



ORIGINAL/SECCIÓN BIOLÓGICA

Características antropométricas, funcionales y de fuerza explosiva de mujeres mayores de 50 años físicamente activas de la ciudad de Bogotá, Colombia

Jhon Freddy Ramírez Villada\* y Henry Humberto León Ariza

Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio Físico, el Deporte y la Salud (GICAEDS), Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 29 de septiembre de 2011

Aceptado el 2 de abril de 2012

On-line el 27 de junio de 2012

*Palabras clave:*

Antropometría

Funcionalidad

Fuerza explosiva

Independencia funcional

Estilo de vida

RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo es analizar las relaciones existentes entre las distintas pruebas de fuerza de naturaleza explosiva y la funcionalidad de mujeres activas participantes de un programa recreativo deportivo, con la intención no solo de caracterizar y establecer el estado saludable, sino también de determinar la capacidad de control diagnóstico en procesos degenerativos.

**Métodos:** Este estudio fue llevado a cabo con 102 mujeres físicamente activas y sin factores de riesgo. Fueron aplicadas pruebas antropométricas, de independencia funcional y fuerza explosiva de cara a establecer el valor de las mismas dentro del proceso de control diagnóstico.

**Resultados:** Edad promedio:  $60,0 \pm 5$  años; índice de masa corporal:  $26,81 \pm 3,91$ ; porcentaje de grasa:  $52,45 \pm 4,75$ ; porcentaje de masa muscular:  $33,91 \pm 3,68$ ; pruebas de independencia funcional: velocidad máxima (30 m):  $9,39 \pm 1,92$  s; velocidad-agilidad (30 m):  $12,93 \pm 1,59$  s, y equilibrio dinámico (6 m):  $21,97 \pm 8,01$  s. Fuerza explosiva (prueba de Bosco): *Squat Jump*:  $12,33 \pm 3,05$  cm; *Countermovement Jump*:  $18 \pm 3,04$  cm y *Countermovement Jump Arm swing*:  $14,80 \pm 7,90$  cm.

**Conclusión:** Las relaciones estadísticas encontradas entre las pruebas de composición corporal, fuerza explosiva y funcionalidad son una importante herramienta diagnóstica y de control, que puede enriquecer los modelos de intervención con adultos mayores.

© 2011 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

**Anthropometric, functional and explosive strength characteristics of physically active women over 50 years old in the city of Bogotá, Colombia**

ABSTRACT

*Keywords:*

Anthropometric

Functionality

Explosive strength

Independence

Lifestyle

**Objective:** To analyze the relationship between different test measuring explosive strength and functionality of active women participating in a leisure sport program in order to describe the characteristics of health status and look for tools for diagnosing and monitoring degenerative process.

**Methods:** This study was conducted on 102 women physically active and without risk factors. Anthropometric, functional independence and explosive strength tests were applied.

**Results:** Mean age  $60,08 \pm 5,35$  years; body mass index:  $26,81 \pm 3,91$ ; percentage of fat:  $52,45 \pm 4,75$ ; percentage of muscle mass:  $37,24 \pm 6,77$ ; tests of functional independence: maximum speed (30 meters):  $9,39 \pm 1,92$  s; speed-agility (30 meters):  $12,93 \pm 1,59$  s, and dynamic balance (6 meters):  $21,97 \pm 8,01$  s. Explosive Strength (Bosco test): *Squat Jump*:  $12,33 \pm 3,05$  cm, *Countermovement Jump*:  $13,18 \pm 3,04$  cm and *Countermovement Jump Arm swing*:  $14,80 \pm 4,01$  cm.

**Conclusion:** The statistical relationships found between body composition, explosive strength and functionality tests, are important tools for diagnosing and monitoring, and could improve the intervention models on the elderly.

© 2011 SEGG. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [jhonramirezvillada@gmail.com](mailto:jhonramirezvillada@gmail.com) (J.F. Ramírez Villada).

## Introducción

El proceso de envejecimiento involucra una serie de cambios fisiológicos degenerativos en los órganos y sistemas que componen el conjunto biológico humano y que se traducen en un deterioro general de la condición física con una fuerte incidencia sobre las tasas de morbilidad y mortalidad<sup>1,2</sup>. Este fenómeno impacta de forma notoria en el gasto sanitario en países de bajo, medio y elevado desarrollo, ya sea por el bajo porcentaje de recursos económicos con relación al producto interno bruto destinado a enfrentar las enfermedades asociadas, o en casos especiales, por la presencia de recursos suficientes, pero mal orientados, ya que se destinan al tratamiento de las enfermedades dejando de lado los programas de prevención, modelos que se revelan más efectivos para controlar el fenómeno descrito a mediano y largo plazo<sup>3-5</sup>.

Estas modificaciones de orden cardiovascular, metabólico, endocrino, hematológico, neural y muscular asociados al proceso de envejecimiento (daño multisistémico) hacen que resulte complejo especificar las estrategias saludables a implementar y, revelan la importancia de asumir acciones de investigación dentro de la política sanitaria de los distintos países, que alimenten los programas de «promoción y prevención», de tal forma que aseguren su eficacia dentro del modelo de salud pública<sup>1</sup>.

Lo mencionado obliga no solo a comprender las teorías propuestas asociadas al proceso de envejecimiento<sup>2</sup>, sino también a analizar el impacto sobre la homeostasis general que los modelos sugeridos informan por la incorporación de nuevas y variadas estrategias de intervención, atendiendo al incremento desmesurado de las tasas porcentuales de población mayor de 50 años, la disminución de la natalidad y las proyecciones de vida. Ahora bien, un componente fundamental que permite evaluar el impacto del envejecimiento sobre el estado de salud particular de las personas mayores de 50 años hace referencia a los niveles de autonomía funcional y la capacidad de enfrentar los esfuerzos mecánicos que el día a día impone (subir y bajar escaleras, caminar, correr, levantar o cargar objetos, entre otros). El factor mencionado está condicionado fuertemente por los cambios acaecidos en el sistema muscular relacionados con la pérdida de fibras rápidas (*Fast Twitch [FT]*), incremento del porcentaje de fibras lentas (*Slow Twitch [ST]*), reducción de la activación nerviosa, muerte de neuronas motoras (tipo alfa), cambios en los patrones de coordinación intra-intermuscular, entre otros, que unidos al estilo y hábitos de vida sedentarios aceleran el proceso de envejecimiento y disminuyen la esperanza de vida<sup>6-9</sup>.

En este sentido, si bien son variadas las estrategias de intervención emergentes a nivel mundial donde se han revelado incrementos en la fuerza máxima, la fuerza explosiva, la funcionalidad y el estilo de vida, demostrándose la importancia del ejercicio físico como herramienta terapéutica<sup>10-15</sup>, no se presentan datos suficientes que permitan ajustar, descartar o asimilar plenamente pruebas de control diagnóstico para estos procesos, lo cual genera un problema importante, ya que no se puede establecer el impacto de los modelos puestos en marcha, su capacidad preventiva, así como su eficacia en la prevención de enfermedades propias de la edad.

Si a lo anterior se suma que varios autores<sup>12,13,16-20</sup> vienen reportando una relación, no solo entre la pérdida de la expresión de fuerza máxima, sino también de fuerza explosiva que condiciona de forma importante la capacidad de independencia funcional por tener una incidencia más directa con la mecánica de las tareas cotidianas, se aprecia entonces un fuerte vacío en los modelos de control aplicados para el análisis del estado de la condición física, ya que se desconocen las características peculiares de la fisiología del envejecimiento, que es determinante para establecer con precisión los objetivos y principios de progresión para este tipo de actividades.

En este sentido, en el presente estudio se aplican pruebas de composición corporal, velocidad-agilidad, velocidad lisa, equilibrio dinámico y fuerza explosiva, en mujeres físicamente activas, participantes del programa de actividad física para adultos mayores promovido por el Instituto Distrital de Recreación y Deportes de la ciudad de Bogotá, Colombia. Los objetivos están orientados a analizar las relaciones existentes entre las distintas pruebas de naturaleza explosiva y la funcionalidad de mujeres activas participantes de un programa recreativo deportivo, con la intención no solo de caracterizar y establecer el estado saludable, sino también de determinar la capacidad de control diagnóstico para estos procesos en una única intención y de incrementar el soporte teórico de estos modelos de evaluación propuestos.

## Material y métodos

Se entrevistaron 463 mujeres participantes de los programas promovidos por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte-Bogotá atendiendo a lo estipulado por el Colegio Americano de Medicina del deporte (ASCM) y al criterio del equipo biomédico<sup>21</sup>.

Al respecto es necesario mencionar que de las 463 mujeres a las cuales les fue aplicada la valoración clínica, 361 fueron excluidas del proceso, ya que aunque manifestaban llevar una práctica continua de actividad física no menor a 2 días por semana, presentaban factores de riesgo elevado relacionados con un 30% de padecimientos osteoarticulares (artrosis, artritis, entre otros), un 37% de problemas cardiovasculares (hipertensión descontrolada, fallo cardíaco, varices, entre otros) y un 31% de elevado porcentaje graso e índice de masa corporal (IMC).

Por tanto, del total de mujeres solo 102 cumplían con los criterios establecidos asociados con una práctica física de mínimo 2 días por semana (gimnasia de mantenimiento, danzas, jogging, taichi, entre otros) por un período no inferior a un año, así como la autorización médica para la participación en pruebas funcionales que descartarán cualquier riesgo innecesario.

El estudio contó con la autorización del comité ético de la Universidad Santo Tomás-Bogotá y atendió los criterios sugeridos en la declaración de Helsinki vigente y actualizada desde el año 1964 hasta la fecha. Para iniciar el proceso de selección y organización de los grupos para evaluación, los sujetos aportaron un formulario de consentimiento informado donde se detallaban los objetivos, procedimientos e inconvenientes de la investigación y el uso confidencial de los mismos.

Los candidatos potenciales fueron entrevistados y valorados clínicamente atendiendo a los siguientes criterios: enfermedades cardiovasculares, respiratorias, osteoarticulares, metabólicas, vasculares, así como deformidades de la columna vertebral, de miembros superiores o inferiores, amputaciones, prótesis, tratamiento con esteroides, que de alguna forma pudieran alterar el comportamiento de las variables a medir o poner en riesgo la salud de los participantes.

Desde la estadística se acudió a un muestreo no probabilístico e intencional teniendo en cuenta las dificultades de acceder a una población que reuniera los requisitos mencionados, manteniéndose un total «n» de 102 mujeres sobre las cuales se administraron las distintas pruebas y cuyas características se presentan en la tabla 1.

### Pruebas de evaluación

#### Relacionadas con la composición corporal

En la evaluación antropométrica 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 escritos<sup>22</sup>. Las variables medidas fueron: el peso, la talla, los pliegues cutáneos

**Tabla 1**

Perfil general de los adultos mayores de 50 años participantes del programa del IDRD-2011

Variables	Media	Desviación	Intervalo de confianza		Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75
			LI	LS					
Edad (años)	60,08	5,35	58,92	61,23	50	70	56	61	64
Talla (cm)	1,55	0,06	1,54	1,57	1,45	1,73	1,51	1,55	1,60
Peso (kg)	64,83	9,36	62,81	66,85	45	96,80	56,80	64,20	70,05
IMC	26,81	3,91	25,96	27,66	19,75	40,82	24,18	26,48	28,30
Masa grasa (kg)	34,14	6,19	32,80	35,48	20,38	51,71	29,95	34,34	37,97
Porcentaje masa grasa	52,45	4,75	51,42	53,49	35,46	60,19	41,80	43,51	45,05
Masa muscular (kg)	33,91	3,68	33,11	34,71	16,36	35,71	32,79	36,57	40,35
Porcentaje masa muscular	37,24	6,77	35,77	38,71	26,43	49,01	21,58	23,59	26,60

(bíceps, tríceps, supracrestal y subescapular), perímetro del brazo, muslo y pierna, así como diámetros biepicondiliano del húmero y fémur. Se calculó el porcentaje de masa grasa corporal<sup>23</sup>, la densidad corporal<sup>24</sup>, la masa muscular<sup>25</sup>, la masa ósea<sup>26</sup>, la masa residual<sup>27</sup> y el IMC<sup>28</sup>. El instrumental empleado fue un plicómetro Holtain®, una cinta métrica Stanley®, paquímetro tipo Berfer®, un estadiómetro tipo Faga® y una báscula modelo Tanita®.

#### Relacionadas con la funcionalidad

Prueba para la valoración del equilibrio dinámico (*Tandem Walk [TW]*): es una batería validada<sup>29</sup> en la cual el individuo debe recorrer de espaldas un trayecto de 6 m a lo largo de una línea recta dibujada en el suelo. Se considera una posición correcta de salida cuando los 2 pies se encuentran juntos y en contacto, momento en que desplazará un pie atrás hasta tocar la parte posterior del talón de su pie de apoyo. El recorrido debe realizarse en el menor tiempo posible y se consideran fallos dar pasos largos, salirse de la línea recta y no tocar la cara posterior del talón del pie de apoyo que se esté empleando.

Prueba de velocidad-agilidad 30 m (*Shuttle Run test [SRT]*): es un instrumento validado<sup>12</sup> que consiste en recorrer un trayecto de línea recta de 30 m. El trayecto fue dividido en 4 recorridos de 7,5 m completados en forma continua hasta lograr 30 m totales en el menor tiempo posible. Se tomó la medición siempre saliendo y girando por el lado derecho, buscando con ello controlar la calidad de la medición y, se establecieron puntos visibles para la prueba, que permitieran limitar el punto de salida y llegada. Cada sujeto recibió una instrucción previa para las pruebas y realizó hasta 3 intentos, de los cuales se tomó el más representativo para su posterior análisis. Todos los tiempos fueron tomados usando 2 cronómetros digitales Kronus®, monitores de ritmo cardiaco marca Polar® y las distancias fueron medidas con una cinta métrica Stanley®.

Prueba de velocidad lisa 30 m: adaptada de la prueba sugerida por su autor original<sup>30</sup> cuyo objetivo es evaluar la velocidad de reacción y la velocidad cíclica máxima (especialmente la velocidad de aceleración), se demarcó una línea con 3 puntos –2,0 y 30 m, siendo el punto –2 el inicio de la toma de la frecuencia cardiaca, el punto 0 de la toma del tiempo inicial y el punto 30 la finalización de la misma con registro de frecuencia cardiaca. Si bien no es muy común usar estas pruebas con mayores de 50 años, la misma fue incluida dada la naturaleza del estudio, las investigaciones previas del autor y los coeficientes establecidos del 0,82 al 0,90 para personas desentrenadas advertidos en otros estudios<sup>31</sup>, que no han sido comparados con sujetos con las características, edad y género contenidas en el presente estudio, desechándose una información que podría ser útil desde el punto de vista funcional y biomecánico.

#### Relacionadas con la fuerza explosiva

Para el conocimiento de la fuerza generada por los miembros inferiores, se aplicó la prueba de Bosco, con el uso de distintos tipos de salto y variando el ángulo articular<sup>32</sup>. La fuerza explosiva se

midió por la respuesta del sujeto a un salto máximo vertical (*Squat-jump [SJ]*): partiendo desde una posición de flexión de la rodilla de 90°, con manos en la cintura, se salta elevado el centro de gravedad), un salto máximo con contramovimiento (*Countermovement Jump [CMJ]*: de pie, con extensión completa de las rodillas y las manos en la cintura, se baja a 90° y se salta) y un salto máximo con contramovimiento y coordinación de los miembros superiores (*Countermovement Jump arm swing [CMJas]*: similar al anterior, pero con la colaboración de los miembros superiores para lograr una mayor altura). Se ejecutaron de 3 a 5 saltos por cada prueba (SJ, CMJ y CMJas) y se tomó la altura, el tiempo de vuelo y la velocidad más representativas para su posterior análisis. En la medición de la fuerza explosiva se empleó una alfombra de saltos AXOM JUMP Technology®.

#### Análisis estadístico

En todas las variables fue aplicado la prueba de bondad o ajuste de normalidad mediante 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 consideró estadísticamente significativo los valores de  $p < 0,05$ .

Fueron correlacionadas las variables de composición corporal, funcionalidad y fuerza explosiva, aplicando el coeficiente de correlación de Spearman y el test de hipótesis de la correlación, considerándose estadísticamente significativos los valores de  $p < 0,05$ .

Fue empleado 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.

## Resultados

#### Relacionadas con la composición corporal

Los datos relacionados con el ítem fueron consolidados en la tabla 1, donde destaca el intervalo de confianza para la edad, el peso, el IMC, la masa grasa y la masa libre de grasa que permite establecer puntualmente la localización de los valores y las características propias del grupo evaluado. En la información se destaca que todo el proceso fue concentrado en una edad de  $60,08 \pm 5,3$  años, aspecto importante a considerar dentro de la discusión de los resultados.

#### Relacionadas con la expresión de independencia funcional

Los resultados de las pruebas funcionales son presentados en la tabla 2. Dentro de estos registros son interesantes los valores marcados por la velocidad en 30 m, la velocidad-agilidad en 30 m y el equilibrio dinámico en 6 m con el seguimiento paralelo de la respuesta cardiaca como parámetro de control general cardiovascular.

**Tabla 2**

Análisis descriptivo de las pruebas de fuerza explosiva

Variables	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza		Mínimo	Máximo
			LI	LS		
<i>Salto vertical (SJ)</i>						
Vuelo (ms)	313,42	40,36	304,71	322,12	200	384
Altura (cm)	12,23	3,05	11,57	12,89	4,90	18
Velocidad (m/s)	1,54	0,20	1,49	1,58	0,98	1,88
<i>Salto con contramovimiento (CMJ)</i>						
Vuelo (ms)	322,92	52,54	311,59	334,26	200,72	415,28
Altura (cm)	13,18	3,04	12,53	13,84	5,30	21,20
Velocidad (m/s)	1,59	0,19	1,53	1,63	1,02	2,04
<i>Salto con contramovimiento y oscilación de miembros superiores (CMJas)</i>						
Vuelo (ms)	343,96	48,17	333,57	354,35	200	463
Altura (cm)	14,80	4,01	13,94	15,67	4,90	26,30
Velocidad (m/s)	1,69	0,23	1,64	1,74	1,02	2,27

**Relacionadas con la expresión de fuerza explosiva**

Los resultados de las pruebas relacionadas con la expresión de fuerza explosiva se presentan en la [tabla 3](#). Es importante destacar las unidades para cada una de las expresiones del protocolo, así como las alturas máximas alcanzadas en relación a la velocidad de desplazamiento, ya que dichos parámetros son claves para la reflexión del comportamiento del sistema neuromuscular.

**Correlaciones del perfil general con las pruebas de fuerza explosiva y funcionalidad**

Los datos son presentados en la [tabla 4](#). Dentro de los valores destacan unas relaciones «p» y «r» importantes entre todas las variables de perfil general y el CMJ. Otro aspecto a considerar es la no presencia de valores «p» y «r» de interés en relación al equilibrio dinámico o cuando se relacionan las variables de porcentaje graso, masa magra o IMC con las expresiones de velocidad consideradas.

**Correlaciones del perfil general con las pruebas de fuerza explosiva y funcionalidad**

Las correlaciones de funcionalidad y de fuerza explosiva son presentadas en la [tabla 5](#) y por separado para mayor claridad en su interpretación. Entre las mismas se resalta cómo se comportan estadísticamente las nociones de velocidad 30 m y velocidad-agilidad 30 m cuando se relacionan con las variables de fuerza explosiva y la no presencia de relaciones entre los datos de masa magra muscular y el resto de las variables.

**Tabla 3**

Análisis descriptivo de las pruebas funcionales

Variables	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza		Mínimo	Máximo
			LI	LS		
<i>Velocidad 30 M</i>						
Frecuencia cardiaca <sup>a</sup> (latido×minuto)	102,36	16,13	98,88	105,84	64	160
Frecuencia cardiaca <sup>b</sup> (latido×minuto)	126,90	13,22	124,05	129,75	99	156
Tiempo (s)	9,39	1,92	8,95	9,78	6,62	19,10
<i>Velocidad-agilidad 30 M</i>						
Frecuencia cardiaca <sup>a</sup> (latido×minuto)	93,97	12,65	91,24	96,70	63	125
Frecuencia cardiaca <sup>b</sup> (latido×minuto)	122,30	15,61	118,93	125,67	71	163
Tiempo (s)	12,93	1,59	12,59	13,28	8,58	18,10
<i>Equilibrio dinámico 6M</i>						
Tiempo (s)	21,97	8,01	12,21	23,69	9,52	43,41

a: frecuencia cardiaca pre-test; b: frecuencia cardiaca pos-test.

**Discusión****Relacionada con la composición corporal**

El valor medio de IMC de  $26,81 \pm 3,91$  corresponde con los criterios saludables descritos por Kyle et al.<sup>33</sup>, que sugieren una media límite de  $25,9 \pm 4$ , Moore et al.<sup>34</sup>, que revelan valores normales de 27,8, incluso no difieren del estudio de Rodríguez et al.<sup>35</sup>, quienes describieron algunas variaciones entre mayores institucionalizados y no institucionalizados, factor que de alguna forma modifica el estilo de vida.

Cabe agregar que el parámetro mencionado es especialmente controvertido cuando se emplea en mayores de 50 años, ya que si bien está asociado con el estado de salud, la variación de los compartimientos corporales producto de la sarcopenia o su débil asociación con los índices de mortalidad prematura como lo sugieren los estudios de Tayback, Harris y Grabowski<sup>36–38</sup>, en discrepancia con lo revelado por Jankowski y Bannerman<sup>39,40</sup>, invitan a emplear otros procedimientos complementarios de cara a evitar interpretaciones y reflexiones de resultados errados.

Por otro lado, el porcentaje de masa grasa encontrado de  $52,45 \pm 4,75$  es mayor al que se ofrece en una muestra cubana (mujeres: 40,41%)<sup>41</sup>, con lo observado en una comunidad mexicana (mujeres: 43,77%)<sup>42</sup>, y con lo publicado en una población mayor catalana, resaltando que en ellos se emplearon las ecuaciones de Siri y Brozeck para su cálculo, las cuales fueron aplicadas en el presente estudio y excluidas por sobreestimar los valores<sup>35</sup>. No obstante, debe aclararse que al observar los percentiles, el 75% de los elementos se encuentran en una cifra inferior al 45%, que si bien sigue siendo un dato elevado, es un valor común encontrado en estas edades que corresponde a los registros publicados con otros procedimientos como la bioimpedancia usada en otros trabajos<sup>43,44</sup>.

Tabla 4

Correlaciones de las variables de perfil general con las de fuerza explosiva y funcionalidad

Perfil general	Fuerza explosiva	Nivel de significación	Funcionalidad	Nivel de significación
Edad (años)	Tiempo SJ (ms)	r = -0,35; p = 0,001	Velocidad 30 (s)	r = -0,48; p = 0,0001
	Altura SJ (cm)	r = -0,35; p = 0,001	Velocidad agilidad (s)	r = -0,40; p = 0,0001
	Velocidad SJ (m/s)	r = -0,31; p = 0,004	Equilibrio dinámico	NS
	Tiempo CMJ (ms)	r = -0,31; p = 0,004		
	Altura CMJ (cm)	r = -0,33; p = 0,002		
	Velocidad CMJ (m/s)	r = -0,37; p = 0,002		
	Tiempo CMJas (ms)	r = -0,40; p = 0,0001		
	Altura CMJas (cm)	r = -0,41; p = 0,0001		
	Velocidad CMJas (m/s)	r = -0,47; p = 0,0001		
IMC	Tiempo SJ (ms)	r = -0,63; p = 0,001	Velocidad 30 (s)	NS
	Altura SJ (cm)	r = -0,66; p = 0,001	Velocidad agilidad (s)	NS
	Velocidad SJ (m/s)	r = -0,61; p = 0,001	Equilibrio dinámico	NS
	Tiempo CMJ (ms)	r = -0,57; p = 0,001		
	Altura CMJ (cm)	r = -0,61; p = 0,001		
	Velocidad CMJ (m/s)	r = -0,55; p = 0,002		
	Tiempo CMJas (ms)	r = -0,67; p = 0,0001		
	Altura CMJas (cm)	r = -0,67; p = 0,0001		
	Velocidad CMJas (m/s)	r = -0,61; p = 0,0001		
Porcentaje graso (%)	Tiempo SJ (ms)	r = -0,59; p = 0,001	Velocidad 30 (s)	NS
	Altura SJ (cm)	r = -0,58; p = 0,001	Velocidad agilidad (s)	NS
	Velocidad SJ (m/s)	r = -0,56; p = 0,001	Equilibrio dinámico	NS
	Tiempo CMJ (ms)	r = -0,56; p = 0,001		
	Altura CMJ (cm)	r = -0,56; p = 0,001		
	Velocidad CMJ (m/s)	r = -0,55; p = 0,002		
	Tiempo CMJas (ms)	r = -0,65; p = 0,0001		
	Altura CMJas (cm)	r = -0,64; p = 0,0001		
	Velocidad CMJas (m/s)	r = -0,60; p = 0,0001		

CMJ: salto con contramovimiento; CMJas: salto con contramovimiento y balanceo de brazos; IMC: índice de masa corporal; NS: no significativo; SJ: salto vertical.

que sugieren un valor de 40,5% para mujeres entre los 55-64 años, un margen aceptable en relación a la edad y la condición física.

Otro dato interesante hace relación a la masa muscular con un valor de  $33,91 \pm 3,68$  la cual es notablemente baja y coincide con las pérdidas informadas en algunas investigaciones<sup>45</sup> (masa magra:  $30,37 \pm 7,83$ ) o con cifras menos optimistas con mayores de 85 años usando bioimpedanciometría<sup>43</sup>, lo cual advierte de una pérdida acusada y acelerada de masa muscular para la muestra, a pesar de que el valor correspondiente del percentil 50 se encuentra en el 36,57% y, coincide con lo publicado para el mismo rango de edad. Se debe aclarar que los factores intrínsecos y extrínsecos que pueden influir en el fenómeno de pérdida de masa muscular son variados, pero se ha revelado decrecimientos de 3 kg de masa muscular por década, después de los 50 años donde están implicados cambios de tipo neural, estructural y hormonal, que vienen siendo sugeridos en diversos estudios y revisiones<sup>13,20,46</sup>.

#### Relacionadas con la expresión de independencia funcional

Otro aspecto evaluado se relaciona con la expresión de 3 componentes como son la velocidad, la velocidad agilidad y el equilibrio dinámico con pruebas de campo, que en su conjunto influyen de manera considerable sobre el nivel de independencia funcional y que para el estudio no presentaron ninguna amenaza de tipo cardiovascular atendiendo al indicador de la frecuencia cardiaca, que se mantuvo en unos rangos aceptables para la edad, el género y el nivel de actividad física.

Para el caso de la velocidad, el valor presentado por la muestra de  $9,39 \pm 1,92$  s va en línea con el deterioro informado por varios autores<sup>8,12,20,47,48</sup>. Los trabajos mencionados revelan una asociación de los valores con el deterioro neural (cambios en los patrones de activación agonista/antagonista), estructural (pérdida de fibras musculares, *Fast Twitch* [FT]) y cambios en la composición corporal,

Tabla 5

Correlaciones entre las variables de funcionalidad y las de fuerza explosiva

Ítems considerados en la funcionalidad	Fuerza explosiva	Nivel de significación
Velocidad-agilidad 30 m (s)	Tiempo SJ (ms)	r = -0,52; p = 0,0001
	Altura SJ (cm)	r = -0,52; p = 0,0001
	Velocidad SJ (m/s)	r = -0,46; p = 0,0001
	Tiempo CMJ (ms)	r = -0,47; p = 0,0001
	Altura CMJ (cm)	r = -0,47; p = 0,0001
	Velocidad CMJ (m/s)	r = -0,44; p = 0,0001
	Tiempo CMJas (ms)	r = -0,52; p = 0,0001
	Altura CMJas (cm)	r = -0,53; p = 0,0001
	Velocidad CMJas (m/s)	r = -0,43; p = 0,0001
	Tiempo SJ (ms)	r = -0,34; p = 0,002
Velocidad lisa 30 m(s)	Altura SJ (cm)	r = -0,33; p = 0,001
	Velocidad SJ (m/s)	r = -0,35; p = 0,001
	Tiempo CMJ (ms)	r = -0,31; p = 0,003
	Altura CMJ (cm)	r = -0,32; p = 0,002
	Velocidad CMJ (m/s)	r = -0,45; p = 0,001
	Tiempo CMJas (ms)	r = -0,42; p = 0,0001
	Altura CMJas (cm)	r = -0,43; p = 0,0001
	Velocidad CMJas (m/s)	r = -0,40; p = 0,0001

que consecuentemente impacta la capacidad de trasladar el cuerpo en el espacio en el menor tiempo posible.

Ahora bien, en una tarea como la prueba de velocidad agilidad que requiere cambios de aceleración, el valor de  $12,93 \pm 1,59$  s reafirma los datos presentados en otros escritos donde se revelan unos valores pobres entre varones y mujeres dadas las modificaciones en la mecánica de la carrera, las relaciones entre la estatura y edad, así como la incidencia de la edad con la cadencia y la longitud de paso<sup>12,49,50</sup>.

Para el caso del equilibrio dinámico, los valores de  $21,97 \pm 8,01$  s son relativamente inferiores a otros trabajos ( $24,1 \pm 6,7$ / $24,1 \pm 8,1$ )<sup>29,51</sup>, aunque ligeramente superiores a otros datos reportados ( $19,88 \pm 7,73$ )<sup>13</sup>, lo cual revela una capacidad pobre considerando la frecuencia de las sesiones de actividad física y la duración de las mismas, máxime cuando los tiempos comparados se extraen de muestras físicamente activas.

#### Relacionada con la fuerza explosiva

En términos generales los valores para la altura en SJ ( $12,33 \pm 3,05$  cm), CMJ ( $13,18 \pm 3,04$  cm) y CMJas ( $14,80 \pm 7,90$  cm) reflejan una pérdida importante de fuerza explosiva que viene siendo documentada donde se presentan cifras de SJ ( $2,69 \pm 7,01$ ) y CMJ ( $13,90 \pm 4,01$ ) con sujetos de características parecidas, empleando protocolos idénticos, incluso con otros procedimientos de laboratorio y campo<sup>12,13,20,45</sup>.

En la explicación del fenómeno son varios los estudios que establecen un origen multicausal donde destacan las evidencias presentadas en relación a la sarcopenia, la reducción de la activación nerviosa, el deterioro de las neuronas motoras (alfa), muerte neuronal, cambios en los patrones electroquímicos (alteraciones de

neurotransmisores) y hormonales (variaciones en las concentraciones de testosterona, cortisol, hormona del crecimiento), entre otros<sup>16,17,19,50,52-56</sup>, que han revelado un efecto importante sobre la expresión de fuerza máxima y explosiva con consecuencias para el nivel de independencia funcional detectadas en 2 momentos críticos como son la menopausia o el inicio de la vejez a partir de los 60 años.

#### Correlaciones del perfil general con las pruebas de fuerza explosiva y funcionalidad

Tanto el IMC como el porcentaje de grasa presentan relaciones estadísticamente significativas con la fuerza explosiva. Esta relación inversamente proporcional demuestra una disminución en la fuerza explosiva con el aumento del peso corporal y el porcentaje de tejido adiposo, hallazgos que se relacionan bien con los cambios en la composición corporal de los adultos mayores y que incluyen, no solo el aumento del tejido adiposo<sup>57</sup>, sino una pérdida de masa muscular<sup>58</sup>, ambas con efectos bien reconocidos sobre la salud del adulto mayor<sup>59</sup>.

Dado que también fue posible demostrar una relación entre la fuerza explosiva y las pruebas propuestas de funcionalidad e independencia del adulto mayor, es posible vincular la fuerza explosiva a modelos de evaluación en dicha población como ha sido sugerido en algunos modelos de intervención<sup>60</sup>.

Para finalizar, considerando las cifras estadísticas sobre el crecimiento de la población mayor y su proyección futura, las implicaciones económicas y sociales que dicho fenómeno conlleva, así como los cambios económicos que determinan recortes sanitarios importantes, se hace necesario acudir a procedimientos de control diagnóstico alternativo que facilite la labor intervención dentro de

los programas de promoción de la salud y prevención de la enfermedad. Como parte de ese aporte, los datos presentados revelan que la evaluación de la fuerza explosiva y la composición corporal nos provee de herramientas de fácil acceso que contribuyen a la cuantificación de la calidad de vida e independencia de nuestros adultos mayores y permiten enriquecer los programas de salud pública.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por la unidad de investigación de la Universidad Santo Tomás, para el desarrollo de esta investigación y la publicación de los resultados.

## Bibliografía

1. Ramírez JF. Fuerza, funcionalidad y envejecimiento: consideraciones y perspectivas para su intervención. Primera ed Bogotá: Universidad Santo Tomás; 2011.
2. Tallis R, Howard F. Geriatría Brocklehurst's. Madrid: Marbán; 2007.
3. Ahn N, Meseguer JA, Herce SM. Gasto sanitario y envejecimiento de la población española. Fundación BBVA. 2003:5-79.
4. DANE. Estudios Pos-Censales No 7. Bogotá: DANE; 2009.
5. ONU, Organización de Naciones Unidas. Francia: Editorial Naciones Unidas; 2007.
6. Bosco C. La fuerza muscular: aspectos metodológicos. Primera ed Barcelona: INDE; 2000.
7. Cometti G. Los Métodos modernos de musculación. Barcelona: Paidotribo; 1989.
8. Doherty TJ, Brown WF. Age-related changes in the twitch contractile properties of human thenar motor units. *J Appl Physiol*. 1997;82:93-101.
9. Häkkinen K, Pakarinen A. Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly males and females. *Acta Physiol Scand*. 1994;150:211-9.
10. American College of Sports Medicine Position Stand (ACSM). Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:992-1008.
11. Lord SR, Sherrington C, Menz HB, Close JC. Falls in older people: risk factors and strategies for prevention. Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
12. Ramírez JF, Viana B, Gómez J, Silva M, Núñez V, Lancho J. Características antropométricas, de velocidad de movimiento y equilibrio dinámico en mayores físicamente activos. *Arch Med Deporte*. 2006;2:1-14.
13. Ramírez JF, Da Silva M, Lancho J. Influencia de un programa de entrenamiento con saltos en la fuerza explosiva, la velocidad de movimiento y el equilibrio dinámico de varones longevos. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2007;42:218-26.
14. Skelton DA, Kennedy J, Rutherford O. Lower limb muscle strength and power in community dwelling female fallers and non-fallers aged over 65 years. *J Physiol*. 2001;531:548.
15. National Health Medical Research Council. Exercise and the older people. Australia: Report of the health care committee; 1994.
16. Häkkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83:51-62.
17. Häkkinen K, Kraemer WJ, Pakarinen A, Triplett-McBride T, McBride JM, Häkkinen A, et al. Effects of heavy resistance/power training on maximal strength, muscle morphology, and hormonal response patterns in 60-75-year-old men and women. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:213-31.
18. Izquierdo M. Activación Neural área de la sección transversal y producción de fuerza de los músculos extensores de los miembros inferiores. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de 40 y 70 años. León, España: Universidad de León; 1997.
19. Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol*. 1999;87:982-92.
20. Ramírez JF, Melo C, Laverde R. Análisis de la relación entre la potencia, la capacidad anaeróbica y la velocidad desplazamiento en varones entre 50 y 60 años de edad con historia de entrenamiento aeróbico. Archivos de medicina. 2009;5:1-10.
21. ACSM's. Guidelines for Exercise Testing Prescription (ACSM). 8.<sup>a</sup> ed. Lippincott: Williams & Wilkins; 2009.
22. Esparza F. Manual de cineantropometría. Monografías de FEDEME. 1.<sup>a</sup> ed. Pamplona, España: FEDEME; 1993.
23. Behnke AR, Wilmore JH. Evaluation and regulation of body build and composition. New York: Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall; 1974.
24. 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.
25. Doupé MB, Martin AD, Searle DM, 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.
26. Rocha MSL. Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 anos. Arquivos de Anatomia e Antropología. 1975;1:445-51.
27. Würch A. La femme et le sport. *Med Sport Francaise*. 1973;2:25.
28. Quetelet A. Anthropométrie, ou Mesure des différentes facultés de l'homme. Muquardt: Bruselas; 1871.
29. Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenberg RA, Evans WJ. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. *JAMA*. 1994;272:1909-14.
30. Grosser M, Starischka S. Test de la condición física. Barcelona, España: Martínez Roca; 1988.
31. Fetz F, Kornexl E. Test deportivo motores. Buenos Aires: Kapeluz; 1976.
32. Bosco C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: Paidotribo; 1994.
33. Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Pichard C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*. 2001;17:534-41.
34. Moore M. Nutrición y dietética: guía clínica de enfermería. 2.<sup>a</sup> ed. Clarksville, Tennessee: Mosby; 1994.
35. Rodríguez NG, Herrera HA, Luque MC, Hernández RA, Hernández de Valera Y. Caracterización antropométrica de un grupo de adultos mayores de vida libre e institucionalizados. *Antropo*. 2004;8:57-71.
36. Tayback M, Kumanyika S, Chee E. Body weight as a risk factor in the elderly. *Arch Intern Med*. 1990;150:1065-72.
37. Harris T, Cook EF, Garrison R, Higgins M, Kannel W, Goldman L. Body mass index and mortality among nonsmoking older persons. The Framingham Heart Study. *JAMA*. 1988;259:1520-4.
38. Grabowski DC, Ellis JE. High body mass index does not predict mortality in older people: analysis of the Longitudinal Study of Aging. *J Am Geriatr Soc*. 2001;49:968-79.
39. Jankowski CM, Gozansky WS, Van Pelt RE, Schenkman ML, Wolfe P, Schwartz RS, et al. Relative contributions of adiposity and muscularity to physical function in community-dwelling older adults. *Obesity*. 2008;16:1039-44.
40. Bannerman E, Miller MD, Daniels LA, Cobiac L, Giles C, Whitehead C, et al. Anthropometric indices predict physical function and mobility in older Australians: the Australian Longitudinal Study of Ageing. *Public Health Nutr*. 2002;5:655-62.
41. Velázquez MC, Castillo L, Irigoyen E, Zepeda M, Gutiérrez LM, Cisneros P. Estudio antropométrico en un grupo de mujeres y hombres de la tercera edad en la Ciudad de México. *Salud Pública Mex*. 1996;38:466-74.
42. Prado C, Carmenante MM, Martínez AJ, Díaz ME, Toledo EM. Composición corporal e hipertensión arterial en ancianos de la Habana Cuba. *Antropo*. 2001;1:11-22.
43. Kyle UG, Genton L, Hans D, Kasegard VL, Michel JP, Slosman DO, et al. Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. *J Am Geriatr Soc*. 2001;49:1633-40.
44. Guerra RS, Amaral TF, Marques E, Mota J, Restivo MT. Accuracy of Siri and Brozek equations in the percent body fat estimation in older adults. *J Nutr Health Aging*. 2010;14:744-8.
45. González J, Delgado M, Contreras O, Vaquero M. Variaciones antropométricas y de fuerza entre personas de 50 a 70 años de edad practicantes de atletismo y gimnasia de mantenimiento. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2003;38:79-85.
46. Chapman IM. Obesity in old age. *Front Horm Res*. 2008;36:97-106.
47. Cuoco A, Callahan DM, Sayers S, Frontera WR, Bean J, Fielding RA. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004;59:1200-6.
48. Sayers S, Guralnik JM, Thombs LA, Fielding RA. Effect of leg muscle contraction velocity on functional performance in older men and women. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53:467-71.
49. Korhonen M. Effects of Aging and Training on Sprint Performance, Muscle Structure and Contractile Function in Athletes. Jyväskylä, Finlandia: Universidad de JYVÄSKYLÄ; 2009.
50. Grimby G, Saltin B. The ageing muscle. *Clin Physiol*. 1983;3:209-18.
51. Cho BL, Scarpace D, Alexander NB. Tests of stepping as indicators of mobility, balance, and fall risk in balance-impaired older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:1168-73.
52. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knutgen HG, Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*. 1988;64:1038-44.
53. Hurley BF, Hagberg JM. Optimizing health in older persons: aerobic or strength training? *Exerc Sport Sci Rev*. 1998;26:61-89.
54. Katzman R, Terry R. Normal aging of the nervous system. En: Katzman R, Rowe JW, editores. *Principles of Geriatric Neurology*. Filadelfia: Davis; 1992. p. 18-58.
55. Pradhan SN. Central neurotransmitters and aging. *Life Sci*. 1980;19:1643-56.
56. Rice CL, Cunningham DA, Paterson DH, Dickinson JR. Strength training alters contractile properties of the triceps brachii in men aged 65-78 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1993;66:275-80.
57. Zamboni M, Mazzali G, Fantin F, Rossi A, Di Francesco V. Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008;18:388-95.
58. Thomas DR. Loss of skeletal muscle mass in aging: examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clin Nutr*. 2007;26:389-99.
59. Butler J, Rodondi N, Zhu Y, Figaro K, Fazio S, Vaughan DE, et al. Metabolic syndrome and the risk of cardiovascular disease in older adults. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:1595-602.
60. Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone MA. Effect of power-training intensity on the contribution of force and velocity to peak power in older adults. *J Aging Phys Act*. 2008;16:393-407.