaron en parques o pistas de atletismo cercanos a las instalaciones del proyecto Esperanza para la Vejez en San Germán.

La intensidad y duración de las actividades se modificaron de acuerdo con la respuesta de cada participante. La intensidad de ejercicio comenzó en un 50 % de la FC máxima y se incrementó en un 5 % cada dos semanas. La duración de ejercicio comenzó en 15 a 20 minutos y se incrementó en un 5 % cada cuatro semanas, que concluyeron con sesiones de 20 a 30 minutos de duración. Todas las sesiones del PECE incluyeron un periodo de calentamiento inicial (cinco a 10 minutos) y un periodo de recuperación al final (10 a 15 minutos). En estos se realizaron caminatas de cinco a diez metros, y movimientos articulares de flexión, extensión de rodillas, caderas, codos y hombros y movimientos con la utilización de sillas y paredes como punto de apoyo. También se ofrecieron ejercicios de relajación al final, en donde se utilizó música instrumental clásica.

### ***Análisis Estadístico***

El análisis descriptivo incluyó medidas de tendencia central (media) y medidas de dispersión (desviación estándar). El porcentaje de sesiones PECE completadas se utilizó para determinar

asistencia y viabilidad del programa. El análisis inferencial incluyó un ANOVA con medidas repetidas para identificar diferencias entre las medidas antes de iniciar el PECE, durante el programa (a cuatro semanas) y al final del programa (luego de ocho semanas). La prueba t-dependiente se utilizó para detectar diferencias en el  $VO_2\text{max}$  y nivel de lípidos en la sub-muestra antes y después de ocho semanas del PECE. El nivel de significancia (alfa) utilizado fue de 0,05, y los análisis se realizaron con el programa “Minitab 16 for Windows” (Minitab Statistical Software, Minitab Inc. 2010, Pennsylvania, EE. UU.).

## RESULTADOS

### **Características Generales**

La edad de los participantes estuvo entre los 60 y 93 años, con una media  $\pm$  desviación estándar de  $73,3 \pm 8,2$  años. El peso corporal fue de  $66,5 \pm 15,4$  kg y la estatura fue de  $150,6 \pm 9,2$  cm. El IMC fue  $29,2 \pm 6,0$   $\text{kg/m}^2$ . El porcentaje de grasa corporal estimado al inicio del estudio fue de  $25,5 \pm 7,6$  %. La FC en reposo fue de  $80,1 \pm 13,5$  latidos por minuto y la presión arterial en reposo fue de  $130/79 \pm 12/4$  mmHg. La asistencia promedio a las sesiones del PECE fue de 76 %.

### **Capacidad Funcional**

En la Tabla 1 se presenta la media y desviación estándar (DE) para las variables de interés antes, durante (a cuatro semanas) y después (luego de ocho semanas): índice ponderal, flexibilidad, coordinación, agilidad y balance, tolerancia muscular y tolerancia cardiorrespiratoria. También se identifican con un símbolo los valores durante y después del programa que son diferentes de los valores antes del programa (alfa < 0,05).

El 75 % de los participantes alcanzó valores de 11,9 unidades o menos en el índice ponderal antes de comenzar el programa sin haber cambio significativo durante y después del programa ( $p = 0,190$ ). El IMC promedio se mantuvo en la categoría de sobrepeso ( $25,1$  a  $29,9$   $\text{kg/m}^2$  en todas las evaluaciones (no se incluye en la tabla). La flexibilidad mejoró significativamente durante el programa (aumento de 6,1 cm a las cuatro semanas), y después del programa (aumento de 3,8 cm entre la semana cuatro a la ocho) ( $p = 0,003$ ). El tiempo en la prueba de agilidad y balance y las repeticiones en la prueba de tolerancia muscular mejoraron significativamente al final del programa ( $p = 0,013$  y  $p < 0,001$ , respectivamente) en comparación con el valor antes de iniciar el programa. No se observaron cambios significativos en la prueba de coordinación ( $p = 0,286$ ) y en la prueba de tolerancia cardiorrespiratoria ( $p = 0,217$ ).

### **$VO_2\text{max}$ y Lípidos en Sangre**

El  $VO_2\text{max}$  en la sub-muestra aumentó por  $1,68$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  entre la prueba antes y después del programa ( $21,6 \pm 5,1$  a  $22,9 \pm 8,0$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), sin embargo, esta diferencia no resultó ser

estadísticamente significativa ( $p = 0,23$ ). El colesterol total, HDL y LDL no cambiaron significativamente al cabo de ocho semanas de participación en el PECE ( $191,0 \pm 18,4$  a  $184,5 \pm 27,1$  mg/dL [ $p = 0,97$ ],  $56,3 \pm 15,7$  a  $50,5 \pm 16,2$  mg/dL [ $p = 0,99$ ], y  $101,1 \pm 25,2$  a  $95,9 \pm 34,4$  mg/dL [ $p = 0,43$ ], respectivamente).

## DISCUSIÓN

Los dos hallazgos más importantes en este estudio son: 1) la viabilidad del PECE demostrada por la asistencia promedio mayor de 75 % en adultos mayores en PR y 2) el aumento significativo en varios criterios de la capacidad funcional, luego de ocho semanas de participación.

El aumento en la flexibilidad como resultado del PECE es un aspecto que ha sido observado en otros estudios sobre actividad física y ejercicio en adultos mayores. Incluir ejercicios de flexibilidad al inicio y al finalizar cada sesión del PECE pudo haber influenciado estos resultados. Por ejemplo, se ha observado que los adultos mayores que participan en actividades aeróbicas en el agua que incluyen periodos de estiramiento (Clark, [1994](#)) y entrenamiento de resistencia fuera del agua (Roma et al., [2013](#)) mejoran significativamente la flexibilidad. En otro estudio se reportó un aumento significativo en la flexibilidad entre adultos mayores luego de 12 meses en un programa de “Tai Chi” (Lan, Lai, Chen, & Wong, [1998](#)). También se han reportado aumentos en la flexibilidad entre adultos mayores que han participado por 12 semanas en programas de ejercicio aeróbico, luego de salir de una hospitalización (Brovold, Skelton, & Bergland, [2013](#)) o ejercicios funcionales organizados en circuitos (Whitehurst, Johnson, Parker, Brown, & Ford, [2005](#)). La flexibilidad promedio entre los participantes del presente estudio mejoró significativamente con cuatro semanas y se sostuvo a las ocho semanas, lo que sugiere que el PECE fue efectivo en provocar cambios en flexibilidad. Esto es especialmente relevante dado que la falta de flexibilidad de espalda baja y “hamstrings” está asociada con problemas de dolor crónico en el área, aumento en el riesgo de caídas y fracturas y reducción en la capacidad de realizar tareas diarias entre adultos mayores (Cedric & James, [1999](#); Gallon et al., [2011](#); Lan et al., [1998](#)). También se ha sugerido que una buena flexibilidad mejora el desarrollo de velocidad, balance dinámico y resistencia muscular (Stanziano, Roos, Perry, Lai, & Signorile, [2009](#); Thompson, [1991](#)), todos necesarios para una buena movilidad.

El hallazgo sobre la mejora en el parámetro de agilidad y balance concuerda con otros estudios que utilizaron diferentes programas de ejercicio en adultos mayores (Chodzko-Zajko et al., [2009](#); Chou, Hwang, & Wu, [2012](#); Kronhed, Möller, Olsson, & Möller, [2001](#)). Estudios sobre programas que incluyen caminar, bailar y ejercicios de resistencia, flexibilidad y fuerza, además de ejercicios en el agua, también provocan aumentos en la estabilidad de la postura y balance en adultos mayores (Chodzko-Zajko et al., [2009](#); Kim & O'Sullivan D, [2013](#)). La importancia de mantener un buen balance

estriba en que su deterioro con el envejecimiento contribuye al aumento en la incidencia de caídas y fracturas (Chodzko-Zajko et al., [2009](#); Gillespie et al., [2003](#)).

El aumento significativo en la tolerancia muscular que se observó en este estudio también concuerda con otros estudios en los que se ofrecieron ejercicios específicos para el desarrollo de fuerza en adultos mayores (Brandon, Boyette, Gaash, & Lloyd, [2000](#); Mayer et al., [2011](#); O'Neill, Thayer, Taylor, Dzialozyuski, & Noble, [2000](#); Westhoff, Stemmerik, & Boshuizen, [2000](#)). El PECE en este estudio incluyó un día para el trabajo de fuerza y tolerancia muscular, lo que sugiere que programas de ejercicios generales también pueden estimular aumentos en fuerza muscular entre adultos mayores y, por lo tanto, mantener y mejorar la capacidad de movimiento como la velocidad al caminar, levantarse de una silla, cargar objetos, subir y bajar escaleras (Brandon et al., [2000](#); Mian et al., [2007](#); Pinto et al., [2014](#)).

La composición corporal fue un criterio que no cambió como resultado del PECE en la población de adultos mayores estudiada. Esto difiere de otros estudios que han reportado una disminución en el peso corporal y reducción en el porcentaje de grasa luego de un programa de entrenamiento para adultos mayores (Lee, Kim, & Oh, [2013](#); Meredith, Frontera, O'Reilly, & Evans, [1992](#); Romero-Arenas et al., [2013](#); Tan, Li, & Wang, [2012](#); Toth, Beckett, & Poehlman, [1999](#)). Dos factores pueden explicar la falta de cambios positivos en la composición corporal en el presente estudio, estos son la falta de control o modificación en la dieta o educación al respecto y el volumen total e intensidad de actividades físicas diarias que pudo ser insuficiente para provocar un desbalance energético. Por otro lado, es importante prevenir la pérdida de peso que ocurre en adultos mayores y que puede traer complicaciones de salud, particularmente en aquellos que no son obesos (Soenen & Chapman, [2013](#)). Los participantes en el presente estudio no aumentaron en peso o IMC luego de ocho semanas, por lo que es posible que esta falta de cambio también pueda interpretarse como un hallazgo positivo.

La falta de cambio en la prueba de coordinación visual-motora contradice un estudio anterior (Bennett & Castiello, [1994](#)) en el que se observó una reducción en el transporte y manipulación de objetos en adultos mayores. En el mismo estudio (Bennett & Castiello, [1994](#)) discutieron que la reducción posiblemente se debió a un menor énfasis que pusieron los participantes en ejecutar con exactitud, pero un mayor énfasis en el resultado final que era completar la tarea lo antes posible. En el presente estudio, la prueba de coordinación enfocó tanto en el tiempo de ejecución como en la precisión de la tarea. Aunque el PECE no incluyó actividades específicas de coordinación motora, el que no se haya observado deterioro en este componente quizás se deba a otras actividades manuales en las que participan los adultos mayores en centros comunitarios (Ranganathan, Siemionow, Sahgal, & Yue, [2001](#)). Se ha sugerido que la coordinación puede mejorar



progresivamente con la práctica lenta y precisa de simples patrones de movimiento (Fujiyama, Hinder, Garry, & Summers, [2013](#); Kottke, Halpern, Easton, Ozel, & Burrill, [1978](#)) y que la participación en programas de ejercicio ayuda a evitar el deterioro en la ejecución motora y en la coordinación entre adultos mayores (Heyward, [2006](#); Leszczak et al., [2013](#); Skelton, Greig, Davies, & Young, [1994](#); Wong, Lin, Chou, Tang, & Wong, [2001](#)).

La tolerancia cardiorrespiratoria como parte de la batería de pruebas funcionales puede ser el resultado de un buen  $VO_2\text{max}$  como también una buena eficiencia mecánica al recorrer una distancia en menos tiempo. El primero tiene un componente molecular y genético, el segundo tiene un componente neuromuscular y perceptual más directamente relacionado con la capacidad motora (Joyner & Coyle, [2008](#)). Aumentos en la tolerancia cardiorrespiratoria se han demostrado mediante pruebas de campo (Mian et al., [2007](#)) y aumentos en el  $VO_2\text{max}$  mediante pruebas de laboratorio en adultos mayores luego de participar en programas de ejercicios (Chodzko-Zajko et al., [2009](#); Hagner, Hagner-Derengowska, Wiacek, & Zubrzycki, [2009](#)). Aunque hubo una tendencia a disminuir el tiempo de la prueba de 800 m en este estudio, la diferencia no fue significativa por lo que la tolerancia cardiorrespiratoria como un criterio de capacidad funcional no mejoró con la participación en este programa. Es posible que la intensidad de las actividades no fuera lo suficiente como para provocar cambios en este componente. Igualmente, el  $VO_2\text{max}$  en este estudio tuvo una tendencia a mejorar, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa, lo que posiblemente se explica en parte por el número reducido de participantes en la sub-muestra.

Los niveles de lipoproteína de alta (HDL) y baja densidad (LDL) no cambiaron significativamente como resultado de la participación en el PECE. Esta observación sustenta lo reportado en algunos estudios previos (Ready et al., [1996](#); Wagner, La Croix, Buchner, & Larson, [1992](#)), pero contradice lo reportado por otros (Fahlman, Boardley, Lambert, & Flynn, [2002](#); Gallon et al., [2011](#); Isler, Kosar, & Korkusuz, [2001](#); Kostka, Lacour, Berthouze, & Bonnefoy, [1999](#)) en donde los niveles de HDL aumentaron como resultado de una intervención con ejercicio en adultos mayores. Es posible que los programas de ejercicio para esta población requieran mayor duración y mayor nivel de intensidad para alcanzar cambios significativos en estos parámetros.

Existen varias limitaciones en este estudio que deben discutirse. En primer lugar la batería de pruebas para evaluar aptitud física que se relacionan con la capacidad de mantener una vida independiente en el adulto mayor (Rikli & Jones, [2013](#)), la cual no fue considerada y debe incluirse en un estudio futuro. Sin embargo, la batería de pruebas seleccionada en el presente estudio es la única que ha sido validada en adultos mayores en PR (Luhning, [1996](#)) y los resultados observados se encontraron dentro de los valores reportados por Luhning, ([1996](#)) La falta de evaluación sobre alimentación y expendio energético, y el control sobre el volumen e intensidad de ejercicio en el

PECE fueron otras dos limitaciones que posiblemente influenciaron los resultados y que deben también considerarse en un futuro estudio. Es interesante observar que estos controles no son la norma en situaciones de vida real, lo que sugiere un valor a programas de ejercicio como el PECE según se desarrolló en el presente estudio para el mantenimiento o mejoramiento de parámetros de funcionalidad en adultos mayores en PR. Finalmente, la sub-muestra muy pequeña ( $n = 7$ ) para evaluar el  $VO_2\text{max}$  puede explicar la baja probabilidad de encontrar cambios significativos en este parámetro y el número limitado de participantes hombres ( $n = 3$ ) limitó la capacidad de establecer diferencias por sexo.

Otra evaluación interesante en este estudio fue la viabilidad y satisfacción de los participantes con el programa de ejercicio. La asistencia regular y puntual, el esfuerzo por realizar todas las actividades y la cordialidad establecida entre participantes e investigadores sugiere que el PECE es viable y aceptable en una población de adultos mayores en PR. En conclusión, el PECE provocó cambios positivos en varios componentes de la capacidad funcional que son esenciales para mantener la movilidad y la salud general del adulto mayor. Los programas que aumenten la participación en una variedad de actividades físicas y reduzcan el tiempo sedentario son esenciales para mantener y mejorar la independencia y la calidad de vida en esta población.

### Agradecimiento

Especial agradecimiento al programa “Esperanza para la Vejez de Puerto Rico”, a la Sra. Carmen Flores, directora del Centro HOPE en San Germán; al Dr. Edgardo Lorenzo González por el análisis estadístico, al cardiólogo Dr. Radamés González por evaluar a los participantes; al Dr. Enrique Amy por autorizar y la Dra. Anita Rivera-Brown por conducir las pruebas de  $VO_2\text{max}$  en el laboratorio de Fisiología del Ejercicio en el Centro de Salud Deportiva y Ciencias del Ejercicio (SADCE); a la Dra. Iliá Morales y al profesor Ramón Álvarez por asistir en las pruebas realizadas en el Centro SADCE; y a los instructores, estudiantes aún por graduarse y graduados del Programa de Educación Física del Recinto de San Germán, Universidad Interamericana, por asistir en la administración de pruebas y el PECE.

### REFERENCIAS

- Bennett, K. M., & Castiello, U. (1994). Reach to grasp: changes with age. *Journal of Gerontology*, 49(1), P1-P7. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/geronj/49.1.P1>
- Brandon, J. L., Boyette, L. W., Gaash, D. A., & Lloyd, A. (2000). Effect of lower extremity strength: Training on functional mobility in older adults and physical activity. *Journal of Aging and Physical Activity*, 8(3), 214-227. Recuperado de <http://journals.humankinetics.com/japa-back-issues/JAPAVolume8Issue3July/EffectsofLowerExtremityStrengthTrainingonFunctionalMobilityinOlderAdults>

- Brovold, T., Skelton, D. A., & Bergland, A. (September, 2013). Older adults recently discharged from the hospital: effect of aerobic interval exercise on health-related quality of life, physical fitness, and physical activity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(9), 1580-1585. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jgs.12400>
- CDC (2003). Public Health and Aging: Trends in Aging --- United States and Worldwide. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* (Vol. 52, pp. 101-106). Ir a <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5206a2.htm>
- Cedric, X. B., & James, A. P. (1999). Prescribing exercise for healthy adults: An individualized approach. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 70(6), 29-33. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/07303084.1999.10605949>
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 41(7), 1510-1530. doi: <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
- Chou, C. H., Hwang, C. L., & Wu, Y. T. (February, 2012). Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(2), 237-244. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2011.08.042>
- Clark, G. (1994). Water exercise for senior adults-Prescription for fun and fitness. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 65(6), 18-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/07303084.1994.10606933>
- Crombie, I. K., Irvine, L., Williams, B., McGinnis, A. R., Slane, P. W., Alder, E. M., & McMurdo, M. E. (2004). Why older people do not participate in leisure time physical activity: a survey of activity levels, beliefs and deterrents. *Age Ageing*, 33(3), 287-292. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afh089>
- Fahlman, M. M., Boardley, D., Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. *The Journal of Gerontology. Series A. Biological Sciences & Medical Sciences*, 57(2), B54-60. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/57.2.B54>
- Fujiyama, H., Hinder, M. R., Garry, M. I., & Summers, J. J. (June, 2013). Slow and steady is not as easy as it sounds: interlimb coordination at slow speed is associated with elevated attentional demand especially in older adults. *Experimental Brain Research*, 227(2), 289-300. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-013-3511-7>
- Gallon, D., Rodacki, A. L., Hernandez, S. G., Drabovski, B., Outi, T., Bittencourt, L. R., & Gomes, A. R. (2011). The effects of stretching on the flexibility, muscle performance and functionality of institutionalized older women. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 44(3), 229-235. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2011007500012>
- Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (4), CD000340. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD000340>
- Hagner, W., Hagner-Derengowska, M., Wiacek, M., & Zubrzycki, I. Z. (September/October, 2009). Changes in level of VO<sub>2</sub>max, blood lipids, and waist circumference in the response to

moderate endurance training as a function of ovarian aging. *Menopause*, 16(5), 1009-1013. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/gme.0b013e31819c0924>

- Heyward, V. H. (2006). *Advanced fitness assessment and exercise prescription* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kin-Isler, A., Kosar, N., & Korkusuz, F. (September, 2001). Effects of step aerobics and dancing in serum lipids and lipoproteins. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 380-385. Recuperado de: <http://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2001N03A0380>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (January, 2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35-44. doi: <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Kim, S. B., & O'sullivan D, M. (August, 2013). Effects of Aqua Aerobic Therapy Exercise for Older Adults on Muscular Strength, Agility and Balance to Prevent Falling during Gait. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(8), 923-927. doi: <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.923>
- Kostka, T., Lacour, J. R., Berthouze, S. E., & Bonnefoy, M. (August, 1999). Relationship of physical activity and fitness to lipid and lipoprotein (a) in elderly subjects. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 31(8), 1183-1189. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199908000-00016>
- Kottke, F. J., Halpern, D., Easton, J. K., Ozel, A. T., & Burrill, C. A. (1978). The training of coordination. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 59(12), 567-572.
- Kronhed, G., Möller, C., Olsson, B., & Möller, M. (January, 2001). The effect of short-term balance training on community-dwelling older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 1(9), 19-31. Recuperado de: <http://journals.humankinetics.com/japa-back-issues/JAPAVolume9Issue1January/TheEffectofShortTermBalanceTrainingonCommunityDwellingOlderAdults>
- Lan, C., Lai, J. S., Chen, S. Y., & Wong, M. K. (March, 1998). 12-month Tai Chi training in the elderly: its effect on health fitness. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 30(3), 345-351. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199803000-00003>
- Lee, B. A., Kim, J. G., & Oh, D. J. (2013). The effects of combined exercise intervention on body composition and physical fitness in elderly females at a nursing home. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 9(2), 298-303. doi: <http://dx.doi.org/10.12965/jer.130014>
- Leszczak, T. J., Olson, J. M., Stafford, J., & Brezzo, R. D. (2013). Early adaptations to eccentric and high-velocity training on strength and functional performance in community-dwelling older adults. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 442-448. doi: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825423c6>
- Lopez, R. (2001). Análisis sobre la disponibilidad de programas y servicios para personas de edad avanzada en Puerto Rico. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, 20(1), 41-49. Ir a <http://prhsj.rcm.upr.edu/index.php/prhsj/article/view/1075>

- Luhring, A. (1996). *Confiabilidad de la prueba desarrollada por la Alianza Americana de Salud, Educación Física, Recreación y Baile (AAHPERD) para medir aptitud funcional en puertorriqueños de 60 a 75 años*. Puerto Rico: Interamerican University in San German.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Muller, S., & Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108(21), 359-364. doi: 10.3238/arztebl.2011.0359. Recuperado de: <http://www.aerzteblatt.de/int/archive/article/91108/The-Intensity-and-Effects-of-Strength-Training-in-the-Elderly>
- Meredith, C. N., Frontera, W. R., O'Reilly, K. P., & Evans, W. J. (1992). Body composition in elderly men: effect of dietary modification during strength training. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40(2), 155-162.
- Mian, O. S., Thom, J. M., Ardigò, L. P., Morse, C. I., Narici, M. V., & Minetti, A. E. (July, 2007). Effect of a 12-month physical conditioning programme on the metabolic cost of walking in healthy older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 100(5), 499-505. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-006-0141-9>
- O'Neill, D., Thayer, R., Taylor, A., Dzialozuski, T., & Noble, E. (2000). Effects of short-term resistance training on muscle training and morphology in the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 8(4), 312-324. Ir a <http://journals.humankinetics.com/AcuCustom/Sitename/Documents/DocumentItem/1532.pdf>
- Osness, W. H., Adrian, M., Clark, B., Hoeguer, W., Raab, D., & Wiswell, R. (1996). *Functional Fitness Assessment for Adults Over 60 Years: A Field Based Assessment* (2nd ed.). The American Association for Active Lifestyles and Fitness and the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- Pinto, R. S., Correa, C. S., Radaelli, R., Cadore, E. L., Brown, L. E., & Bottaro, M. (February, 2014). Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age*, 36(1), 365-372. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11357-013-9567-2>
- Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Sahgal, V., & Yue, G. H. (2001). Effects of aging on hand function. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49(11), 1478-1484. doi: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1532-5415.2001.4911240.x>
- Ready, E., Naimark, B., Ducas, J., Sawatzky, J. V., Boreskie, S. L., Drinkwater, D. T., & Oosterveen, S. (1996). Influence of walking volume on health benefits in women post-menopause. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28(9), 1097-1105. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199609000-00004>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *The Gerontologist*, 53(2), 255-267. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/geront/gns071>
- Roma, M. F., Busse, A. L., Betoni, R. A., Melo, A. C., Kong, J., Santarem, J. M., & Jacob Filho, W. (2013). Effects of resistance training and aerobic exercise in elderly people concerning physical

fitness and ability: a prospective clinical trial. *Einstein (Sao Paulo)*, 11(2), 153-157. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-45082013000200003>

- Romero-Arenas, S., Martinez-Pascual, M., & Alcaraz, P. E. (October, 2013). Impact of resistance circuit training on neuromuscular, cardiorespiratory and body composition adaptations in the elderly. *Aging and Disease*, 4(5), 256-263. doi: <http://dx.doi.org/10.14336/AD.2013.0400256>
- Skelton, D. A., Greig, C. A., Davies, J., & Young, A. (1994). Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Aged and Ageing*, 23(5), 371-377. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/23.5.371>
- Soenen, S., & Chapman, I. M. (September, 2013). Body weight, anorexia, and undernutrition in older people. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(9), 642-648. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.004>
- Stanziano, D. C., Roos, B. A., Perry, A. C., Lai, S., & Signorile, J. F. (May, 2009). The effects of an active-assisted stretching program on functional performance in elderly persons: a pilot study. *Clinical Interventions in Aging*, 4, 115-120.
- Tan, S., Li, W., & Wang, J. (2012). Effects of six months of combined aerobic and resistance training for elderly patients with a long history of type 2 diabetes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 495-501. Recuperado de: <http://www.jssm.org/research.php?id=jssm-11-495.xml>
- Thompson, P. (1991). *Introducción a la Teoría del Entrenamiento*. London: International Amateur Athletic Federation. Recuperado de: [http://books.google.co.cr/books/about/Introducci%C3%B3n+a+la+teor%C3%ADa+del+entrena+mi.html?id=JArJAAAACAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.co.cr/books/about/Introducci%C3%B3n+a+la+teor%C3%ADa+del+entrena+mi.html?id=JArJAAAACAAJ&redir_esc=y)
- Toth, M. J., Beckett, T., & Poehlman, E. T. (November, 1999). Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11), S590. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199911001-00017>
- Wagner, E. H., LaCroix, A. Z., Buchner, D. M., & Larson, E. B. (May, 1992). Effects of physical activity on health status in older adults I: *Observational studies*. *Annual Review Public Health*, 13, 451-468. doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pu.13.050192.002315>
- Westhoff, M., Stemmerik, L., & Boshuizen, H. C. (October, 2000). Editorial Effects of a Low-Intensity Strength-Training program on Knee-Extensor Strength and functional ability of frail older people. *Journal of Aging and Physical Activity*, 8(4), 325-342. Recuperado de: <http://journals.humankinetics.com/AcuCustom/Sitename/Documents/DocumentItem/1533.pdf>
- Whitehurst, M. A., Johnson, B. L., Parker, C. M., Brown, L. E., & Ford, A. M. (August, 2005). The benefits of a functional exercise circuit for older adults. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 647-651. doi: <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200508000-00027>
- Wong, A. M., Lin, Y. C., Chou, S. W., Tang, F. T., & Wong, P. Y. (2001). Coordination exercise and postural stability in elderly people: Effect of Tai Chi Chuan. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 82(5), 608-612. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.22615>

Tabla 1. Media y desviación estándar (DE) de las variables antes, durante y después del programa.

	<i>n</i>	<i>Antes</i>		<i>Durante (4 semanas)</i>		<i>Después (8 semanas)</i>		<i>p</i> (F)
		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	
<b>Índice Ponderal (unidades)</b>	22	11.3	1.0	11.3	0.8	11.5	0.7	0.190 (1.73)
<b>Flexibilidad (centímetros)</b>	22	51.6	12.2	57.7*	8.1	54.4*	10.2	0.003 (6.57)
<b>Agilidad y Balance (segundos)</b>	22	29.9	10.8	29.8	10.5	27.9*†	8.6	0.013 (4.81)
<b>Coordinación (segundos)</b>	22	12.4	4.7	11.1	4.8	11.8	8.3	0.286 (1.29)
<b>Tolerancia Muscular (repeticiones)</b>	22	18.5	5.9	23.4	5.2	23.9*†	4.5	<0.001 (20.67)
<b>Tolerancia Cardiorrespiratoria (min)</b>	22	11.6	3.8	11.2	3.7	11.2	3.3	0.217 (1.35)

\* Comparado con la prueba antes, † Comparado con la prueba durante