



*Revista Digital de Educación Física*

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

## **INFLUENCIA DE LA EXTENSIBILIDAD DEL TRICEPS SURAL SOBRE EL EQUILIBRIO DINÁMICO EN MUJERES MAYORES**

**M<sup>a</sup> Dolores García García**

Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia

Email: lola\_2397@outlook.com

### **RESUMEN**

La flexibilidad es aquella capacidad física condicional que nos permite alcanzar el máximo rango de movimiento posible de una articulación. Por otro lado, otro concepto importante es el de equilibrio dinámico, entendido como el equilibrio aplicado a los desplazamientos, sin perder la relación con la fuerza de la gravedad y sin caernos. El objetivo del presente estudio es valorar la asociación de la flexibilidad de flexor plantar con el equilibrio dinámico en mujeres mayores. La población objeto de estudio fueron 79 mujeres de diferentes localidades (Fuente Álamo de Murcia, las Palas y Balsapintada) en edades comprendidas entre 55 y 65 años. Los instrumentos utilizados son la prueba de Shapiro-Wilk; para la normalidad de los datos, la prueba U de Mann-Whitney; para examinar las diferencias en las características de los sujetos entre los grupos, antes del análisis estadístico. La distribución de los conjuntos de datos sin procesar se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Wilcoxon que se llevó a cabo para evaluar las diferencias entre los valores de los lados dominante y no dominante. Los resultados más relevantes fueron la relación positiva entre el rango de movimiento de la flexión plantar del tobillo, la cual se asoció con el rendimiento de equilibrio. Existe evidencia científica de que hay una relación positiva significativa entre estas dos variables. En conclusión, creemos que sería fundamental que se implantaran programas de ejercicios específicos para una ganancia de ROM (Range of Movement o Rango de Movimiento) de la flexión plantar buscando una mejora en el equilibrio y por consiguiente, una reducción del riesgo de caídas.

**PALABRAS CLAVE:** Flexibilidad; dorsi-flexión del tobillo; control postural; adultos mayores; equilibrio.

## **INFLUENCE OF SURAL TRICEPS EXTENSIBILITY ON DYNAMIC BALANCE IN OLDER WOMEN**

### **ABSTRAC**

Flexibility is that conditional physical capacity that allows us to achieve the maximum possible range of motion of a joint. On the other hand, another important concept is that of dynamic balance, understood as the balance applied to movements, without losing the relationship with the force of gravity and without falling. The objective of this study is to assess the association of plantar flexor flexibility with dynamic balance in older women. The study population was 79 women from different localities (Fuente Álamo de Murcia, las Palas and Balsapintada) aged between 55 and 65 years. The instruments used are the Shapiro-Wilk test; for the normality of the data, the Mann-Whitney U test; to examine differences in subject characteristics between groups, prior to statistical analysis. The distribution of the raw data sets was verified using the Shapiro-Wilk test and the Wilcoxon test which was carried out to evaluate the differences between the values of the dominant and non-dominant sides. The most relevant results were the positive relationship between ankle plantar flexion range of motion, which was associated with balance performance. There is scientific evidence that there is a significant positive relationship between these two variables. In conclusion, we believe that it would be essential to implement specific exercise programs for a gain in ROM (Range of Movement or Range of Motion) of plantar flexion, seeking an improvement in balance and consequently, a reduction in the risk of falls.

**KEYWORDS:** Flexibility; dorsi-flexion of the ankle; Postural control; older adults; Balance.

## INTRODUCCIÓN.

En todo el mundo, el número de personas mayores de 60 años está creciendo más rápido que cualquier otro grupo de edad en los últimos años (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018). Según OMS, en casi todos los países del mundo, la proporción de personas mayores de 60 años está aumentando. Se estima que en 2050 las personas mayores de 60 años sumarán casi 2 mil millones y representarán más del 20% de la población mundial (OMS, 2016). Frente a este crecimiento, también existe una preocupación por la calidad de vida de esta población.

En Europa, se predice un incremento muy significativo en el número de personas mayores en un futuro próximo y se ha estimado que, en los próximos 40 años, la población de más de 65 años se duplicará de casi 87 millones de personas en la actualidad a alrededor de 148 millones (Covino et al., 2019).

En España, las personas mayores de 65 años y más años representan aproximadamente, el 18,8% de la población total y se estima que esta proporción alcanzará el 34,6% en 2066. Además, la población de las personas de más edad ( $\geq 85$  años) representa actualmente un 6,1% (Abellán-García, Ayala-García, Pérez-Díaz y Pujol-Rodríguez, 2018).

Las causas más frecuentes de discapacidad en las personas mayores españolas son las asociadas a deficiencias sensoriales (dificultad para ver y para oír, fundamentalmente), el dolor de espalda y cuello, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, los trastornos depresivos, la artrosis, la diabetes, la demencia y las caídas.

Las caídas son consideradas una de las causas más comunes de lesión y discapacidad en la población de mayor edad y, a su vez, uno de los desenlaces adversos de la fragilidad. Según la literatura científica existente, aproximadamente, una de cada 3 personas mayores de 65 años se cae en un año, y esta cifra puede llegar al 50% en el caso de los mayores de 80 años; además, la mitad de las personas que se caen presentan más de una caída (Blake et al., 1988; Greenwald, Stern, Rosen, Clark y Flomenbaum, 2014; Tinetti, 1987). En un estudio prospectivo de 1 año sobre una muestra probabilística de 772 personas españolas mayores de 64 años no institucionalizados, Rodríguez-Molinero et al. (2015) observaron que un 28,4% de los participantes presentaron una o más caídas anuales y el 9,9% tuvieron múltiples caídas.

Las caídas son consideradas un problema endémico en la población mayor, que representan un importante problema de salud pública con importantes consecuencias médicas (morbilidad y mortalidad) y económicas en este grupo de edad (Greenwald et al., 2014). Aproximadamente, el 10% de las consultas a urgencias hospitalarias de las personas mayores de 65 años están motivadas por los daños asociados a una caída y la mitad de estos pacientes requieren ingreso en el hospital (Rodríguez-Molinero et al., 2015). Entre las emergencias quirúrgicas, el diagnóstico más frecuente fue asociado a traumas y fracturas, como consecuencia de las caídas al suelo (Greenwald et al., 2014).

Entre las consecuencias más comunes relacionadas con las caídas se encuentran; el dolor, los moretones, las laceraciones, las fracturas (principalmente

en las extremidades superiores y la cadera), traumatismo craneoencefálico o sangrado intracraneal en casos graves (Nevitt, Cummings y Hudes, 1991; Sharif, Al-Harbi, Al-Shihabi, Al-Daour y Sharif, 2018; Tinetti, Doucette, Claus y Marottoli, 1995); además, entre el 20% y el 39% de las personas que se caen experimentan miedo a caer, lo que conduce a una mayor limitación de la actividad, independiente de la lesión (Campbell, Reinken, Allan y Martínez, 1981). Por último, las caídas representan la segunda causa mundial de muerte por lesiones accidentales o no intencionales (OMS, 2016).

La etiología de las caídas es multifactorial y se han identificado numerosos factores de riesgo para las caídas. Estos factores de riesgo incluyen afecciones médicas (como la enfermedad de Parkinson, el accidente cerebrovascular y la demencia), medicamentos (como los psicotrópicos y los antidepresivos) y alteraciones sensorio-motoras, tales como: Alteraciones de la marcha; Debilidad muscular; Tiempo de reacción lento; Limitación del rango de movimiento [ROM]; Equilibrio dinámico pobre (Granacher, Muehlbaue, Zahner, Gollhofer y Kressig (2011); Bloch et al., 2013; Scheffer, Schuurmans, van Dijk, van der Hooft y de Rooij 2008; Stalenhoef, Diederiks, Knottnerus, Kester y Crebolder 2002).

Algunos de los factores asociados al riesgo de caída son modificables, por lo que la implementación de programas encaminados a reducir este problema, se hacen necesarios. En este sentido, destaca la línea de investigación que incluye aquellos estudios transversales de tipo descriptivos sobre la reducida movilidad, el déficit en el equilibrio estático, el déficit en equilibrio dinámico, y el déficit de fuerza, ha sido asociado con el incremento de caída en varios estudios citados en los trabajos de Granacher et al. (2011) y Thrane, Joakimsen y Thornquist (2007).

En este sentido, diferentes trabajos de investigación informan sobre una correlación con diferente grado de fuerza entre el rango de movimiento (ROM) de la extremidad inferior y el equilibrio dinámico funcional de la vida diaria y el riesgo de caída valorado indirectamente.

Aslan et al. (2018) observaron relación entre el ROM extensión de cadera y el rendimiento neuromotor del equilibrio dinámico medido con el Y-Balance en adultos jóvenes. La limitación del ROM del tobillo ha sido correlacionado con alteraciones cinemáticas de la extremidad inferior en movimientos físico-técnicos deportivos (Bell, Padua y Clark, 2008; Dill, Begalle, Frank, Zinder y Padua, 2014), con el equilibrio estático monopodal (Bennell y Goldie, 1994) y el equilibrio dinámico anterior medido con el Y-Balance en adultos jóvenes con inestabilidad crónica de tobillo (Basnett et al., 2013).

Tras valorar los principales movimientos del tobillo, Bok, Lee y Lee (2013) demostraron que la disminución del ROM de eversión del tobillo relacionada con la edad, es un factor de riesgo de estabilidad dinámica "*balance stability*" medido con el Sistema Médico Biodex, que indirectamente se ha relacionado con el riesgo de caídas. Nitz y Choy (2004) observaron una correlación significativa entre el ROM tobillo (rodilla flexionada), la edad y el número de caídas, pero no se encontró relación con el nivel de actividad física. Por último, Bennell y Goldie (1994), demostraron que el ROM del tobillo es un factor de riesgo importante para reducir la estabilidad postural "*Postural stability*".

El objetivo del presente estudio fue analizar la asociación entre la extensibilidad del tríceps sural y el equilibrio dinámico funcional en mujeres mayores.

## 1. MÉTODO

### 1.1. PARTICIPANTES

La investigación corresponde a un estudio transversal correlacional con el objetivo de estudiar la relación entre la flexibilidad del tríceps sural con el equilibrio dinámico. Los sujetos fueron seleccionados intencionadamente, en diferentes Centros Sociales de Mayores del Municipio de Fuente Álamo (Murcia, España) entre las mujeres que asistían durante el curso 2019, a Programas Sistemáticos de Ejercicio Físico. Participaron voluntariamente 79 mujeres (Tabla 1), con edades comprendidas entre 55 y 65 años (promedio de edad: 59,2 años; masa corporal: 70,5 kg; altura: 160,7 cm).

Tabla 1  
*Datos demográficos y hábitos de práctica de ejercicio físico en 79 mujeres mayores*

	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ desviación estándar
Edad (años)	55,0	65,0	59,2 $\pm$ 3,8
Peso (kg)	49,0	95,0	70,5 $\pm$ 10,4
Altura (cm)	150,0	173,0	160,7 $\pm$ 5,2
Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	19,7	37,1	27,3 $\pm$ 3,9
Longitud de la extremidad inferior (cm)	60,5	88,5	76,9 $\pm$ 6,4
Experiencia en un programa fitness (años)	3,0	10,0	4,0 $\pm$ 2,2
Entrenamiento semanal (h)	2,0	7,0	2,6 $\pm$ 1,0
Duración de la sesión de entrenamiento (h)	1,0	1,0	1,0 $\pm$ 0

Para aplicar el procedimiento del presente estudio, se solicitó permiso a la concejala de Deporte del Ayuntamiento local y a los directores de los Centros Sociales de Mayores.

Como criterios de inclusión se establecieron: (a) un mínimo de 3 años de experiencia en el programa sistemático de ejercicio físico ofertado en el Centros Social de Mayores, y (b) una edad comprendida entre 55 y 65 años.

Como criterios de exclusión se establecieron: (a) alguna discapacidad física que limitara su desempeño físico-funcional, (b) poseer una historia clínica de alteraciones músculo-esquelética de la extremidad inferior en los 6 meses previos al presente procedimiento exploratorio; y (c) presentar dolor muscular de aparición tardía (agujetas) en el momento de ser evaluado.

La metodología a utilizar fue informada verbalmente, antes de iniciar el estudio, a las participantes y a los monitores de actividad física, indicando los propósitos y posibles riesgos, entregándoles, además, un documento con información relacionada al estudio. Antes del procedimiento de valoración, se les solicitó a las participantes que firmaran un consentimiento para ser estudiadas. Y, a una de ellas, se le solicitó una cesión de derecho de imagen, para fotografiarla ejecutando las pruebas exploratorias. Una vez terminado con el proceso de preparación todos los participantes completaron una sesión de familiarización con el propósito de conocer la correcta ejecución de las pruebas exploratorias mediante la realización práctica de cada una de ellas.

## 1.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- La elección de los test de valoración se estableció en función de los siguientes criterios: 1) elevada validez y fiabilidad; y 2) procedimiento exploratorio sencillo, rápido y cómodo.
- Además, durante la sesión de familiarización, para conocer la lateralidad de las extremidades inferiores, se utilizó una serie de pruebas objetivas publicadas en estudios previos (Gabbard y Hart, 1996; Maupasy, Paysant, Datie, Martinet y André 2002; Mayolas, 2003) como botar un balón, equilibrio estático unipodal y un salto horizontal anterior. Se escogió como extremidad dominante aquella extremidad con la cual realizaron dos de las tres pruebas.
- La sesión de valoración fue conducida por un examinador novel, que contaba con un año de experiencia en los procedimientos exploratorios. Este examinador principal, después de analizar las principales baterías publicadas (Varela, Ayán y Cancela, 2008), recibió, además, 5 seminarios de formación académica, teórico-práctica, de valoración de la condición física y de la salud en personas mayores.
- Dada la escasa experiencia examinador, se diseñó un estudio piloto para conocer la fiabilidad de la medida en los diferentes test exploratorios. En este estudio se estableció una medición test-retest en una muestra similar de conveniencia (n = 20), con dos días de intervalo de tiempo entre las dos sesiones de valoración. Los valores índice de correlación intraclase y mínimo cambio detectable al 95% de probabilidad para todas las medidas fueron 0,98 y 2,3° (ROM DFT\_RE), 0,94 y 3,9° (ROM DFT\_RF), 0,94 a 0,99 y 4,9 a 5,4 cm (YB) y 0,97 y 0,55 s (TUG), respectivamente.

Todas las valoraciones se realizaron en dos sesiones separadas y en las mismas condiciones ambientales y durante la misma franja horaria para tratar de minimizar la posible influencia de la variabilidad inter-examinador y de los ritmos circadianos sobre los resultados (Atkinson y Nevill, 1998). Además, los participantes fueron instados a realizar la sesión de valoración en el mismo día y franja horaria que normalmente realizaban sus sesiones de entrenamiento para minimizar la variabilidad intra-sujeto (Hopkins, 2000). Antes de aplicar los diferentes test

exploratorios, todos los participantes recibían unas indicaciones generales de apoyo para la correcta realización de los test.

### 1.3. PROTOCOLOS APLICADOS: PRUEBA DE “Y-BALANCE”

El test Y-Balance valora el equilibrio dinámico y el déficit en el control postural dinámico; así como valora el riesgo de caídas (Bergquist et al., 2019; Thrane et al., 2007). El equilibrio dinámico valorado mediante las pruebas Y-Balance (YB) [figura 1, pág. 7].

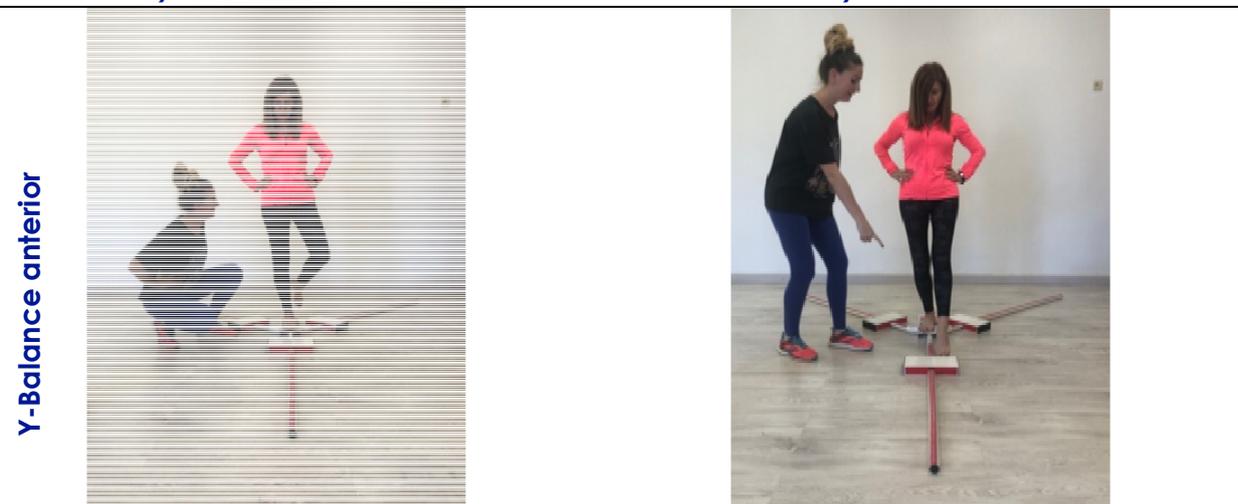
Se aplicó, además, el “3meters-timed up and go” (TUG) [figura 2, pág.9]

Para determinar el rango de movimiento (ROM) del tobillo mediante la dorsiflexión del tobillo con rodilla extendida (ROM\_DFT\_RE) [figura 3, pág. 10] y flexionada (ROM\_DFT\_RF) [figura 4, pág. 11], en dos sesiones separadas.

Antes del comienzo de la valoración, los sujetos realizaron 2 pruebas en cada dirección y para que cada pierna se familiarice con la prueba. Todos los sujetos realizaron dos intentos correctos en cada dirección (para cada extremidad) y se utilizó el mejor resultado para el posterior análisis estadístico. El resultado se expresó en centímetros y se normalizó la medida por la influencia en el rendimiento entre personas mayores con diferente longitud de la extremidad inferior. La normalización de la medida se calculó dividiendo la distancia alcanzada por la longitud de la extremidad inferior del participante y luego se multiplicó por 100 (Gribble y Hertel, 2003). La longitud de la pierna de la extremidad inferior se midió con una cinta métrica no extensible desde la espina ilíaca anterior superior a la porción distal del maléolo medial y se expresó en centímetros (Chtara et al., 2018).

a) Posición inicial

b) Posición final



c) Y-Balance postero-medial



d) Y-Balance postero-lateral

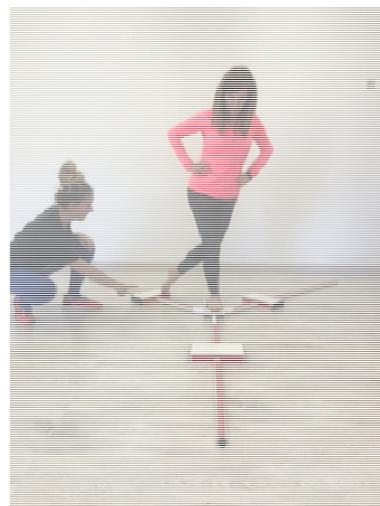


Figura N° 1. Prueba de valoración del test Y-balance (TY-B).

**Posición inicial:**

El participante se coloca de pie en apoyo unipodal sobre la parte central de apoyo del Y-Balance detrás de la línea marcada, sin calzado, con ambas manos apoyadas en la cadera.

**Movimiento:**

El participante empuja con la punta del pie contralateral al apoyo el cajón hasta el máximo de sus posibilidades siguiendo una guía reglada y luego volver a la posición inicial sin perder el equilibrio. Este test tiene que ejecutarse en las tres direcciones prefijadas (anterior, posteromedial y posterolateral) por el instrumento de medida. Cada participante realiza dos intentos máximos.

**Posición final:**

El participante debe volver a la posición inicial sin perder el equilibrio manteniendo un único apoyo y las manos en la cadera.

**Medición:**

Se registra el alcance del cajón de plástico en centímetros en las tres direcciones.

**Observaciones:**

El examinador debe controlar que la planta del pie de la extremidad valorada permanezca apoyada en la base de YB; El pie no debe sobrepasar la línea roja con la punta del pie de apoyo valorada; el pie debe de empujar y acompañar el cajón de plástico durante todo el recorrido evitando lanzar el cajón al final de éste.

## PRUEBA “3METERS-TIMED UP AND GO (3M-TUG)”

El test “Timed Up and Go” (TUG) es una prueba que se utiliza para valorar el equilibrio dinámico de una persona. La persona se le pide “levantarse de una silla, camine tres metros, dar la vuelta alrededor de un cono, camina de regreso a la silla y se sienta”. También se evalúa la coordinación que tiene la persona de juntar todas esas destrezas y ponerlas en marcha (Jung y Yamasaki, 2016; Varela et al., 2008).

Las mediciones del TUG se obtuvieron utilizando una silla ordinaria (43 cm de altura) y un cronómetro. Los sujetos estaban sentados con la espalda apoyada en la silla. Se les pidió que se levantaran, caminaran tres metros (hasta una marca en el piso), dieran la vuelta, volvieran a la silla y se sentaran (Jung y Yamasaki, 2016). La tarea se debía hacer a una velocidad cómoda ordinaria. El cronómetro comenzó con la palabra “ya” y se detuvo cuando el sujeto se sentó. El tiempo de TUG se midió en segundos (s).

Con una modificación en caso que la persona no le lleguen los pies al suelo, debido a su baja estatura, teniendo la espalda apoyada en la silla, prevalecerá, como requisito indispensable, que tenga los pies apoyados en el suelo (Shumway-Cook, Brauer y Woollacott, 2000).



Figura N° 2. Prueba de valoración del test 3-meters Timed Up and Go (TUG).

---

### Posición inicial:

El test TUG se inicia desde posición de sentado.

---

### Movimiento:

A la señal de “ya” el participante se levanta rápidamente para desplazarse frontalmente hasta el cono, gira al alrededor del cono y regresa hacia el punto de partida.

---

### Posición final:

Después de finalizar el recorrido el participante se sentará correctamente en el borde de la silla.

---

### Medición:

Se registra el tiempo en segundos, que tarda en realizar todo el recorrido.

---

### Observaciones:

El examinador auxiliar debe comprobar que el desplazamiento no se haga en carrera; siempre debe de contactar uno de los pies en el suelo durante el desplazamiento; y la posición en sedestación con las manos en la cintura debe de ser correcta tanto en la posición inicial como en la final.

---

## PRUEBA DE RANGO DE MOVIMIENTO

La flexibilidad del gemelo y el sóleo se midió indirectamente con el rango de movimiento de dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida (ROM\_DFT\_RE) y flexionada (ROM\_DFT\_RF), respectivamente, en posición de bipedestación (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2014; Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2015).

Para el proceso de valoración del ROM pasivo máximo, se siguieron las recomendaciones establecidas por la American Academic of Orthopedic Association (1965) y la American Medical Association [AMA] (Gerhardt, Cocchiarella y Lea, 2002).

Para la medición, se utilizó un inclinómetro ISOMED (Portland, Oregon) Unilevel con varilla telescópica extensible (Gerhardt, 1994; Gerhardt et al., 2002) y un cajón de madera para facilitar la comodidad del explorado y examinador (Cejudo et al., 2014). Previo a cada sesión de valoración, el inclinómetro fue calibrado a 0° con la vertical. Se registró el ángulo que forma el eje longitudinal del segmento movilizado (siguiendo su bisectriz) con la vertical o la horizontal (Gerhardt et al., 2002; Cejudo et al., 2015).

El resultado final de cada intento pasivo máximo, para cada una de las pruebas de valoración, fue determinado por uno de los siguientes criterios: (1) el explorado avisaba de sentir una sensación de estiramiento del gemelo o sóleo; y/o (2) el examinador apreciaba algún movimiento de compensación que incrementaba el ROM, tal como: la pérdida de contacto del talón con el cajón, hundimiento del astrágalo o aducción del muslo (Cejudo et al., 2015).

Posición inicia

Posición final



Figura N° 3. Prueba de valoración de la flexión dorsal del tobillo con rodilla extendida.

### Posición inicial:

El explorado en bipedestación frente a la pared o a una camilla, con los pies paralelos y separados como máximo a la anchura de las caderas.

---

**Calibración y colocación del inclinómetro:**

El examinador principal calibra el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna siguiendo su bisectriz.

---

**Movimiento:**

El explorado realiza un paso hacia delante con la extremidad no explorada, apoyando las manos sobre la camilla (o pared), y realiza un desplazamiento hacia delante de la pelvis y del tronco con flexión de la rodilla contralateral, dorsi-flexionando el tobillo (reduciendo el ángulo entre la pierna y el suelo) y manteniendo en todo momento el talón en contacto con el suelo.

---

**Estabilización:**

El examinador auxiliar debe controlar en la extremidad evaluada que la rodilla permanezca extendida, la cadera sin rotación, el pie perpendicular a la camilla (o pared) y que el talón no pierda el contacto con el suelo.

---

**Posición final:**

Será establecida a través de los criterios descritos en el apartado aspectos metodológicos. Los posibles movimientos de compensación son la elevación del talón, la flexión de rodilla, la rotación de la cadera de la extremidad explorada y/o el valgo del calcáneo.

---

**Medición:**

Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la pierna con la vertical.

---

**Notas:**

La longitud del paso hacia delante dependerá de la sensación de tirantez del explorado, y será a elección del mismo, ya que no influye en el resultado final. El ángulo de la dorsi-flexión del tobillo con la rodilla extendida debe ser menor que el mismo movimiento con la rodilla flexionada.

---

---

**Posición inicial****Posición final**

*Figura N° 4. Prueba de valoración de la flexión dorsal del tobillo con rodilla flexionada.*

---

**Posición inicial:**

El explorado en bipedestación de frente al cajón. Se coloca la pierna explorada sobre un cajón (altura 30-45 cm.) para mantener la rodilla flexionada.

---

**Calibración y colocación del inclinómetro:**

El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna siguiendo su bisectriz.

---

**Movimiento:**

---

---

El explorado realiza un desplazamiento hacia delante de la pelvis y el tronco con flexión de la rodilla y dorsi-flexión del tobillo (reduciendo el ángulo entre la pierna y el cajón), manteniendo en todo momento el talón en contacto con el cajón.

---

**Estabilización:**

El examinador auxiliar controla que la rodilla de la extremidad evaluada permanezca sin rotaciones con el pie perpendicular a la camilla (o pared), además de controlar que el talón no pierda el contacto con el cajón.

---

**Posición final:**

Será establecida a través de los criterios descritos en el apartado aspectos metodológicos. Los posibles movimientos de compensación son la elevación del talón y/o el valgo del calcáneo.

---

**Medición:**

Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la pierna con la vertical.

---

**Notas:**

El explorado puede apoyarse en un soporte (camilla, pared, espaldera) para obtener una mayor estabilidad. La extremidad inferior no explorada se puede rotar y flexionar la rodilla a comodidad del sujeto evaluado. La altura del cajón no influye en la medición del test, aunque se recomienda un cajón entre 30 cm y 45 cm (a mayor altura del cajón mayor comodidad del explorador). El ángulo de la dorsi-flexión del tobillo con la rodilla flexionada debe ser mayor que el mismo movimiento con la rodilla extendida.

---

#### 1.4. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Previo al análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables cuantitativas, que incluía la media y su correspondiente desviación típica, para cada una de las variables de los test de fuerza-resistencia de los flexores plantares del tobillo y de equilibrio dinámico.

Para examinar la existencia de asimetría entre los valores de los lados dominante y no dominante se utilizó la prueba de Wilcoxon (datos no paramétricos); además, se calculó el tamaño del efecto de Cohen de todos los resultados, y la magnitud del efecto era interpretado de acuerdo con los criterios de Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin (2009), en el cual un tamaño de efecto menor de 0,2, de 0,2 a 0,59, de 0,6 a 1,19, de 1,20 a 2,00, de 2,00 a 3,99 y superior a 4,00 era considerado como trivial, pequeño, moderado, grande, muy grande y extremadamente grande, respectivamente. Los autores decidieron arbitrariamente "moderado" como el nivel mínimo de efecto relevante con aplicación práctica en los resultados.

La relación entre los test de equilibrio dinámico y los test de flexibilidad del tríceps sural se analizó mediante el coeficiente de correlación de Spearman. La escala utilizada para interpretar la magnitud de los coeficientes de correlación fue 0.0-0.1 como trivial, 0.1-0.3 como pequeño, 0.3-0.5 como moderado, 0.5-0.7 como grande, 0.7-0.9 como muy grande y 0.9-1 casi perfecto. El nivel de significancia se estableció en  $p < 0.05$ .

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v. 24.0, para Windows; SPSS Inc, Chicago) con un nivel de significación del 95% ( $p < 0,05$ ).

## 2. RESULTADOS

### 2.1. NORMALIDAD DE LOS DATOS

La prueba de Kolmogorov–Smirnov encontró una distribución anormal de los datos, por lo que se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas ( $p < 0,05$ ). En la tabla 2 se presenta los resultados descriptivos de las pruebas de valoración de DFT\_RE y DFT\_RF para la flexibilidad del gemelo y sóleo, respectivamente y las pruebas Y-Balance y 3m-Timed Up and Go para medir el equilibrio dinámico de las mujeres mayores.

Tabla 2:  
Resultados descriptivos de las variables flexibilidad y equilibrio dinámico de las mujeres mayores valoradas.

	Mínimo	Máximo	Media±desviación estándar
Prueba dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida para los gemelos (grados)	22,5	41,0	33,32±4,30
Prueba dorsi-flexión del tobillo con rodilla flexionada para el sóleo (grados)	21,5	43,0	33,40±4,13
Prueba Y-Balance Test: Anterior (cm)	41,2	104,8	62,9±10,7
Prueba Y-Balance Test: Posteromedial (cm)	26,8	49,8	37,0±5,7
Prueba Y-Balance Test: Posterolateral (cm)	14,9	65,2	32,5±8,3
Prueba 3m-Timed Up and Go (rep)	4,56	9,0	6,74±1,23

El análisis de correlaciones informó de una correlación significativa positiva con una fuerza “grande” entre la masa corporal ( $r = 0,607^{**}$ ;  $p = 0,000$ ) y el índice de masa corporal (IMC) ( $r = 0,520^{**}$ ;  $p=0,000$ ) con la prueba 3m-Timed Up and Go Test.

Una correlación positiva con una fuerza “moderada” entre la dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida para los gemelos y el YB anterior ( $r = 0,344^{**}$ ;  $p = 0,002$ ) y una correlación positiva con una fuerza “pequeña” YB posteromedial ( $r = 0,222^{*}$ ;  $p = 0,049$ ) en las mujeres mayores del presente estudio de investigación.

Tabla 3:  
Resultados del análisis correlacional de la flexibilidad del tríceps sural con las pruebas de equilibrio dinámico.

	Prueba Y-Balance						Prueba 3m-Time Up and Go	
	Anterior		Posteromedial		Posterolateral		r	p valor
	r	p valor	r	p valor	r	p valor		
Masa corporal	-0,212	0,061	-0,193	0,089	-0,197	0,082	0,607**	0,000
Índice de masa corporal	-0,214	0,058	-0,131	0,249	-0,221	0,051	0,520**	0,000
Sóleo	-.147*	.195	.103	.367	.107	.347	-.069	0,548
Gemelo	-.344**	.002	.222	.049	.190	.094	-.094	0,410

\* Estadísticamente significativo con un valor de  $p < 0,05$ ;

\*\* Estadísticamente significativo con valor de  $p < 0,01$ .

### 3. DISCUSIÓN

El principal hallazgo del presente estudio fue analizar el impacto de la flexibilidad del tríceps sural sobre el rendimiento en pruebas de equilibrio dinámico funcionales de la vida diaria.

En primer lugar, se ha observado que los participantes con mayor peso e índice de masa corporal presentan un menor rendimiento en el equilibrio dinámico valorado mediante la prueba TUG. Parece ser que la composición corporal dificulta a los participantes levantarse y sentarse en una silla, desplazarse frontalmente y girar en torno a un cono (Gallego Gómez, Hita Contreras, Lomas-Vega, y Martínez-Amat, 2011).

Vaquero-Cristóbal, González-Moro, Cárceles, y Simón (2013) observaron que las mujeres mayores que realizan ejercicio físico de forma continuada y presentan IMC normales o de sobrepeso bajo, tienen mejor resistencia, flexibilidad, equilibrio y fuerza.

En relación a la flexibilidad, se observa que los participantes con mayor flexibilidad de los gemelos y rango de movimiento de la dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida muestran un mayor rendimiento en el equilibrio YB anterior y posteromedial. Parece ser que la extensibilidad de esta musculatura tiene un efecto limitante para alcanzar la máxima distancia mientras se realiza la triple flexión de la extremidad inferior. Una menor influencia se ha encontrado con la distancia YB posterolateral.

Nuestros resultados coinciden con varios trabajos que han observado peores resultados de equilibrio dinámico anterior medido con el Y-B en adultos jóvenes con inestabilidad crónica de tobillo con limitación del rango de movimiento del tobillo (Basnett et al., 2013); también esta limitación del rango de movimiento del tobillo ha afectado al rendimiento del equilibrio estático monopodal (Bennell y Goldie, 1994).

En el ámbito deportivo, la limitación del ROM tobillo ha contribuido a diferentes alteraciones cinemáticas de la extremidad inferior (valgus dinámico de rodilla) en los movimientos físico-técnicos habituales de ejercicios como la sentadilla, que han sido relacionados con lesiones de rodilla como la rotura del ligamento cruzado anterior (Bell et al., 2008; Dill et al., 2014).

Tras valorar los principales movimientos del tobillo, Bok et al., (2013) demostraron que la disminución del ROM de eversión del tobillo relacionada con la edad es un factor de riesgo de estabilidad dinámica "balance stability" medido con el Sistema Médico Biodex, que indirectamente se ha relacionado con el riesgo de caídas.

Mecagni, Pulliam, Roberts y O'Sullivan (2000), en su estudio sobre el equilibrio y el rango de movimiento del tobillo en mujeres que viven en la comunidad de 64 a 87 años, observaron una fuerte correlación entre el rango de movimiento total y bilateral del tobillo y las puntuaciones de la subprueba de marcha de "Performance Oriented Mobility Assessment" (POMA). Pero la correlación más alta de este estudio fue entre las puntuaciones del subtest de marcha bilateral, total del "Active Assistive range of motion" (AAROM) del tobillo y POMA. Por tanto, encontraron relación entre la ROM del tobillo y el rendimiento en las pruebas de equilibrio en mujeres ancianas.

Las características del pie y el tobillo contribuyen notablemente al equilibrio y la capacidad funcional en las personas mayores. En concreto, la sensibilidad táctil de la superficie plantar del pie y el ROM del tobillo se correlacionaron fuertemente con el balanceo postural, mientras que la flexibilidad del tobillo y la fuerza de los músculos del flexor plantar del dedo del pie se asociaron constantemente con las pruebas de inclinación y las medidas funcionales (Menz, Morris y Lord, 2005).

Según Spink, Fotoohabadi, Wee, Hill, Lord y Menz (2011), las características del pie y el tobillo, sobretodo la fuerza de flexión plantar del hallux y la inversión-eversión del tobillo, son determinantes importantes del equilibrio y la capacidad funcional en las personas mayores.

Una intervención de movilización conjunta de 2 semanas perturbó las alteraciones mecánicas y funcionales al mejorar de manera significativa la función autoinformada, el ROM de dorsiflexión y el control postural dinámico en las personas con inestabilidad crónica del tobillo (IAC) (Hoch, Andreatta, Mullineaux, English, McKeon, Mattacola y McKeon, 2012).

Por último, Bennell y Goldie (1994) demostraron que el ROM del tobillo es un factor de riesgo importante para reducir la estabilidad postural "Postural stability".

En consecuencia, parece que es recomendable incluir ejercicios de estiramiento junto a ejercicios de fuerza, equilibrio y estimulación del sistema vestibular a un programa específico de equilibrio como el que propuso Nitz y Choy (2004) adecuado a cada rango de edad para reducir el número de caídas.

#### **4. CONCLUSIÓN**

El principal hallazgo del presente estudio fue que los adultos mayores precisan entrenar la extensibilidad del tríceps sural, así como disminuir masa corporal y el índice de masa corporal para mejorar el equilibrio dinámico funcional y minimizar el posible riesgo de caída en mujeres adultas mayores.

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Abellán-García, A., Ayala-García, A., Pérez-Díaz y Pujol-Rodríguez, R. (2018). Un perfil de las personas mayores en España, 2018. Indicadores estadísticos básicos. Madrid, *Informes Envejecimiento en red*, 17, 34.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons. *Joint motion: method of measuring and recording*. Chicago: Park Ridge; 1965. pp. 8-120.
- Aslan, H. I. Y., Buddhadev, H. H., Suprak, D. N., & San Juan, J. G. (2018). ACUTE EFFECTS OF TWO HIP FLEXOR STRETCHING TECHNIQUES ON KNEE JOINT POSITION SENSE AND BALANCE. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), 846.

- Atkinson, G., y Nevill, A.M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
- Basnett, C.R., Hanish, M.J., Wheeler, T.J., Miriovsky, D.J., Danielson, E.L., Barr, J.B., y Grindstaff, T.L. (2013). El rango de movimiento de la dorsiflexión del tobillo influye en el equilibrio dinámico en personas con inestabilidad crónica del tobillo. *Revista internacional de fisioterapia deportiva*, 8(2), 121.
- Bell, D.R., Padua D.A., y Clark M.A. (2008). Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(7), 1323–1328.
- Bennell, K.L., y Goldie, P.A. (1994). The Differential Effects of External Ankle Support on Postural Control. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(6), 287–295. doi:10.2519/jospt.1994.20.6.287.
- Bergquist, R., Weber, M., Schwenk, M., Ulseth, S., Helbostad, J. L., Vereijken, B., y Taraldsen, K. (2019). Performance-based clinical tests of balance and muscle strength used in young seniors: a systematic literature review. *BMC Geriatrics*, 19(1). doi:10.1186/s12877-018-1011-0.
- Blake, A.J., Morgan, K., Bendall, M.J., Dallosso, H., Ebrahim, S.B., Arie, T.H., Fentem, P.H., y Bassey, E.J. (1988). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing*, 17, 365-372.
- Bloch, F., Thibaud, M., Tournoux-Facon, C., Breque, C., Rigaud, A.S., Dugue, B., y Kemoun, G. (2013). Estimation of the risk factors for falls in the elderly: can meta-analysis provide a valid answer?, *Geriatrics and Gerontology International*, 13(2) (2013) 250-263. doi: 10.1111/j.1447-0594.2012.00965.x
- Bok, S. K., Lee, T. H., y Lee, S. S. (2013). The effects of changes of ankle strength and range of motion according to aging on balance. *Annals of rehabilitation medicine*, 37(1), 10.
- Campbell, A.J., Reinken, J., Allan, B.C., y Martinez, G.S. (1981) Falls in old age: a study of frequency and related clinical factors. *Age Ageing*, 10(4), 264-270.
- Cejudo A, Sainz de Baranda P, Ayala F, Santonja F. 2014b. A simplified version of the weightbearing ankle lunge test: description and test-retest reliability. *Manual Therapy* 36(2), 278-285.
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2015). Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 107-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.05.004>.
- Chtara, M., Rouissi, M., Bragazzi, N.L., Owen, A.L., Haddad, M., y Chamari, K. (2018). Dynamic balance ability in young elite soccer players: implication of isometric strength. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(4), 414-420.

- Covino, M., Petruzzello, C., Onder, G., Migneco, A., Simeoni, B., Franceschi, F., y Ojetti, V. (2019). A 12-year retrospective analysis of differences between elderly and oldest old patients referred to the emergency department of a large tertiary hospital. *Maturitas*, 120, 7–11. doi:10.1016/j.maturitas.2018.11.011.
- Dill, K.E., Begalle, R.L., Frank, B.S., Zinder, S.M., y Padua, D.A. (2014). Alteración de la cinemática de tobillo y tobillo en cuclillas en personas con un rango limitado de movimiento de dorsiflexión tobillo-estocada. *Diario de entrenamiento atlético*, 49(6), 723-732.
- Gabbard, C., y Hart, S. (1996). A question of foot dominance. *Journal of General Psychology*, 123, 289-96.
- Gallego Gómez, A. M., Hita Contreras, F., Lomas-Vega, R., y Martínez-Amat, A. (2011). Estudio comparativo del índice de masa corporal y el equilibrio postural en estudiantes universitarios sanos. *Fisioterapia*, 33(3), 93-97.
- Gerhardt, J. (1994). Documentation of Joint Motion. Oregon: ISOMED.
- Gerhardt, J., Cocchiarella, L., and Lea, R. (2002). *The Practical Guide to Range of Motion Assessment*. Chicago: American Medical Association.
- Granacher, U., Muehlbaue, T., Zahner, L., Gollhofer, A., y Kressig, R.W. (2011). Comparación de enfoques tradicionales y recientes en la promoción del equilibrio y la fortaleza en adultos mayores. *Medicina deportiva*, 41 (5), 377-400.
- Greenwald, P.W., Stern, M.E., Rosen, T., Clark, S., y Flomenbaum, N. (2014). Trends in short-stay hospitalizations for older adults from 1990 to 2010: implications for geriatric emergency care. *The American Journal of Emergency Medicine*, 32(4), 311–314.
- Gribble, P y Hertel, J. (2003). Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7, 89-100.
- Hoch, M.C., Andreatta, R.D., Mullineaux, D.R., Inglés, R.A., Medina McKeon, J.M., Mattacola, C.G., y McKeon, P.O. (2012). La intervención de movilización conjunta de dos semanas mejora la función autoinformada, el rango de movimiento y el equilibrio dinámico en las personas con inestabilidad crónica del tobillo. *Revista de investigación ortopédica*, 30(11), 1798-1804.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine Science in Sports Exercise*, 41(1), 3.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.
- Jung, H., y Yamasaki, M. (2016). Asociación del rango de movimiento de las extremidades inferiores y la fuerza muscular con el rendimiento físico de las

mujeres mayores que viven en la comunidad. *Revista de antropología fisiológica*, 35(1), 30.

Mecagni, C., Smith, JP, Roberts, KE, y O'Sullivan, SB (2000). Equilibrio y rango de movilidad del tobillo en mujeres de 64 a 87 años que viven en la comunidad: un estudio correlacional. *Terapia física*, 80(10), 1004-1011.

Menz, HB, Morris, ME y Lord, SR (2005). Características de los pies y tobillos asociadas con el deterioro del equilibrio y la capacidad funcional en las personas mayores. *Las Revistas de Gerontología Serie A: Ciencias Biológicas y Ciencias Médicas*, 60(12), 1546-1552.

Nevitt, M.C., Cummings, S.R., y Hudes, E.S. (1991). Risk factors for injurious falls: A prospective study. *J Gerontol.*, 46, 164-170.

Nitz, J.C., y Choy, N.L. (2004). La eficacia de un programa específico de entrenamiento de la estrategia de equilibrio para prevenir caídas entre las personas mayores: un ensayo piloto aleatorizado controlado. *Edad y envejecimiento*, 33(1), 52-58.

Organización Mundial de la Salud (2016). *Envejecimiento y ciclo de vida*. Recuperado de: <https://www.who.int/ageing/about/facts/es/>

Organización Mundial de la Salud (2018). *Envejecimiento y salud*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud>.

Rodríguez-Molinero, A., Narvaiza, L., Gálvez-Barrón, C., de la Cruz, J.J., Ruíz, J., Gonzalo, N, y Yuste, A. (2015). Caídas en la población anciana española: incidencia, consecuencias y factores de riesgo. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 50(6), 274-280.

Scheffer, A.C., Schuurmans, M.J., van Dijk, N., van der Hooft, T., y de Rooij, S.E. (2008). Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing*, 37(1), 19-24. doi: 10.1093/ageing/afm169.

Sharif, S.I., Al-Harbi, A.B., Al-Shihabi, A.M., Al-Daour, D.S., y Sharif, R.S. (2018). Falls in the elderly: assessment of prevalence and risk factors. *Pharmacy Practice 2018 Jul-Sep*, 16(3), 1206. doi:10.18549/PharmPract.2018.03.1206.

Shumway-Cook, A., Brauer, S., y Woollacott, M. (2000). Predecir la probabilidad de caídas en adultos mayores que habitan en la comunidad mediante el uso del Timed Up & Go Test. *Terapia física*, 80(9), 896-903.

Spink, M.J., Fotoohabadi, M.R., Wee, E., Hill, K.D., Lord, S.R., y Menz, H.B. (2011). La fuerza del pie y el tobillo, el rango de movimiento, la postura y la deformidad están asociados con el equilibrio y la capacidad funcional en los adultos mayores. *Archivos de medicina física y rehabilitación*, 92(1), 68-75.

- Stalenhoef, P.A., Diederiks, J.P., Knottnerus, J.A., Kester, A.D., y Crebolder, H.F. (2002). A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly. *Journal of Clinical Epidemiology*, 55(11), 1088-1094.
- Thrane, G., Joakimsen, R.M., y Thornquist, E. (2007). The association between timed up and go test and history of falls: The Tromsø study. *BMC Geriatrics*. doi: 10.1186/1471-2318-7-1.
- Tinetti, M.E. (1987). Factors associated with serious injury during falls by ambulatory nursing home residents. *Journal of the American Geriatrics Society*, 35, 644-648.
- Tinetti, M.E., Doucette J., Claus, E., y Marottoli, R.A. (1995). Risk factors for serious injury during falls by older persons in the community. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43, 1214-1221.
- Vaquero-Cristóbal, R., González-Moro, I. M., Cárcelos, F. A., y Simón, E. R. (2013). Valoración de la fuerza, la flexibilidad, el equilibrio, la resistencia y la agilidad en función del índice de masa corporal en mujeres mayores activas. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 48(4), 171-176.
- Varela, S., Ayán, C., y Cancela, J. M. (2008). Batteries assessing health related fitness in the elderly: a brief review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 5(2), 97.

Fecha de recepción: 30/1/2021  
Fecha de aceptación: 23/3/2021