

Cuesta-Vargas, A.; Giné-Garriga, M. y González-Sánchez, M. (2015) Función física entre subgrupos de mayores de 55 años físicamente activos / Physical Function Among Olders Subgroups Physically Active. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 15 (59) pp. 543-558.  
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista59/artfuncion622.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista59/artfuncion622.htm)  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2015.59.009>

## ORIGINAL

### FUNCIÓN FÍSICA ENTRE SUBGRUPOS DE MAYORES DE 55 AÑOS FÍSICAMENTE ACTIVOS

### PHYSICAL FUNCTION AMONG OLDERS SUBGROUPS PHYSICALLY ACTIVE

Cuesta-Vargas, A.<sup>1,2</sup>; Giné-Garriga, M.<sup>3,4</sup> y González-Sánchez, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Málaga, Málaga, España. Departamento de psiquiatría y fisioterapia. [acuesta@uma.es](mailto:acuesta@uma.es); [mgsa23@uma.es](mailto:mgsa23@uma.es)

<sup>2</sup>School of Clinical Sciences in Faculty of Health at Queenslan University Technology, Brisbane, Australia.

<sup>3</sup>FCS Blanquerna. Universitat Ramon Llull, Barcelona, España. Departamento de fisioterapia. [mariagg@blanquerna.url.edu](mailto:mariagg@blanquerna.url.edu)

<sup>4</sup>FPCEE Blanquerna. Universitat Ramon Llull, Barcelona, España. Departamento de ciencias de la actividad física y del deporte. [mariagg@blanquerna.url.edu](mailto:mariagg@blanquerna.url.edu)

#### AGRADECIMIENTOS O FINANCIACIÓN

Los autores declaran que no haber recibido apoyo de ningún tipo para la publicación de este artículo. Asimismo declaran que no poseen ningún conflicto de interés para la publicación de este artículo.

**Código UNESCO / UNESCO code:** 3213.11 Fisioterapia / Physiotherapy

**Clasificación Consejo de Europa / Classification Council of Europe:** 14 Fisioterapia y rehabilitación / Physiotherapy and Rehabilitation.

**Recibido** 30 de junio de 2012 **Received** June 30, 2012

**Aceptado** 20 de junio de 2013 **Accepted** June 20, 2013

#### RESUMEN

Objetivo: analizar de qué manera la capacidad neuromuscular de producir fuerza explosiva e isotónica máxima, en los miembros inferiores y en la espalda, contribuyen al equilibrio en mayores diferenciando dicha respuesta a partir de la edad y del género de los sujetos..

Material y método: 113 mayores participaron en este estudio donde se instrumentalizaron pruebas comunes (extensión lumbar, salto con

contramovimiento, test del alcance funcional y prueba de levántate y anda) para medir la capacidad neuromuscular de la fuerza y medición del equilibrio. Se distribuyeron los grupos por sexo y a partir de un análisis de subgrupos en función de la edad de los participantes.

Resultados: en función del sexo y de la edad, las personas mayores muestran respuestas diferentes ante los mismos estímulos, ofreciendo un mayor rendimiento los hombres más jóvenes, y un menor rendimiento las mujeres mayores. Además, se han comprobado correlaciones significativas entre variables funcionales y de la capacidad neuromuscular de la fuerza que oscila entre 0.497 y 0.811 en el subgrupo de mujeres y entre 0.416 y 0.833 en el subgrupo de hombres.

Conclusiones: la edad y el género en personas mayores actúan como un condicionante negativo del rendimiento durante la ejecución de tareas funcionales y pruebas para medir la capacidad neuromuscular de la fuerza.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de subgrupos, fuerza, equilibrio, asesoramiento, caída.

## **ABSTRACT**

Objective: To analyze how the neuromuscular ability to produce force (maximal isotonic and explosive force), by lower limb and back muscles, contributes to explain the balance capacity in healthy elders. The analysis considers the age and gender of the participants.

Material and Method: one hundred and thirteen healthy older participated in the present study were common physical test were instrumentalized (lumbar extension, functional reach test and get up and go test) to measure maximal force and balance. The analysis was developed considering gender and age of the participants.

Results: considering the age and gender of the participants, it could argue that older people show different responses to the same stimuli, providing higher performance by younger men and lower performance by older women. Furthermore, significant correlations were found between variables and the ability to perform functional task and neuromuscular force test between 0.497 and 0.811 for women subgroup and between 0.416 and 0.833 for men subgroup.

Conclusions: There are two negative conditions that affect the performance of functional tasks that analyze the strength or balance of people: Gender, the yield in less women than men, and age where older elderly showed lower performance on the tasks requested.

**KEYWORDS:** Cluster analysis, strength, balance, assessment, accidental fall

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de envejecimiento se presenta una reducción de la masa del músculo esquelético (sarcopenia) y la atrofia progresiva de las fibras musculares, la cual se asocia con la debilidad muscular (Aagaard, Magnusson, Larsson, Kjaer & Krustrup, 2007; Katsiaras et al, 2005). Asimismo, la pérdida de fuerza asociada a la edad es la causa principal de discapacidad y pérdida de independencia de las personas mayores (Kannus P, Sievänen H, Palvanen M, Järvinen T & Parkkari, 2005; Katsiaras et al, 2005). La reducción de la respuesta neuromuscular tiene una prevalencia en las personas mayores a partir de los 60 años del 30%, aumentando exponencialmente a medida que el individuo se hace más mayor (Doherty, 2003). Actividades de la vida diaria, como sentarse y levantarse de una silla, subir escaleras, andar fluidamente o la capacidad de contrarrestar perturbaciones inesperadas en la posición del cuerpo y el equilibrio postural, se ven negativamente afectadas por la reducción de la respuesta neuromuscular (Kannus et al, 2005; Tinetti, Speechley & Ginter, 1988).

La capacidad para mantener el equilibrio es utilizada como indicador del estado general de salud en personas mayores (Studenski et al, 2011). Además, también ha sido utilizada como predictor a la hora de determinar el riesgo de caídas (Verghese et al, 2009), demencia (Verghese, Wang, Lipton, Holtzer & Xue, 2007) o incluso la posibilidad que la persona sea ingresada en estructuras de asistencia institucionalizadas (Abellan Van Kan et al, 2009).

El deterioro de los sistemas sensoriales periféricos es otro proceso normal durante el envejecimiento (Daubney & Culham, 1999; Fried Bandeen-Roche, Chaves & Johnson 2000; Hardy, Perera, Roumani, Chandler & Studenski, 2007; Lezzoni, McCarthy, Davis & Siebens, 2000; Tinetti et al, 1988) que afecta negativamente a la capacidad para desarrollar las actividades de la vida diaria (Fried et al, 2000) (AVD) Sin embargo, se ha comprobado que un programa de rehabilitación neurogeriátrica permite mejorar la destreza en las AVD (Lord, Sherrington & Menz, 2001). Este tipo de programas pueden integrarse como parte de un programa de valoración, intervención y control desarrollado por un equipo multidisciplinar de promoción de la condición física para la práctica saludable del ejercicio físico, deportivo y terapéutico, en estructuras comunitarias de promoción de la salud (Cuesta-Vargas, 2008).

Por su sencillez, validez y fiabilidad, la Prueba de Alcance Funcional (PAF) (Duncan, Weiner, Chandler & Studenski, 1990) y la prueba levántate y anda extendida (LAE) (Podsiadlo & Richardson, 1991) son dos herramientas muy utilizadas para estimar el equilibrio estático y dinámico. Una pérdida de la capacidad neuromuscular para generar fuerza favorece, directa e indirectamente, la pérdida de equilibrio por parte de la persona (Daubney &

Culham 1999, Liu et al, 2006). Por otro lado, se ha observado como existe una diferencia en la respuesta ofrecida por los mayores en función del género (Komi & Bosco 1978; Kuh, Bassey, Butterworth, Hardy & Wadsworth, 2005). Diversos estudios han podido demostrar cómo a medida que avanza la edad de la persona mayor se produce una pérdida de la capacidad neuromuscular de producir fuerza explosiva (Izquierdo, Aguado, González, López & Hakkinen, 1999; Liu et al, 2006).

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este estudio es analizar de qué manera la capacidad neuromuscular de producir fuerza explosiva e isotónica máxima, en los miembros inferiores y en la espalda, contribuyen al equilibrio en mayores diferenciando dicha respuesta a partir de la edad y del género de los sujetos.

El objetivo secundario de este estudio es evaluar el grado de interacción de estas capacidades neuromusculares durante la ejecución de tareas funcionales.

## **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

**3.1. Participantes:** 113 voluntarios aceptaron participar en el estudio de los 126 que fueron reclutados en una instalación deportiva y dos centros de atención primaria. Se formaron cuatro grupos en base al sexo y edad de los participantes. Todos los participantes de este estudio realizaban un mínimo de 30 minutos de actividad física moderada al menos 5 veces a la semana, por lo que podrían ser catalogados como físicamente activos. Criterios de exclusión de los voluntarios: no poder caminar, tener un diagnóstico de demencia grave, de manera que hiciese imposible la comprensión y el seguimiento de las instrucciones verbales dadas, haber sufrido un infarto de miocardio, una fractura de cadera, tener implantada una prótesis de rodilla o cadera en los últimos 6 meses y/o haber sufrido un ictus.

Todos los participantes dieron voluntariamente su consentimiento informado expreso, siguiendo las directrices de la declaración de Helsinki de 1964 donde se establecen los principios éticos para toda investigación con humanos y que ha ido actualizándose en sucesivas asambleas de la World Medical Association (Declaración Helsinki). Además este estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Málaga.

### **3.2 Procedimiento**

Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador, mientras que un asistente siempre estuvo presente para asegurar la seguridad de las pruebas. Todas las pruebas fueron realizadas en las mismas condiciones. Además, los investigadores proporcionaron a todos los participantes las mismas instrucciones e indicaciones para la ejecución de cada prueba. Como se indicó previamente, los grupos fueron divididos en base a la edad y al sexo de los participantes.

A cada voluntario se le tomaron medidas antropométricas básicas que permitieran hacer una descripción de cada grupo.

Para medir la capacidad neuromuscular de la fuerza isotónica máxima durante la extensión de tronco se utilizó un dinamómetro digital (PowerTrack®JtechMedical), realizando una modificación del protocolo propuesto por Ito (Müller, Strässle & Wirth, 2010) (figura 1). Los sujetos realizaban una extensión isotónica máxima de tronco desde una posición de decúbito prono registrando de forma automática el pico máximo de fuerza. Esta prueba posee una fiabilidad (calculada a través del cociente de correlación interclase) de entre 0.93 – 0.97 (Müller et al, 2010).



Figura 1: esquema de la prueba de extensión lumbar.

Cada participante realizó tres repeticiones. El registro más alto fue tomado para realizar el análisis de los datos.

La capacidad neuromuscular de la fuerza explosiva fue medida sobre una plataforma de salto (Thesys Globus Ergojump 3000®) donde los voluntarios realizaron tres saltos máximos ejecutados con contramovimiento (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983). El descanso entre cada repetición fue de 10 segundos. Con esta prueba se pretende evaluar la fuerza explosiva de los músculos de las extremidades inferiores tras realizar un ciclo de estiramiento – acortamiento, tomando las medidas del tiempo de vuelo y la altura máxima del salto (Bosco et al, 1983; Moreland, Finch, Stradford, Balsor & Gill, 1997; Ries, Echternach & Nof, 2009). Esta prueba posee una fiabilidad (calculada a través del cociente de correlación interclase) de 0.88 (Moreland et al; 1997).

El test de Duncan o Prueba del Alcance Funcional (PAF) (Duncan et al, 1990) tiene por objetivo medir el equilibrio semi-estático de una persona (Duncan et al, 1990). Cada participante, sin cambiar la posición de los pies, con los brazos extendidos y los hombros flexionados 90 grados, se inclina hacia delante tanto como pueda sin llegar a perder el equilibrio (se interpreta como tal el momento en el que el sujeto debe dar un paso para no caer) y volver a la posición de partida. Se mide la diferencia entre el punto de partida y el punto máximo que la persona puede alcanzar volviendo a la posición inicial. Cada uno de los participantes realizó tres intentos, tomándose el registro más alto para el análisis. Esta prueba posee una fiabilidad (calculada a través del cociente de correlación interclase) de 0.81 (Bogduk, Macintosh & Pearcy, 1992).

Para el equilibrio dinámico, se realizó la prueba levántate y anda extendida (LAE), la cual consiste en que cada una de las personas que la realizan deben levantarse de una silla cuyo apoyo se encuentra a 45 cm de alto, caminar 10 metros hacia delante a velocidad máxima sin llegar a correr, girar, volver a la silla y sentarse nuevamente. Se registró el tiempo parcial desde el inicio de la prueba hasta alcanzar la vertical (tiempo en levantarse) y el total de la prueba en segundos. Esta prueba posee una fiabilidad (calculada a través del cociente de correlación interclase) de 0.985 (Bogduk, Macintosh & Percy, 1992).

### 3.3 Análisis estadístico

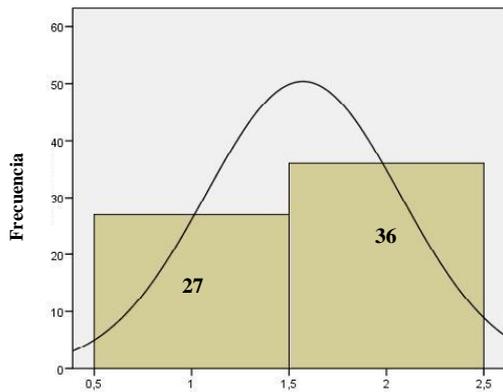
Se realizó un análisis descriptivo con una separación de los grupos en base al género de los participantes. A partir de esta primera división, se hizo un análisis por subgrupos mediante el procedimiento k-medias basada en la distribución de la edad de los participantes. Previo a cualquier análisis, se realizó un estudio de la normalidad de las medidas de resultado mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Seguidamente se realizó un análisis descriptivo (media y desviación estándar) de las respuestas ofrecidas dentro de cada subgrupo. Posteriormente se calcularon las diferencias entre las variables de cada uno de los subgrupos utilizando la prueba T-Student o Wilcoxon en función de si la distribución de la muestra era paramétrica o no paramétrica respectivamente. Por último, se analizó la relación entre las distintas variables de las capacidades neuromusculares de la fuerza registradas en este estudio, para determinar cuáles de ellas pudieran actuar como predictores de las pruebas AF y LAE en ambos géneros y para diferentes grupos de edad. Las diferencias y las correlaciones se consideraron significativas a partir de valores de  $p \leq 0.05$ .

La versión 19.0 del programa informático de tratamiento estadístico SPSS fue utilizado para realizar el análisis de los datos.

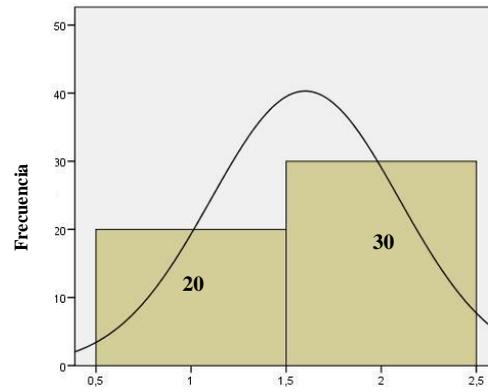
## 4. RESULTADOS

113 mayores activos voluntarios formaron parte de este estudio. 50 hombres y 63 mujeres con un rango de edad que oscilaba entre 55 y 89 años, mostrando una media de edad de 71.49, con mediana a 72.02, el primer cuartil a los 66 años y el tercer cuartil a los 75 años.

En el gráfico 1 y 2 se pueden observar la división realizada en los grupos en base a la edad de los participantes a partir del género de los mismos. En dicha división, lo que se priorizó fue la distancia de los casos desde el centro del gráfico de los subgrupos. En el grupo compuesto por 63 mujeres la distribución de los grupos fue de 27 – 36 participantes ( $GM_J$  y  $GM_M$  respectivamente) con una distancia entre el centro de los grupos de 3.5, mientras que en el grupo de compuesto por hombres, la distribución de los 50 participantes fue de 20 – 30 ( $GH_J$  y  $GH_M$  respectivamente) con una distancia entre el centro de cada subgrupo de 3.2.



**Gráfico 2:** clúster femenino según el número de casos



**Gráfico 1:** clúster masculino según el número de casos

Los resultados para los análisis de subgrupos por k medias en una rango IC95% (55 – 89 años) mostró una media 70.18 años con mediana a 71.3 años y primer cuartil a 65 años y tercer cuartil a 75 años. La tabla 1 muestra, dividido por subgrupos, la edad, las medidas antropométricas y los valores medios de cada variable según la prueba realizada.

**Tabla 1:** características descriptivas de los cuatro grupos a partir de la división por subgrupos.

	<b>MUJERES</b>		<b>HOMBRES</b>	
	<b>GM<sub>J</sub></b> Media (SD)	<b>GM<sub>M</sub></b> Media (SD)	<b>GH<sub>J</sub></b> Media (SD)	<b>GH<sub>M</sub></b> Media (SD)
Edad (años)	<b>63.58</b> (±4.39)	<b>76.48</b> (±4.36)	<b>65.15</b> (±4.48)	<b>75.73</b> (±3.48)
PESO (kg)	<b>71.84</b> (±14.82)	<b>68.61</b> (±13.72)	<b>77.41</b> (±12.82)	<b>74.55</b> (±12.72)
TALLA (m)	<b>1.59</b> (±0.08)	<b>1.55</b> (±0.08)	<b>1.66</b> (±0.06)	<b>1.64</b> (±0.10)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	<b>30.78</b> (±4.66)	<b>30.66</b> (±3.18)	<b>28.88</b> (±5.61)	<b>29.40</b> (±4.11)
Salto_Tiempo_Vuelo (s)	<b>0.29</b> (±0.12)	<b>0.25</b> (±0.13)	<b>0.37</b> (±0.07)	<b>0.28</b> (±0.07)
Salto_Altura (m)	<b>0.20</b> (±0.12)	<b>0.17</b> (±0.11)	<b>0.23</b> (±0.07)	<b>0.19</b> (±0.07)
Extensión_Tronco(N)	<b>33.72</b> (±29.13)	<b>30.99</b> (±27.36)	<b>62.54</b> (±35.82)	<b>53.89</b> (±46.97)
PAF (cm)	<b>26.15</b> (±7.23)	<b>23.04</b> (±6.41)	<b>20.37</b> (±6.59)	<b>19.04</b> (±5.88)
LAE_Bipe (s)	<b>1.27</b> (±1.29)	<b>1.58</b> (±3.22)	<b>0.67</b> (±0.37)	<b>0.96</b> (±0.80)
LAE_Total (s)	<b>15.46</b> (±4.54)	<b>21.09</b> (±4.43)	<b>15.01</b> (±3.90)	<b>18.73</b> (±4.75)
<b>N</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>30</b>

**GM<sub>J</sub>**: Grupo de mujeres jóvenes (menor edad); **GM<sub>M</sub>**: Grupo de mujeres mayores (mayor edad).; **GH<sub>J</sub>**: Grupo de hombres jóvenes (menor edad).

**GH<sub>M</sub>**: Grupo de hombres mayores (mayor edad); **IMC**: índice de masa corporal; **PAF**: Prueba alcance funcional; **LAE**: Extensión de la prueba levántate y anda.

En la tabla 2 se presentan las diferencias entre cada uno de los subgrupos para todas las variables funcionales y de capacidad neuromuscular de la fuerza medidas en este estudio. En dicha tabla se puede observar como todas las diferencias son significativas cuando se comparan los resultados en función de la edad, jóvenes con mayores (sean hombres o mujeres), así a partir del género de los participantes.

**Tabla 2:** Diferencias de medias de cada variable en función del análisis por subgrupos.

	GM <sub>J</sub> – GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub> – GH <sub>J</sub>	GM <sub>J</sub> – GH <sub>M</sub>	GM <sub>M</sub> – GH <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub> – GH <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub> – GM <sub>M</sub>
Salto_Tiempo_Vuelo (s)	<b>0.04**</b> (±0.02)	<b>-0.08**</b> (±0.03)	<b>0.01*</b> (±0.00)	<b>-0.12**</b> (±0.07)	<b>-0.03*</b> (±0.02)	<b>0.09**</b> (±0.03)
Salto_Altura (m)	<b>0.03***</b> (±0.01)	<b>-0.03**</b> (±0.01)	<b>0.01*</b> (±0.00)	<b>-0.06***</b> (±0.02)	<b>-0.02**</b> (±0.01)	<b>0.04**</b> (±0.02)
Extensión_Tronco(N)	<b>2.73***</b> (±0.92)	<b>-28.82***</b> (±9.83)	<b>-20.17***</b> (±9.86)	<b>-31.55***</b> (±15.59)	<b>-22.9***</b> (±8.23)	<b>8.65***</b> (±3.01)
PAF (cm)	<b>3.11*</b> (±1.45)	<b>5.78**</b> (±2.49)	<b>7.11***</b> (±3.07)	<b>2.67**</b> (±1.09)	<b>4.02***</b> (±2.23)	<b>1.33***</b> (±0.68)
LAE_Bipe (s)	<b>-0.31***</b> (±0.11)	<b>0.6***</b> (±0.19)	<b>0.31***</b> (±0.14)	<b>0.91**</b> (±0.42)	<b>0.62***</b> (±0.26)	<b>-0.29**</b> (±0.16)
LAE_Total (s)	<b>-5.63**</b> (±2.06)	<b>0.45**</b> (±0.28)	<b>-3.27**</b> (±1.77)	<b>6.08***</b> (±2.88)	<b>2.36**</b> (±1.38)	<b>-3.72***</b> (±1.76)

Niveles de significación:

GM<sub>J</sub>: Grupo de mujeres jóvenes (menor edad).  
 GM<sub>M</sub>: Grupo de mujeres mayores (mayor edad).  
 GH<sub>J</sub>: Grupo de hombres jóvenes (menor edad).  
 GH<sub>M</sub>: Grupo de hombres mayores (mayor edad).  
 IMC: índice de masa corporal  
 PAF: Prueba alcance funcional  
 LAE: Extensión de la prueba levántate y anda

\* ≤ 0.05  
 \*\* ≤ 0.01  
 \*\*\* ≤ 0.001

En el grupo de mujeres jóvenes, la variable “tiempo de vuelo” muestra una correlación significativa sólo con la otra variable extraída de la misma prueba (altura de vuelo). En el grupo de mujeres mayores, se observa el mismo resultado en la variable “levántate y anda extendida total”, la cual muestra una correlación significativa sólo con la variable “levántate y anda bipedestación”. El resto de correlaciones entre las distintas variables, del grupo de mujeres, se pueden observar dentro de la tabla 3.

**Tabla 3:** correlaciones de las variables en el grupo de mujeres según la edad.

	CNFE Salto Tiempo Vuelo		CNFE Salto Altura		CNFIM Extensión Lumbares		PAF		LAE Bipedest		LAE Total	
	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>	GM <sub>J</sub>	GM <sub>M</sub>
CNFE Salto Tiempo Vuelo	1	1										
CNFE Salto Altura	<b>0.562**</b>	0.068	1	1								
CNFIM Ext Lumbar	0.553	<b>0.831**</b>	-0.440	0.243	1	1						
PAF	0.347	<b>0.594**</b>	-0.249	0.011	0.097	<b>0.811**</b>	1	1				
LAE bipedestación	0.123	<b>0.497**</b>	-0.206	0.195	-0.043	0.456	<b>0.530**</b>	-0.065	1	1		
LAE Total	-0.003	0.242	-0.320	-0.061	-0.149	-0.418	-0.193	-0.228	0.036	<b>0.769**</b>	1	1

GM<sub>J</sub>: Grupo de mujeres jóvenes (menor edad).  
 GM<sub>M</sub>: Grupo de mujeres mayores (mayor edad).  
 CNFE: Capacidad neuromuscular fuerza explosiva.  
 CNFIM: Capacidad neuromuscular fuerza isotónica máxima.  
 PAF: Prueba alcance funcional  
 LAE: prueba levántate y anda extendida

Niveles de significación:  
 \* ≤ 0.05  
 \*\* ≤ 0.01

Por su lado, en la tabla 4 se presentan las correlaciones obtenidas en el grupo de los hombres. Ambas tablas se presentan por pares (incluyendo ambos subgrupos analizados) para favorecer una comprensión de los resultados y, por ende, de una mejor interpretación de los mismos. En el análisis de las correlaciones entre las distintas variables, observamos cómo se correlaciona significativamente la variable LAE total con la variable extraída de la misma prueba (LAE bipedestación), pero sólo en el grupo de hombres mayores. Además se aprecia cómo la PAF se correlaciona significativamente con la altura y el tiempo de vuelo de la CNFE, siempre del grupo de hombres mayores. Por su lado, en el grupo de hombres jóvenes, existen correlaciones significativas entre el tiempo de vuelo de la capacidad neuromuscular de la fuerza explosiva con la capacidad neuromuscular de la fuerza isométrica máxima. Además dentro del grupo de hombres jóvenes existe una correlación significativa entre la extensión lumbar (CNFIM) con el tiempo de vuelo (CNFE) y el tiempo de transición de sedestación a bipedestación. ". El resto de correlaciones entre las distintas variables, del grupo de hombres, se pueden observar dentro de la tabla 4.

**Tabla 4:** correlaciones de las variables en el grupo de hombres según la edad.

	CNFE Salto Tiempo Vuelo		CNFE Salto Altura		CNFIM Extensión Lumbares		PAF		LAE Bipedest		LAE Total	
	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>	GH <sub>J</sub>	GH <sub>M</sub>
CNFE Salto Tiempo Vuelo	1	1										
CNFE Salto Altura	0.016	0.303	1	1								
CNFIM Ext Lumbar	<b>0.576*</b>	-0.134	-0.327	-0.165	1	1						
PAF	0.331	<b>0.499**</b>	-0.054	<b>0.416*</b>	0.347	-0.307	1	1				
LAE bipedestación	0.034	0.270	-0.243	-0.073	<b>0.833**</b>	0.146	-0.133	-0.213	1	1		
LAE Total	-0.386	-0.313	-0.296	-0.188	0.183	0.365	-0.092	-0.280	0.260	<b>0.647**</b>	1	1

GH<sub>J</sub>: Grupo de hombres jóvenes (menor edad).

GH<sub>M</sub>: Grupo de hombres mayores (mayor edad).

PAF: Test alcance funcional

LAE: Extensión de la prueba levántate y anda

CNFE: Capacidad neuromuscular de la fuerza explosiva.

CNFIM: Capacidad neuromuscular de la fuerza isométrica máxima.

Niveles de significación:

\* ≤ 0.05

\*\* ≤ 0.01

## 5. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio era analizar de qué manera la capacidad neuromuscular de producir fuerza explosiva e isotónica máxima, en los miembros inferiores y en la espalda, contribuyen al equilibrio en mayores diferenciando dicha respuesta a partir de la edad y del género de los sujetos. El análisis de todas las variables medidas en este estudio desde un punto de vista cuantitativo y de correlación muestran cómo las medias y la interacción entre las variables analizadas se comportan de forma diferente en función de la edad y el género de los participantes analizados, existiendo un menor rendimiento por parte de las personas mayores (mujeres y hombres) con respecto al grupo de jóvenes,

existiendo menos diferencia entre género, aunque el grupo de hombres mostró un rendimiento ligeramente mayor en cada prueba con respecto de las mujeres. Ante estos resultados, se podría afirmar que el objetivo inicial de partida se considera alcanzado y la hipótesis de partida confirmada.

Analizando los datos observamos cómo el grupo de sujetos se puede dividir en cuatro subgrupos (a partir de la edad y el género de los participantes). Si analizamos los resultados realizando una subdivisión en función de la edad de los participantes, observamos como existe un menor rendimiento por parte de los sujetos que son más mayores, independientemente de si son mujeres u hombres (Tabla 2).

El uso de la prueba LAE para medir capacidades funcionales en personas mayores es muy frecuente (Schoene et al, 2013), siendo especialmente usada para medir el equilibrio semi-estático y dinámico de las personas (Schoene et al, 2013; Takahashi et al, 2006). Analizando los resultados observados en este estudio, se aprecia cómo los componentes de los dos grupos de mayores ( $GM_M$  y  $GH_M$ ) ofrecen un rendimiento menor que los componentes del grupo de jóvenes ( $GM_J$  y  $GH_J$ ) (Tabla 2).

Concretamente, en las dos variables de la prueba LAE se observa un tiempo medio de 1.27 s ( $\pm 1.29$ ) y 15.46 s ( $\pm 4.54$ ) en el  $GM_J$  frente a los 1.58 ( $\pm 3.22$ ) y 21.09 s ( $\pm 4.43$ ) del  $GM_M$  para realizar el  $LAE_{Biped}$  y  $LAE_{Total}$  respectivamente. La misma tendencia se observa en el grupo de hombres, donde los tiempos son de 0.67 ( $\pm 0.37$ ) y 15.01 ( $\pm 3.90$ ) en el  $GH_J$  frente a 0.96 ( $\pm 0.80$ ) y 18.73 s ( $\pm 4.75$ ) en el  $GH_M$  (Tabla 1). Estos resultados se muestran en consonancia con dos revisiones sistemáticas publicadas recientemente donde se afirma que el rendimiento físico está negativamente condicionado por la edad y cambios morfo estructurales que se producen con el paso de los años (McPhee et al, 2013; Vidoni et al, 2012).

Además, la tabla 1 y 2, se observa un menor rendimiento en las pruebas utilizadas para medir las capacidades funcionales para medir fuerza cuando se comparan los mayores ( $GM_M$  y  $GH_M$ ) y los jóvenes ( $GM_J$  y  $GH_J$ ). Se ha demostrado que de forma independiente una menor fuerza, un pobre equilibrio, un mayor miedo a las caídas y una menor destreza para realizar actividades de la vida diaria, se asocia a un mayor riesgo de sufrir caídas. (Janssen, Samson, Meeuwssen, Duursma & Werhaar, 2004; Podsiadlo & Richardson, 1991; Schoene et al, 2013; Takahashi et al, 2006; Tinetti & Kumar, 2010).

Por otro lado, a igualdad de edad, considerando por tanto el género para comparar los grupos, se observa cómo los hombres consiguen un rendimiento mayor en todas las pruebas analizadas, tanto en la prueba LAE cómo en las analíticas destinadas a medir la capacidad neuromuscular de la fuerza. Los hombres consiguen un mayor tiempo de vuelo durante el salto (0.08 s y 0.03 s), una mayor altura en el mismo (0.03 m y 0.02 m), una mayor fuerza en la extensión de tronco (28.82 N y 22.90 N), una mayor velocidad en la transición

sedestación-bipedestación (0.6 s y 0.62 s) y una mayor velocidad en la realización de la prueba LAE completa (0.45 s y 2.36 s) cuando se comparan hombres y mujeres jóvenes y mayores respectivamente. En la única prueba donde se aprecia un mayor rendimiento por parte de las mujeres es en la PAF, con diferencias que oscilan entre los 5.78 cm (al comparar los jóvenes) y 4.00 cm (cuando se comparan los mayores) (Tabla 2).

Estos resultados se muestran en línea con un meta-análisis publicado donde, tras analizar diferentes pruebas físicas entre hombres y mujeres de edades comparables, siempre se observaba un mayor rendimiento en el caso de los hombres (Courtright, McCormick, Postlethwaite, Reeves & Mount, 2013). A pesar de ello, también propone estrategias para reducir las diferencias entre los géneros, como por ejemplo el entrenamiento específico (Courtright et al, 2013).

Por otro lado, observando las correlaciones existentes entre ambos grupos de edad (en el grupo de mujeres) se puede comprobar cómo sólo el grupo 1 muestra una correlación significativa entre la altura del salto y el tiempo de vuelo, aunque dicha correlación es de signo negativo, con lo que se entiende que a mayor tiempo de permanencia en el aire, menor altura de salto consigue la participante. Sin embargo, en el grupo de hombres, en ninguno de los dos subgrupos se consigue una correlación significativa entre ambas variables.

Para mantener la postura, tanto en bipedestación como en sedestación, la musculatura paravertebral juega un papel fundamental (Bogduk et al, 1992). Así, realizando un test sobre la fuerza isométrica máxima de los participantes, se intentó cuantificar esta variable (Figura 1). En los resultados obtenidos, pudimos comprobar cómo esta variable podría predecir el resultado del test de alcance funcional en el grupo de mujeres más numeroso, mostrando un índice de correlación de 0.811, mientras que en el resto de los otros grupos las correlaciones no resultaron ser significativas. Sin embargo, sí se encontró mayor correlación de esta variable en la prueba que medía la CNFE. Encontrando un índice de correlación en el mismo grupo de mujeres más alto que en la PAF (0.831 contra 0.811). Asimismo, se encontró significación entre el tiempo de vuelo y la extensión isocinética lumbar en el GH<sub>J</sub> (0.576).

Se ha demostrado que la LAE es una prueba con una alta validez y fiabilidad a la hora de identificar deficiencias del equilibrio en mayores (Podsiadlo & Richardson, 1991). Así, si analizamos la correlación existente entre las dos variables de la LAE (bipedestación y total) dentro de cada subgrupo, observamos cómo LAE<sub>bipedestación</sub> en el grupo de mujeres se muestra significativa cuando se correlaciona con el tiempo de vuelo, (0.497), el PAF (0.530) y con el LAE<sub>total</sub> (0.769). Sin embargo, estas correlaciones no se ciernen sobre el mismo grupo, sino que las dos primeras lo hacen en el grupo menos numeroso (GM<sub>J</sub>) y la correlación entre las variables de la LAE lo hacen en el otro (GM<sub>M</sub>). Este punto de significación es el único que muestra la variable LAE<sub>total</sub> con todas las restantes, lo que implica que ninguna variable medida podría ser un predictor del equilibrio dinámico en el grupo de mujeres, salvo en aquella en la que la mujer pasa de una posición de sedestación a bipedestación.

Por su lado, en el grupo masculino, parece que existe una alta correlación entre las variables  $LAE_{bipedestación}$  y la extensión lumbar, en el  $GH_J$ , y moderada con la  $LAE_{total}$ , en  $GH_M$ . Parece pues que aquellos participantes que consiguieron un mayor registro en la fuerza isotónica de los extensores de espalda, poseen menor destreza a la hora realizar la transferencia de sedestación a bipedestación. Sin embargo, aquellos que fueron capaces de realizar de manera más rápida dicho paso, parecen poseer un equilibrio dinámico mayor confirmado por el menor tiempo implicado en la realización total de la LAE.

Existe una prueba modificada de la LAE (MLAE), que ha demostrado validez y fiabilidad a la hora de identificar los distintos niveles funcionales en las personas mayores (Giné-Garriga, Guerra, Marí-Dell'Olmo, Martin & Unnithan, 2009). En base a lo observado en este estudio se podría profundizar en la relación existente entre la capacidad de pasar de sedestación a bipedestación y la valoración del equilibrio dinámico de la persona ya sea a través de la LAE realizándose totalmente como de modificaciones de las mismas que consideren otros aspectos subjetivos de los mayores.

La inclusión de ambas tipologías de pruebas, funcionales y para medir las capacidad neuromuscular de la fuerza, dentro de este estudio, permite realizar un doble estudio, centrado en actividades analíticas que posteriormente se integran en actividades funcionales, lo que puede ayudar a planificar estrategias de intervención sobre los mayores para minimizar los efectos de la edad y enfocar la actividad terapéutica sea de forma analítica sea integrándola en actividades y gestos cotidianos.

Entre las fortalezas que presenta este estudio, cabría destacar que se trata del primer ensayo en el que se estudia el comportamiento de capacidades físicas básicas de manera analítica y global en personas mayores extrayendo los resultados a partir de la creación de subgrupos en función del sexo y la edad de los participantes aunque, para hacer esto último, no se tiene en cuenta una el dato cronológico de la vida del voluntario sino la respuesta ofrecida en las diferentes pruebas realizadas. La principal debilidad que se le puede atribuir a este estudio es la falta de voluntarios que ayuden a reforzar los resultados obtenidos y permitiendo, a su vez, una profundización en las causas que provocan las respuestas observadas en los distintos subgrupos de análisis estudiados.

## 6. CONCLUSIÓN

La principal conclusión a la que podríamos llegar en este estudio es que en función de la edad y del género, las personas mayores muestran respuestas diferentes ante los mismos estímulos. Observándose cómo las diferencias en algunas capacidades funcionales son mayores en función de la edad y otras en función del género de los participantes. Esto nos debería animar a identificar

cuáles son aquellas variables que se ven más mermadas en los mayores haciendo criterios de selección en función del género y edad de los participantes.

Estos hallazgos, junto con otros estudios futuros podrían ayudar a planear estrategias de intervención en este grupo poblacional ayudando a minimizar los efectos negativos que sobre la condición física tiene el paso de los años.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Aagaard. P., Magnusson, P.S., Larsson, B., Kjaer, M., Krstrup, P. (2007). Mechanical muscle function, morphology, and fiber type in lifelong trained elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 39,1989-1996. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e31814fb402>
2. Abellan van Kan, G., Rolland, Y., Andrieu, S., Bauer, J., Beauchet, O., Bonnefoy, M.,... Vellas, B. (2009). Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *J Nutr Health Aging*, 13, 881-889. <http://dx.doi.org/10.1007/s12603-009-0246-z>
3. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. (2001). Guideline for the prevention of falls in older persons. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 49: 664–672. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1532-5415.2001.49115.x>
4. Bogduk, N., Macintosh, J.E., Pearcy, M.J. (1992). A universal model of the lumbar back muscles in the upright position. *Spine*, 17, 897–913. <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199208000-00007>
5. Bosco, C., Luhtanen, P., Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983; 50: 273-282. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00422166>
6. Courtright, S.H., McCormick, B.W., Postlethwaite, B.E., Reeves, C.J., Mount, M.K. (2013). A Meta-Analysis of Sex Differences in Physical Ability: Revised Estimates and Strategies for Reducing Differences in Selection Contexts. *J Appl Psychol*, 3. <http://dx.doi.org/10.1037/a0033144>
7. Cuesta-Vargas, A.I. (2008). Filtro de salud previo a la práctica deportiva saludable. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 29.
8. Daubney, M.E., Culham, E.G. (1999). Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther*, 79, 1177-1185.
9. Doherty, T.J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*, 95, 1717-1727. <http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.00347.2003>
10. Duncan, P.W., Weiner, D.K., Chandler, J., Studenski, S. (1990). Functional Reach: A new clinical measure of balance. *J Gerontol*, 45, M192-197. <http://dx.doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>
11. Fried, L.P., Bandeen-Roche, K., Chaves, P.H., Johnson, B.A. (2000). Preclinical mobility disability predicts incident mobility disability in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55A, M43-52.
12. Giné-Garriga, M., Guerra, M., Marí-Dell'Olmo, M., Martín, C., Unnithan, V.B. (2009). Sensitivity of a modified version of the 'Timed Get Up and Go' Test to

- predict fall risk in the elderly: a pilot study. *Arch Gerontol Geriatr*, 49, e60-e66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2008.08.014>
13. Hardy, S.E., Perera, S., Roumani, Y.F., Chandler, J.M., Studenski, S.A. (2007). Improvement in usual gait speed predicts better survival in older adults. *J Am Geriatr Soc*, 55, 1727-1734. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01413.x>
  14. Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., López, J.L., Häkkinen, K. (1999). Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79, 260-267. <http://dx.doi.org/10.1007/s004210050504>
  15. Janssen, H.C., Samson, M.M., Meeuwssen, I.B., Duursma, S.A., Verhaar, H.J. (2004). Strength, mobility and falling in women referred to a geriatric outpatient clinic. *Aging Clin Exp Res*, 16, 122-125. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03324540>
  16. Kannus, P., Sievänen, H., Palvanen, M., Järvinen, T., Parkkari, J. (2005). Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet*, 366, 1885-1893. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67604-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67604-0)
  17. Katsiaras, A., Newman, A.B., Kriska, A., Brach, J., Krishnaswami, S., Feingold, E., ... Goodpaster, B.H. (2005). Skeletal muscle fatigue, strength, and quality in the elderly: the Health ABC Study. *J Appl Physiol*, 99, 210-216. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01276.2004>
  18. Komi, P.V., Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 10, 261-265.
  19. Kuh, D., Bassey, E.J., Butterworth, S., Hardy, R., Wadsworth, M.E. (2005). Musculoskeletal Study Team. Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60A, M224-231. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/60.2.224>
  20. Lezzoni, L.I., McCarthy, E.P., Davis, R.B., Siebens, H. (2000). Mobility problems and perceptions of disability by self-respondents and proxy respondents. *MedCare*, 38, 1051-1057. <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-200010000-00009>
  21. Liu, Y., Peng, C.H., Wei, S.H., Chi, J.C., Tsai, F.R., Chen, J.Y. (2006). Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal counter movement jump in the aged. *J Electromyogr Kinesiol*, 16, 342-351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.08.001>
  22. Lord, S.R., Sherrington, C., Menz, H.B. (2001) Falls in older people. Risk factors and strategies for prevention. Cambridge: Cambridge University Press.
  23. McPhee, J.S., Hogrel, J.Y., Maier, A.B., Seppet, E., Seynnes, O.R., Sipilä, Jones DA. Physiological and functional evaluation of healthy young and older men and women: design of the European Myo Age study. *Biogerontology*. 2013 May 31. <http://dx.doi.org/10.1007/s10522-013-9434-7>
  24. Moreland, J., Finch, E., Stradford, P., Balsor, B., Gill, C. (1997) Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 26, 200-208. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1997.26.4.200>

25. Müller, R., Strässle, K., Wirth, B. (2010). Isometric back muscle endurance: an EMG study on the criterion validity of the Ito test. *J Electromyogr Kinesiol*, 20, 845-850. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.04.004>
26. Podsiadlo, D., Richardson, S. (1991). The Timed Up and Go: a test of basic, functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39, 142-148. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
27. Ries, J.D., Echternach, J.L., Nof, L, (2009). Gagnon Blodgett M Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "up & go" test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther*, 89, 569-579. <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20080258>
28. Schoene, D., Wu, S.M., Mikolaizak, A.S., Menant, J.C., Smith, S.T., Delbaere, K., Lord, S.R. (2013). Discriminative ability and predictive validity of the timed up and go test in identifying older people who fall: systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 61, 202-208. <http://dx.doi.org/10.1111/jgs.12106>
29. Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwén, C.E., Svantesson, U. (2008). Test - retest reliability of three different countermovement jumping test. *J Strength Cond Res*, 22, 640-644. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660475>
30. Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M.,... Guralnik, J. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 5, 50-58. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2010.1923>
31. Takahashi, T., Ishida, K., Yamamoto, H., Takata, J., Nishinaga, M., Doi, Y., Yamamoto, H. (2006). Modification of the functional reach test: analysis of lateral and anterior functional reach in community-dwelling older people. *Arch Gerontol Geriatr*, 42, 167-173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2005.06.010>
32. Tinetti, M.E., Kumar, C. (2010). The patient who falls: "It's always a trade-off". *JAMA*, 303, 258-266. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2009.2024>
33. Tinetti, M.E., Speechley, M., Ginter, S.F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319, 1701-1707. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM198812293192604>
34. Verghese, J., Holtzer, R., Lipton, R.B., Wang, C. (2009). Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *J Gerontol A BiolSci Med Sci*, 64, 896-901. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glp033>
35. Verghese, J., Wang, C., Lipton, R.B., Holtzer, R., Xue, X. (2007). Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 78, 929-935. <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2006.106914>
36. Vidoni, E.D., Billinger, S.A., Lee, C., Hamilton, J., Burns, J.M. (2012). The physical performance test predicts aerobic capacity sufficient for independence in early-stage Alzheimer disease. *J Geriatr Phys Ther*, 35, 72-78. <http://dx.doi.org/10.1519/JPT.0b013e318232bf61>

**Número de citas totales / Total references:** 37 (100%)

**Número de citas propias de la revista / Journal's own references:** 1 (2,7 %)

