

## Efecto del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio en personas adultas mayores de 50 años: un meta-análisis de ensayos controlados aleatorios

Effect of aerobic exercise on balance in adults over 50 years: a meta-analysis of randomized controlled trials

Tyrone Loría Calderón<sup>1</sup>  
Mynor Rodríguez Hernández<sup>2</sup>

Recibido: 12-9-2018

Aprobado: 7-3-2019

### Resumen

El efecto específico del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio en personas adultas mayores no es claro. Este meta-análisis examinó el efecto del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio en personas adultas mayores. Se realizó la búsqueda sistemática en bases de datos científicas académicas: Academic Search Complete, ProQuest, PubMed, Science Direct y Sport Discuss, utilizando la frase booleana: (*aerobic exercise OR aerobic training*) AND (*adult\* OR aging\* OR senior\* OR older adult\**) AND (*balanc\**) NOT (*diet OR nutrition*) NOT (*Animal*) AND *random\**. Los criterios de inclusión fueron: publicaciones en idioma inglés o español, texto completo, persona adulta mayor (hombres y mujeres), personas mayores de 50 años, estudios experimentales y cuasi-experimentales, tratamiento enfocado en ejercicio aeróbico y se evaluó equilibrio dinámico o estático indistintamente del tipo de prueba. Se analizaron 4496 estudios y solamente 11 investigaciones cumplieron con los criterios de inclusión, generando 56 tamaños de efecto (TE) basados en un total de 590 sujetos. Las variables moderadoras fueron edad, sexo, nivel de actividad física, condición de salud, N por estudio, duración de la sesión y modalidad del ejercicio. El Tamaño de Efecto Global, para las condiciones experimentales fue de TE= 1.083, ( $p \leq 0.05$ ) (IC 95%: 0.63 - 1.53; Q= 679.07,  $p= 0.00$ , I<sup>2</sup>= 99.55); el Tamaño de Efecto del grupo control fue TE= 0.056, ( $p= 0.685$ ) (IC 95%: -0.14, .25; Q= 11.48,  $p= 0.009$ , I<sup>2</sup>= 73.88). No se encontraron diferencias significativas entre los TE de los grupos control (n=16) y grupo experimental (n=40) (F=2.73;  $p=.104$ ). El ejercicio aeróbico (EA) ejerce un efecto positivo sobre el equilibrio de las personas adultas mayores, por lo que, el entrenamiento de EA es una estrategia válida para contrarrestar la pérdida del equilibrio en este grupo poblacional.

Palabras clave: Ejercicio aeróbico, balance, adultos mayores.

<sup>1</sup> Máster en Salud Integral y Movimiento Humano. Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, Departamento de Educación, Sección de Educación Física, Docente. Correo electrónico: tloria13@gmail.com

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias del Movimiento Humano. Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente. Departamento de Ciencias de la Educación. San Ramón, Alajuela. Correo electrónico: mynorgrh@gmail.com

## Abstract

The specific effect of aerobic exercise on balance is unclear. This meta-analysis examined the effect of aerobic exercise on balance in older adults. The systematic search was conducted on academic scientific bases: Academic Complete Search, ProQuest, PubMed, Science Direct and Sport Discuss, using the Boolean phrase: (aerobic exercise OR aerobic training) AND (adult\* OR aging\* OR senior\* OR older adult\*) AND (balance\*) NO (diet or nutrition) NO (Animal) And random\*. The inclusion criteria were publications in English or Spanish, full text, older adult (people and women), people over 50 years, experimental and quasi-experimental studies, treatment focused on aerobic exercise, and dynamic or static balance indistinctly of the type of test. We analyzed 4496 studies, and only 11 met the inclusion criteria, obtaining 56 effect sizes (TE) in 590 subjects. The moderator variables were age, sex, level of physical activity, health condition, N per study, duration of the session and exercise modality. The overall effect size for the experimental conditions was  $TE = 1.083$ , ( $p \leq 0.05$ ) (95% CI: 0.63 - 1.53,  $Q = 679.07$ ,  $p = 0.00$ ,  $I^2 = 99.55$ ); the effect size of the control group was  $TE = 0.056$ , ( $p = 0.685$ ) (95% CI: -0.14, .25,  $Q = 11.48$ ,  $p = 0.009$ ,  $I^2 = 73.88$ ). There were no differences in scores between the control groups of TE ( $n=16$ ) and experimental group ( $n=40$ ) ( $F = 2.73$ ,  $p = .104$ ). Aerobic exercise (AE) exerts a positive effect on the balance of older adults; therefore, AE training is a valid strategy to counteract the loss of balance in this specific group.

Key words: Aerobic exercise, balance, older adults.

## I. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud el aumento de la población mundial de personas mayores de 65 años es vertiginoso y crece en mayor proporción que los otros grupos poblacionales, transformando paulatinamente la pirámide poblacional en donde habrá mayoría de personas adultas mayores. Asimismo, esta situación trae consigo una problemática desde el aspecto físico y de salud acrecentada a esta edad, lo que provoca un panorama aún más delicado (OMS, 2018).

Costa Rica no escapa a este proceso de transición demográfica, presentando una situación similar al fenómeno global observado. Según datos del censo general en el 2011, Costa Rica estaba integrada por un total de 4,301.712 habitantes, de los cuales el 6.6% estaba compuesto por personas mayores de 65 años, y para el 2050 se espera una población total de 6,093.068 de los cuales el 20.7% serían mayores de 65 años (INEC, 2011).

Aunado a esta situación demográfica se encuentra el proceso fisiológico de envejecimiento, el cual conlleva una serie de situaciones complejas en su mayoría relacionadas con el deterioro físico y la pérdida de las funciones específicas para mantener una óptima capacidad funcional. Este proceso fisiológico natural se

incrementa exponencialmente debido a la ausencia o bajo nivel de actividad física en la persona (Nichols, Omizo, Peterson y Nelson, 1993).

Asimismo, aspectos como la disminución de la fuerza, la coordinación y el equilibrio forman parte de dicho proceso fisiológico y se ha encontrado que están directamente relacionados con el aumento en las caídas en las personas adultas mayores (Lichtenstein, Shields, Shiavi y Burger, 1989; Lord, Clark y Webster, 1991; Whipple *et al.*, 1987). En contraparte, el ejercicio físico aumenta la funcionalidad física, mejorando variables directas como la fuerza, la coordinación y el equilibrio en este grupo poblacional (Lord, 1994). Según Baydal-Bertomeu *et al.* (2004) el equilibrio se describe como la capacidad de neutralizar las fuerzas que alteran la postura que implica coordinación y control. La movilidad dinámica se refiere a las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y que le permiten moverse hacia adelante sin perder el equilibrio, y la postura se define como la conformación de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo en todo momento.

En diversos estudios (Eli Carmeli *et al.*, 2002; Donath *et al.*, 2014a; Lord and Castell, 1994; Morrison *et al.*, 2014; Shigematsu *et al.*, 2002a), se ha combinado el uso de programas de ejercicio aeróbico con variables que tienen efecto directo sobre destrezas específicas como

el equilibrio. Sin embargo, no está determinado el efecto específico que genera el ejercicio aeróbico por sí solo sobre el balance dinámico y estático. Según el manual de prescripción de ejercicio del Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM por sus siglas en inglés), el ejercicio aeróbico requiere la participación de grandes grupos musculares en ejercicios mantenidos durante un periodo de tiempo prolongado (15-60 minutos) y a una intensidad equivalente entre el 40% y el 85% del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx), o entre el 55% y el 90% de la frecuencia cardiaca máxima. Uno de los beneficios reportados de la actividad aeróbica es la mejora del equilibrio y la disminución del riesgo de caídas y las subsecuentes lesiones provocadas por tal accidente (ACSM, 2013).

Por su parte, los trastornos del equilibrio representan una creciente preocupación de salud pública debido a la asociación con lesiones relacionadas con caídas (Sturnieks *et al.*, 2008) Para Sturnieks, George y Lord (2008), el equilibrio es una habilidad imprescindible para la vida diaria que requiere la integración compleja de la información sensorial, con respecto a la posición del cuerpo, en relación con el entorno y la capacidad de generar respuestas motoras apropiadas para controlar el movimiento del cuerpo. El equilibrio demanda la contribución de la visión, el sentido vestibular, la propiocepción, la fuerza muscular y el tiempo de reacción. Con el aumento de la edad, hay una pérdida progresiva del funcionamiento de estos sistemas que puede contribuir a un déficit en el equilibrio, manifestado en tareas simples como estar de pie, inclinarse, subir escaleras, caminar o responder a perturbaciones externas. El efecto fisiológico del ejercicio sobre el equilibrio radica en la mejora del tono muscular, la coordinación intramuscular y la ramificación nerviosa, entre otras, que genera un mejor control corporal ya sea durante el movimiento o cuando se permanece estático.

Si bien es cierto, estudios previos como el realizado por Howe *et al.*, (2011) indican que existe poca o débil evidencia de que algunos tipos de ejercicio aeróbico

(marcha, equilibrio, coordinación y tareas funcionales, fortalecimiento, ejercicio en 3D y tipos múltiples de ejercicio) produzcan efectos positivos sobre el equilibrio estático y dinámico en personas adultas mayores, nueva evidencia indica que la actividad aeróbica podría relacionarse positivamente con las mejoras en el equilibrio. Por ejemplo, en un estudio con personas adultas mayores que incluyó caminata por 12 semanas se observaron mejoras importantes en el balance (Morrison *et al.*, 2014). En otro estudio de largo plazo (8 meses de intervención) en donde se comparó los efectos del ejercicio aeróbico y el ejercicio de resistencia en variables como el balance, se determinó que el ejercicio aeróbico tiene un efecto similar al producido por el entrenamiento de la fuerza sobre el equilibrio en mujeres adultas mayores (Marques *et al.*, 2017). También se reportaron los beneficios de un programa de entrenamiento que incluyó contra-resistencia y caminata en banda en personas con Síndrome Down, quienes luego de 6 meses de trabajo presentaron cambios significativos en el balance (Carmeli *et al.*, 2002).

En otra modalidad de entrenamiento aeróbico, el subir escaleras como protocolo principal de intervención produjo cambios positivos en el balance de adultos saludables (Donath, Faude, Roth Zahner, 2014). Por su parte, el baile como método de trabajo aeróbico también produce efectos positivos en el balance. En un programa de ejercicio aeróbico que incluyó la modalidad de baile por una hora, tres veces a la semana, durante 12 semanas, los investigadores observaron cambios significativos en el balance dinámico y estático en mujeres mayores de 70 años (Shigematsu *et al.*, 2002b).

Debido a la relación entre trastornos del balance y caídas en las personas adultas mayores y la poca evidencia del efecto del ejercicio aeróbico sobre su equilibrio, el presente meta-análisis aborda los estudios existentes para determinar si el ejercicio aeróbico genera un efecto sobre el equilibrio en personas adultas mayores.

## II. Metodología

Este meta-análisis se desarrolló aplicando los lineamientos detallados en la declaración PRISMA (por sus siglas en inglés) sobre el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis (Liberati *et al.*, 2009).

### Estrategia de búsqueda

La búsqueda sistemática de literatura se realizó utilizando las siguientes bases de datos electrónicas: Academic Search Complete, ProQuest, PubMed, Science Direct y Sport Discus.

En la ejecución de las búsquedas sistemáticas se utilizaron, de forma individual y combinada, las palabras clave: aerobic exercise, aerobic training, older adult, balance, creando la frase booleana en inglés: (*aerobic exercise OR aerobic training*) AND (*adult\* OR aging\* OR senior\* OR older adult\**) AND (*balanc\**) NOT (*diet OR nutrition*) NOT (*Animal*) AND *random\**. Además, el mismo procedimiento se llevó a cabo utilizando las siguientes palabras clave en español: ejercicio aeróbico, equilibrio y persona adulta mayor.

La selección de estudios y análisis de calidad de los estudios estuvo a cargo de un autor de manera independiente. Cuando hubo duda sobre la inclusión de algún artículo, se consultó a un experto.

La búsqueda se efectuó entre marzo y junio del año 2018. No se restringió el rango de la fecha de publicación de los estudios.

### Criterios de inclusión

*A priori* se establecieron los siguientes criterios de inclusión para que los estudios fueran tomados en cuenta en el meta-análisis: (1) publicaciones en idioma inglés o español, (2) presentar texto completo, (3) estudios en persona adulta mayor de 50 años (hombres y mujeres), (4) ser estudio experimental o cuasi-experimental, (5) utilizar como tratamiento ejercicio aeróbico, (6) evaluar el equilibrio dinámico o estático con cualquier tipo de prueba y (7) presentar la estadística descriptiva necesaria para realizar los cálculos del Tamaño de Efecto.

## Extracción de datos y codificación de variables

Para tabular la información que se va a extraer de los artículos incluidos en el meta-análisis, se creó una tabla en Microsoft Excel 2016. Específicamente, se tabularon los datos de las siguientes variables moderadoras y se clasificaron en tres grupos para facilitar la codificación:

1. Características de la muestra
  - Edad: se codificó el promedio de los grupos en años cumplidos
  - Sexo: hombres y mujeres
  - Nivel de actividad física: sedentarios o físicamente activos.
  - Condición física: sano o con padecimiento definido.
  - N por estudio: se codificó el total por estudio.
2. Características del tratamiento
  - Frecuencia del tratamiento: cuántas veces por semana.
  - Duración de la sesión: cuántos minutos por sesión.
  - Duración del tratamiento: cuántas semanas de intervención.
  - Modalidad del ejercicio: sin máquina, con máquina o baile.
3. Características del estudio o diseño
  - Validez interna: se utilizó la escala de Calidad TESTEX

Para evaluar la calidad de los estudios, se utilizó la escala TESTEX (por sus siglas en inglés) (Smart *et al.*, 2015), la cual consiste en 15 rubros que examinan la presencia o ausencia de características que deben incluir las investigaciones, de manera que puede obtenerse un máximo de 15 puntos, si se cumplen todos los criterios, o un puntaje mínimo de cero puntos, si las características que evalúa esta escala están ausentes.

## Procedimiento del cálculo del Tamaño de Efecto

El Tamaño de Efecto (TE) del equilibrio se obtuvo a lo largo del tratamiento del ejercicio aeróbico, utilizando la fórmula de delta ( $\Delta$ ) propuesta por Glass (1977) (“(PDF) Thomas & French (1986). The use of meta analysis in exercise and sport,” n.d.).

Para el cálculo del TE del equilibrio a lo largo del tratamiento de ejercicio aeróbico se utilizó el promedio (M) del pretest en  $M_2$  y el promedio del posttest en  $M_1$  y la desviación estándar (DE) del pretest.

El signo de los tamaños de efecto se ajustó para ser concordante y que un TE positivo indicara beneficio de la práctica realizada. Posteriormente, se aplicó el factor de corrección (c) sugerido por Hedges (1981), el cual brinda un TE final calculado. Para el TE Global, se aplicó el modelo de efectos aleatorios (DerSimonian-Laird) utilizando el procedimiento sugerido por Borenstein *et al.* (2009), cálculo de IC para determinar la significancia del TE. Análisis de la violación del supuesto de independencia, para estudios donde se codificó más de un TE. Los TE obtenidos se promedian para obtener el TE global para el grupo control y el grupo experimental.

La significancia estadística para el TE Global calculado se estableció para la situación experimental y para los TE de los niveles de las variables moderadoras, utilizando intervalos de confianza a un 95 %, en donde  $var(TE)$  es la varianza de cada Tamaño de Efecto (Thomas & French, 1986).

Posteriormente, se realizó el cálculo sugerido por Orwin (1983), con el cual se obtiene la cantidad de tamaños de efecto no significativos necesarios para reducir el TE global obtenido a un Tamaño de Efecto pequeño.

La prueba de homogeneidad Q de Cochran’s, sugerida por Borenstein *et al.* (2009), se aplicó con el fin de determinar la heterogeneidad de los TE, además de la prueba de Egger (Egger, Davey Smith, Schneider y Minder, 1997), procedimiento para detectar un sesgo de publicación.

## Análisis Estadístico

La técnica de correlación de Pearson se aplicó para determinar la relación del TE con las variables moderadoras continuas y la técnica de Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para grupos independientes, con el fin de determinar diferencias entre los TE de los niveles de las variables moderadoras discretas. Para dichos cálculos se utilizó el programa estadístico IBM-SPSS versión 24 y el programa de hoja de cálculo de Microsoft Excel.

### III. Resultados

La codificación de los 11 estudios generó un total de 56 tamaños de efecto. De los cuales, 40 son de grupos experimentales y 16 de grupos control, con un total de 590 sujetos. Un TE positivo indica mejora en el equilibrio. El Tamaño de Efecto Global, para las condiciones experimentales fue de  $TE = 1.083$ , ( $p \leq 0.05$ ) (IC 95%: 0.63 - 1.53;  $Q = 679.07$ ,  $p = 0.00$ ,  $I^2 = 99.55$ ); el Tamaño de Efecto del grupo control fue  $TE = 0.056$ , ( $p = 0.685$ ) (IC 95%: -0.14 - 0.25;  $Q = 11.48$ ,  $p = 0.009$ ,  $I^2 = 73.88$ ). Cuando se comparó los TE de los estudios de grupo control ( $n=16$ ), y grupo experimental ( $n=40$ ), no existió entre los TE de los grupos una diferencia estadísticamente significativa ( $F=2.73$ ;  $p=.104$ ), pero el Tamaño de Efecto del grupo experimental fue estadísticamente significativo ( $TE = 1.083$ ,  $p \leq 0.05$ ) (figura 2).

La prueba Q de Cochran’s para el grupo experimental presenta valores que indican que los tamaños de efectos calculados poseen alta heterogeneidad según parámetros establecidos por Borenstein, *et al.* (2009).

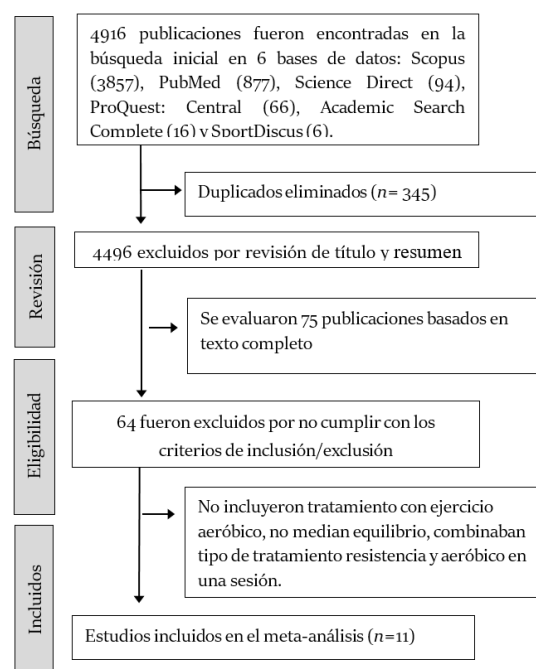
La validez interna se analizó con la escala TESTEX y se encontró que la mayoría de los estudios presentan una puntuación media de  $10.35 \pm 1.43$ . No se encontró relación entre el puntaje obtenido en la Escala y el TE ( $r = 0.082$ ;  $p = .546$ ), por tanto, la validez interna del estudio no afecta el Tamaño de Efecto obtenido (figura 3) y no fue excluido ningún estudio.

Además, se aplicó la prueba de Egger (Egger *et al.*, 1997) y esta arrojó los siguientes datos:  $t= 4.55$ ,  $gl= 54$ ,  $p=0.000^*$ , aceptando la hipótesis alternativa indicando que existe asimetría, procedimiento que detectó un sesgo de publicación.

Al analizar la heterogeneidad de los tamaños de efecto se incluyó variables moderadoras tales como edad, sexo, nivel de actividad física, condición de salud, N por estudio, frecuencia del tratamiento, duración de la sesión, duración del tratamiento, modalidad del ejercicio y validez interna del estudio.

El proceso de identificación de los estudios elegibles se describe en la figura 1. De los 4916 estudios encontrados en la búsqueda, se seleccionaron once para la revisión según los criterios de inclusión/exclusión descritos previamente.

**Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de estudios**



## Variables Moderadoras

Para cada nivel de las variables moderadoras se obtuvo un intervalo de confianza y de esa forma establecer la significancia del TE promedio en cada nivel. Para determinar el efecto de las variables moderadoras se realizaron análisis de correlación (Pearson) o análisis de variabilidad (ANOVA), para variables continuas o discretas respectivamente (ver tabla 1 y tabla 2)

**Tabla 1  
Tamaños de Efectos Calculados**

Variables Moderadoras	N	TE	p	IC						
				Inferior	Superior	Q	P	I <sub>2</sub>	F	n.s
<b>Características de la Muestra</b>										
<b>N (de los estudios)</b>										
Menos o igual de 45 sujetos	30	1.157	≤0.001*	0.56	1.74	505.02	0.00	99.40	0.205	0.653
Más de 45 sujetos	10	1.006	≤0.013*	0.31	1.69	160.80	0.00	98.13		
<b>Sexo</b>										
Mujeres	9	-0.028	0.793	-0.56	0.51	51.19	0.00	94.14	2.325	0.136
Mixto	31	1.450	≤0.001*	0.89	2.01	588.79	0.00	99.49		
<b>Nivel de Actividad Física (NAF)</b>										
Sedentario	20	0.571	≤0.027*	0.13	1.00	198.31	0.00	98.48	2.835	0.100
Activo	20	1.846	≤0.001*	0.92	2.76	480.75	0.00	99.37		



**Condición de salud**

Con problema de salud	21	1.893	≤0.001*	1.01	2.77	523.78	0.00	99.42	3.445	0.071
Sano	19	0.453	0.075	0.04	0.86	153.80	0.00	98.04		

**Características del Tratamiento**

**Duración de la Sesión**

-menos o igual de 50 min.	17	2.504	≤0.001*	1.52	3.47	4493.18	0.00	99.39	7.921	0.008+
-más de 50 min.	23	0.251	0.281	-0.08	0.59	126.14	0.00	97.62		

**Modalidad del ejercicio**

EA sin máquina	15	0.108	0.732	-0.40	0.62	105.89	0.00	97.16	5.403	0.009+
EA con máquina	15	2.931	≤0.001*	1.82	4.03	383.90	0.00	99.21		
EA Baile	10	0.364	0.099	0.01	0.71	34.13	0.00	91.21		

**Tipo de equilibrio medido**

Equilibrio dinámico	8	0.761	0.098	0.03	1.48	78.37	0.00	96.17	0.370	0.547
Equilibrio estático	32	1.193	≤0.001*	0.64	1.73	598.42	0.00	99.49		

\*TE: ≠ 0, p ≤ 0.05, +: F significativa

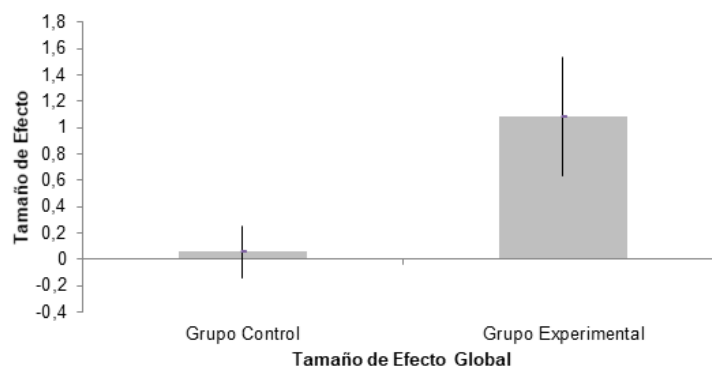
\*Min.: minutos; EA: Ejercicio Aeróbico (EA sin máquina: Circuitos de ejercicios, Caminata, andar en bicicleta, subir gradas; EA máquinas: Caminata y carrera en banda, elíptica y ciclismo estacionario; EA baile: Baile, Danza folclórica y gimnasia)

**Tabla 2**  
Correlaciones de Pearson entre los TE y las variables continuas

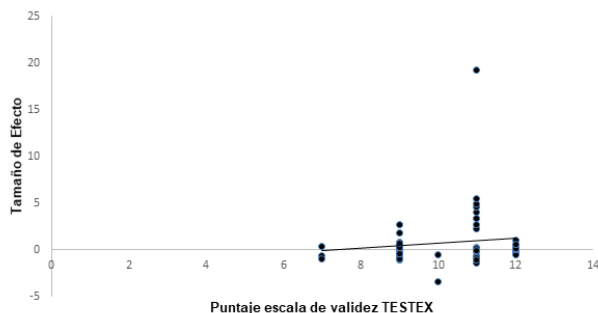
VARIABLES MODERADORAS	N	r	p≤
<b>Características de la Muestra</b>			
Edad	40	-0.347	0.028*
<b>Características del Tratamiento</b>			
Frecuencia semanal	40	0.236	0.142
Duración del tratamiento	40	0.033	0.839
Escala TesTex	56	0.082	0.546

\* p ≤ 0.0

**Figura 2. Tamaño de Efecto Global para los grupos control y experimentales, F = 2.73 (p= .104).**

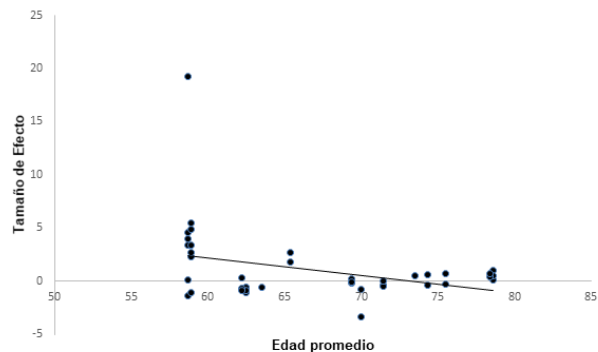


**Figura 3. Relación entre el puntaje de validez interna y el Tamaño de Efecto,  $r = 0.082$  ( $p = .546$ ).**



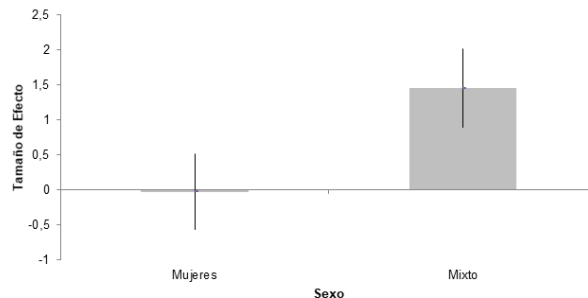
**Edad.** La figura 4 muestra la correlación de los valores del TE calculado con la edad promedio de los participantes para cada estudio ( $n=40$ ), se obtuvo una relación estadísticamente significativa. A menor edad mayor cambio en el TE.

**Figura 4. Relación entre la edad de los participantes y el Tamaño de Efecto,  $r = -.34$  ( $p \leq .05$ ).**



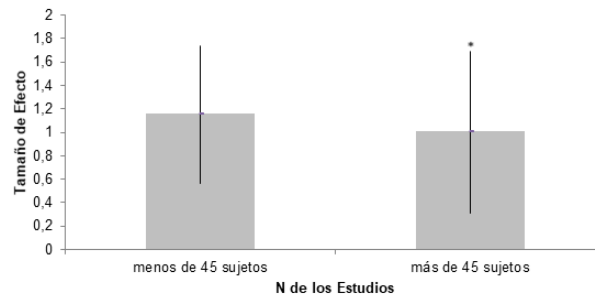
**Sexo.** No se pudo comparar hombres contra mujeres por falta de datos. Aun así, cuando se comparó los TE de los estudios en los que solo participaron mujeres ( $n=9$ ) y mixto ( $n=31$ ), no se encontró relación estadísticamente significativa entre los grupos (figura 5), aunque el TE del grupo mixto tiene cambio estadísticamente significativo.

**Figura 5. Tamaño de Efecto según el sexo de los participantes en el estudio,  $F = 2.32$  ( $p=.136$ ).**



**N de los Estudios.** En este apartado no se ubicó diferencia entre los TE según la cantidad de sujetos por estudio (figura 6): menos o igual de 45 sujetos ( $n=30$ ) o más de 45 sujetos ( $n=10$ ), pero sí hubo un cambio en el TE estadísticamente significativo en ambos estudios, sin que importara la cantidad de participantes.

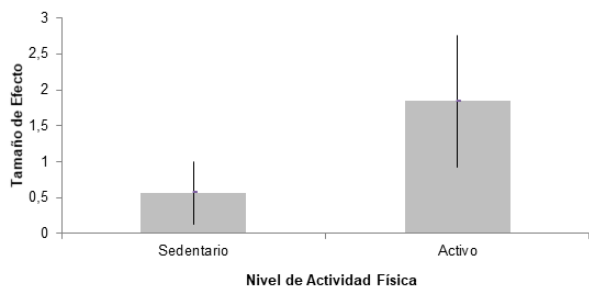
**Figura 6. Tamaño de Efecto según la cantidad de sujetos en el estudio,  $F = .205$  ( $p = .653$ ).**



**Nivel de Actividad Física.** Al comparar el Tamaño de Efecto de los diferentes estudios y considerar el nivel de actividad física de los participantes (figura 7), no se encontró diferencia entre los estudios que involucran sedentarios ( $n=20$ ) y físicamente activos ( $n=20$ ). Hubo un cambio en el TE estadísticamente significativo en los participantes reportados tanto físicamente activos como sedentarios.

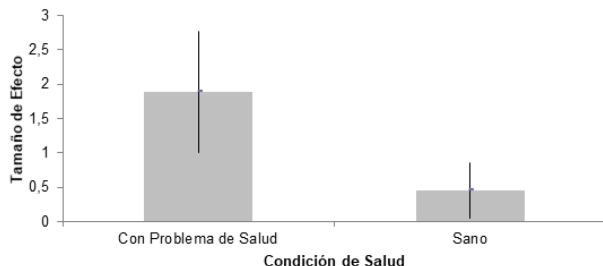


**Figura 7. Tamaño de Efecto según el nivel de actividad física reportado en los estudios,  $F = 2.83$  ( $p=.100$ ).**



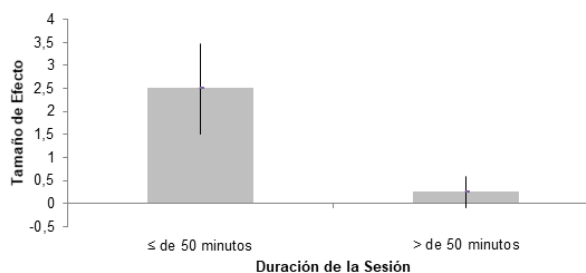
**Condición de Salud.** En este caso, se presentó diferencia entre los estudios que involucran personas con problema de salud ( $n=21$ ) y las personas sanas ( $n=19$ ) (figura 8), aunque no hubo un cambio en el TE estadísticamente significativo en los participantes que tenían alguna condición de salud.

**Figura 8. Tamaño de Efecto según la condición de salud en los estudios,  $F = 3.44$  ( $p=.071$ ).**



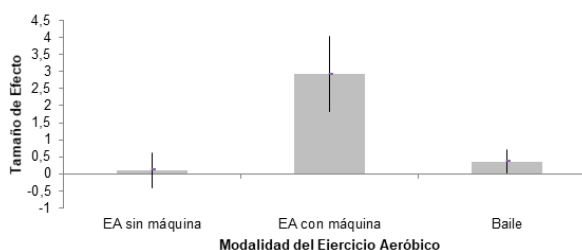
**Duración de la Sesión.** En este apartado se ubicó diferencia significativa entre los TE según la duración de la sesión (figura 9): menos o igual de 50 minutos ( $n=17$ ) o más de 50 minutos ( $n=23$ ). También hubo un cambio en el TE estadísticamente significativo en los estudios que utilizaron menos o igual de 50 minutos por sesión.

**Figura 9. Tamaño de Efecto según la duración en minutos de la sesión reportado en los estudios,  $F = 7.92$  ( $p \leq .05$ ).**



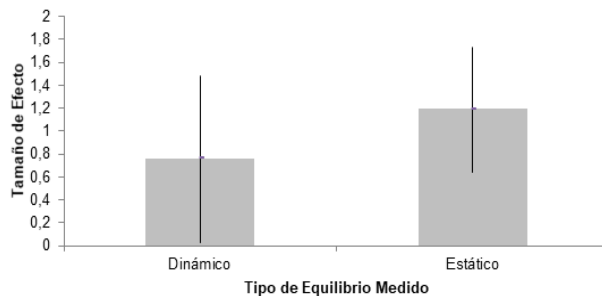
**Modalidad del Ejercicio Aeróbico.** Cuando se comparó los TE de los estudios en los que se utilizó Ejercicio Aeróbico (EA) sin máquinas ( $n=15$ ), EA con máquina ( $n=15$ ) o baile ( $n=10$ ), se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos (figura 10). Y un cambio estadísticamente significativo fue encontrado en los participantes con tratamiento en máquinas.

**Figura 10. Tamaño de Efecto según la modalidad del ejercicio aeróbico reportado en los estudios,  $F = 5.40$  ( $p \leq .05$ ).**



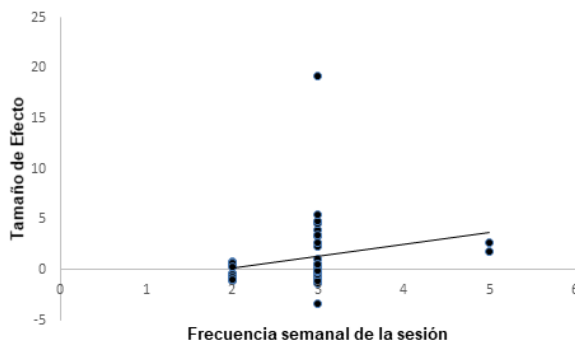
**Tipo de Equilibrio Medido.** En este apartado no se encontró diferencia significativa entre los TE según el tipo de equilibrio medido (figura 11): equilibrio dinámico ( $n=8$ ) o equilibrio estático ( $n=32$ ). Hubo un cambio en el TE estadísticamente significativo en los estudios que utilizaron medición del equilibrio estático.

**Figura 11. Tamaño de Efecto según el tipo de equilibrio medido reportado en los estudios,  $F = 0.37$  ( $p=.547$ ).**



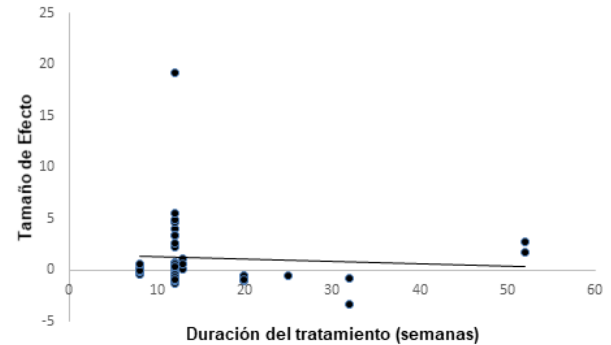
**Frecuencia Semanal de la Sesión.** En la figura 12 se muestra la correlación entre los valores del TE calculado y la cantidad de sesiones semanales durante la intervención para cada estudio ( $n=40$ ). No se obtuvo una relación significativa.

**Figura 12. Relación entre la cantidad de sesiones semanales durante la intervención y el Tamaño de Efecto,  $r = .23$  ( $p= .142$ ).**



**Duración del Tratamiento.** Se muestra la correlación entre los valores del TE calculado y la duración del tratamiento (semanas) durante la intervención para cada estudio ( $n=40$ ). No se obtuvo una relación significativa (figura 13).

**Figura 13. Relación entre la duración del tratamiento y el Tamaño de Efecto,  $r = .03$  ( $p=.839$ ).**



#### IV. Discusión

El propósito de esta investigación se fundamentó en analizar investigaciones previas para determinar el efecto del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio en personas adultas mayores. Los resultados expuestos por este meta-análisis indican que el ejercicio aeróbico tiene efectos directos sobre el equilibrio en este grupo poblacional (Eyigor *et al.*, 2009; Marques *et al.*, 2017; Morrison *et al.*, 2014; Shigematsu *et al.*, 2002a) dicha práctica contribuye a que en esta población incremente la destreza del equilibrio, un aspecto primordial para la calidad de vida adecuada, disminuyendo el riesgo de caídas y evitando eventos trágicos que deterioren la calidad de vida. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios previos, por ejemplo, Brown *et al.* (1993) encontraron evidencia de que la marcha rápida y el trote suave mejoran el equilibrio ejecutado en una sola pierna y equilibrio en general.

Un aspecto importante a considerar y que la evidencia encontrada muestra, es que la edad está relacionada con el equilibrio, las personas más jóvenes dentro del rango de edad analizado (58.7 en promedio) presentaron un mayor TE. Según Nichols *et al.* (1993), este hallazgo se puede ver influenciado por el proceso fisiológico de envejecimiento, el cual conlleva una serie de situaciones complejas en su mayoría relacionadas con el deterioro físico y la pérdida de las funciones específicas para mantener una óptima

capacidad funcional, este proceso fisiológico natural se incrementa exponencialmente debido a la ausencia o bajo nivel de actividad física en la persona. Para Frankel, Bean y Frontera (2006) y Shigematsu y Okura (2006), el equilibrio es un rasgo complejo que implica la integridad de múltiples componentes nerviosos periféricos y centrales que afectan directamente al control postural y que puede deteriorarse naturalmente con la edad.

Además, al comparar participantes sedentarios y físicamente activos, se obtuvo que el ejercicio aeróbico es de beneficio para personas con alguna condición de salud en relación con el equilibrio. Las personas con menor preparación física o alguna condición especial de salud tienen mayor espacio para mejorar cuando se someten a una intervención dirigida a optimizar alguna capacidad específica tal como fuerza, consumo de oxígeno, equilibrio, entre otras (Powers *et al.*, 2014).

Asimismo, el tiempo empleado por sesión en las intervenciones también tiene influencia sobre la variable del equilibrio. Los diversos estudios sugieren que en las intervenciones que utilizaron menos de 50 minutos de trabajo aeróbico, obtuvieron mayores beneficios sobre el equilibrio y un mayor TE en comparación con los que hicieron más de 50 minutos (Canuto Wanderley *et al.*, 2015; Carmeli *et al.*, 2002; S. Lord, 1994; Brown & Holloszy, 1993), lo que significa que las personas adultas mayores pueden obtener grandes beneficios en el equilibrio haciendo rutinas de trabajo aeróbico no más de 50 minutos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2018), la recomendación de ejercicio para las personas adultas mayores incluye 150 minutos de ejercicio de intensidad moderada o 75 minutos de intensidad vigorosa a lo largo de la semana para mejorar la función cardiorrespiratoria y la salud física y funcional, y para reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles, depresión y deterioro cognitivo (WHO, 2018).

Es importante indicar que, respecto a la modalidad de equilibrio medido, hubo un cambio estadísticamente significativo en el TE en los estudios que utilizaron medición del equilibrio estático. Solamente se analizaron tres estudios que evaluaron equilibrio dinámico, lo que pudo influir en los resultados (Marques *et al.*, 2017;

Canuto Wanderley *et al.*, 2015; Chang, Wang, Chen y Hu, 2017). Por su parte, en siete estudios analizados se evaluó equilibrio estático (Morrison *et al.*, 2014; Donath *et al.*, 2014; Eyigor, Karapolat, Durmaz, Ibisoglu y Cakir, 2009; Shigematsu *et al.*, 2002; Carmeli *et al.*, 2002; S. Lord, 1994; Brown y Holloszy, 1993; Rissel *et al.* 2013). Ambos tipos de equilibrio son importantes para la funcionalidad física; la capacidad de caminar correctamente depende del control sobre el equilibrio dinámico y es más complejo de evaluar, mientras que el equilibrio estático es más simple en su evaluación, por lo que tiende a ser más utilizado (Shkuratova *et al.*, 2004).

Para comprender mejor la función que despliega el ejercicio aeróbico sobre el equilibrio, se evaluó la modalidad del ejercicio aeróbico y se comparó los TE de los estudios en los que se utilizó Ejercicio Aeróbico (EA) sin máquinas, EA con máquina o baile. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, además, cada modalidad de EA obtuvo un TE estadísticamente significativo. El hecho de que en cada uno de los estudios analizados hubo mejora en el equilibrio (dinámico o estático) marcó un cambio significativo en el EA. Esto se relaciona con los hallazgos encontrados en diversos estudios en donde se estableció que el ejercicio aeróbico influye de manera representativa sobre el equilibrio (Marques *et al.*, 2017; Canuto Wanderley *et al.*, 2015; Young, Weeks, y Beck, 2007; Morrison *et al.*, 2014; Donath *et al.*, 2014; Eyigor, Karapolat, Durmaz, Ibisoglu, y Cakir, 2009; Shigematsu *et al.*, 2002; Carmeli *et al.*, 2002; S. Lord, 1994; Brown y Holloszy, 1993).

Finalmente, estudios previos indican que se requiere una frecuencia de entrenamiento que vaya más allá de 3 días por semana para lograr una correlación entre las variables de ejercicio aeróbico y el equilibrio en personas adultas mayores (Harber *et al.*, 2009; Konopka *et al.*, 2010). Sin embargo, en el presente análisis, al evaluar la frecuencia semanal de la sesión, no hubo correlación entre los valores del TE calculado y la cantidad de sesiones semanales durante la intervención para cada estudio.

En conclusión y resumiendo los hallazgos más importantes encontrados en este análisis, el ejercicio físico aeróbico es una intervención segura y eficaz en la

mejora de las capacidades físicas generales y tiene efectos positivos sobre variables como el equilibrio y que afectan la calidad de vida de las personas adultas mayores. Sin embargo, este debe ser un proceso continuo de vida para que haya un mayor beneficio, y además, depende de la edad, los minutos de la sesión y la frecuencia del ejercicio, de modo que el entrenamiento de ejercicio aeróbico debe ser aplicado como una estrategia válida para contrarrestar la pérdida o disminución del equilibrio en las personas. Por tanto, se insta al desarrollo de futuros estudios experimentales con alta calidad metodológica, que permitan elucidar los efectos del entrenamiento del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de las personas adultas mayores. Asimismo, se deben realizar revisiones con estudios cuyas intervenciones hayan utilizado programas de resistencia.

### V. Limitaciones

Es importante considerar algunas limitaciones del presente estudio tales como la heterogeneidad reflejada en el uso de diferentes programas de intervención, así como en el uso de instrumentos de evaluación. Los registros obtenidos en la prueba de Egger, la cual se realiza para detectar un sesgo de publicación (Egger *et al.*, 1997), indican que se debe tener cautela con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que podría haber algún grado de sesgo. Esto indica que se necesitan más estudios para respaldar los hallazgos actuales. Por último, se sugiere la realización de más ensayos clínicos que incorporen protocolos uniformes, así como estandarizar el uso y reporte de los instrumentos para la evaluación.

### VI. Bibliografía

- ACSM. (2013). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Baydal-Bertomeu, J.M., Barberà I Guillem, R., Soler-Gracia, C., Peydro De Moya, M.F., Prat, J.M., Barona De Guzmán, R. (2004). Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringológica Española* 55, 260-269. [https://doi.org/10.1016/S0001-6519\(04\)78520-9](https://doi.org/10.1016/S0001-6519(04)78520-9)
- Borenstein, M., Hedges, L.H., Higgins, J.P.T., Rothstein, H.R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. WILEY.
- Carmeli, Eli, Kessel, S., Coleman, R., Ayalon, M. (2002). Effects of a treadmill walking program on muscle strength and balance in elderly people with Down syndrome. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences* 57, M106-110. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.2.M106>
- Donath, L., Faude, O., Roth, R., Zahner, L., (2014a). Effects of stair-climbing on balance, gait, strength, resting heart rate, and submaximal endurance in healthy seniors. *Scand J Med Sci Sports* 24, e93-101. <https://doi.org/10.1111/sms.12113>
- Donath, L., Faude, O., Roth, R., Zahner, L., (2014b). Effects of stair-climbing on balance, gait, strength, resting heart rate, and submaximal endurance in healthy seniors. *Scand J Med Sci Sports* 24, e93-101. <https://doi.org/10.1111/sms.12113>
- Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ* 315, 629-634.

- Eyigor, S., Karapolat, H., Durmaz, B., Ibisoglu, U., Cakir, S. (2009). A randomized controlled trial of Turkish folklore dance on the physical performance, balance, depression and quality of life in older women. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 48, 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2007.10.008>
- Frankel, J.E., Bean, J.F., Frontera, W.R. (2006). Exercise in the elderly: research and clinical practice. *Clin. Geriatr. Med.* 22, 239–256; vii. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2005.12.002>
- Harber, M.P., Konopka, A.R., Douglass, M.D., Minchev, K., Kaminsky, L.A., Trappe, T.A., Trappe, S. (2009). Aerobic exercise training improves whole muscle and single myofiber size and function in older women. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 297, R1452–1459. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00354.2009>
- Hedges, L.V. (1981). Distribution Theory for Glass's Estimator of Effect Size and Related Estimators. *Journal of Educational Statistics* 6, 107–128. <https://doi.org/10.2307/1164588>
- Howe, T.E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D.A., Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev* CD004963. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004963.pub3>
- INEC. (2011). *Estimaciones y Proyecciones de población* | INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS [WWW Document]. URL <http://www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion> (accessed 2.25.19).
- Konopka, A.R., Douglass, M.D., Kaminsky, L.A., Jemiolo, B., Trappe, T.A., Trappe, S., Harber, M.P. (2010). Molecular Adaptations to Aerobic Exercise Training in Skeletal Muscle of Older Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 65A, 1201–1207. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq109>
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., Clarke, M., Devereaux, P.J., Kleijnen, J., Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 339, b2700.
- Lichtenstein, M.J., Shields, S.L., Shiavi, R.G., Burger, M.C. (1989). Exercise and balance in aged women: A pilot controlled clinical trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 70, 138–143. <https://doi.org/10.5555/uri:pii:0003999389901330>
- Lord, S. (1994). Effect of exercise on balance, strength and reaction time in older people. *Australian Journal of Physiotherapy* 40, 83–88. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60454-2](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60454-2)
- Lord, S., Castell, S. (1994). Effect of exercise on balance, strength and reaction time in older people. *Aust J Physiother* 40, 83–88. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60454-2](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60454-2)
- Lord, S.R., Clark, R.D., Webster, I.W. (1991). Physiological Factors Associated with Falls in an Elderly Population. *Journal of the American Geriatrics Society* 39, 1194–1200. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb03574.x>
- Marques, E.A., Figueiredo, P., Harris, T.B., Wanderley, F.A., Carvalho, J. (2017). Are resistance and aerobic exercise training equally effective at improving knee muscle strength and balance in older women? *Arch Gerontol Geriatr* 68, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.10.002>
- Morrison, S., Colberg, S.R., Parson, H.K., Vinik, A.I. (2014). Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy. *J. Diabetes Complicat.* 28, 715–722. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2014.04.007>

- Nichols, J.F., Omizo, D.K., Peterson, K.K., Nelson, K.P. (1993). Efficacy of heavy-resistance training for active women over sixty: muscular strength, body composition, and program adherence. *J Am Geriatr Soc* 41, 205–210.
- OMS. (2018). Organización Mundial de la Salud | *10 datos sobre el envejecimiento y la salud*. [WWW Document]. OMS. URL <http://www.who.int/features/factfiles/ageing/es/> (accessed 6.17.18).
- Thomas, J. R. & French, K. E. (1986). The use of meta analysis in exercise and sport: A tutorial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 196–204. [WWW Document], n.d. ResearchGate. URL [https://www.researchgate.net/publication/235977261\\_Thomas\\_J\\_R\\_French\\_K\\_E\\_1986\\_The\\_use\\_of\\_meta\\_analysis\\_in\\_exercise\\_and\\_sport\\_A\\_tutorial\\_Research\\_Quarterly\\_for\\_Exercise\\_and\\_Sport\\_57\\_196\\_204](https://www.researchgate.net/publication/235977261_Thomas_J_R_French_K_E_1986_The_use_of_meta_analysis_in_exercise_and_sport_A_tutorial_Research_Quarterly_for_Exercise_and_Sport_57_196_204) (accessed 2.23.19).
- Powers, S.K., Howley, E.T., Cotter, J., Pumpa, K., Leicht, A., Rattray, B., Muendel, T., Jong, X.J.D. (2014). *Exercise Physiology: Australia New Zealand*. McGraw-Hill Education (Australia) Pty Limited.
- Shigematsu, R., Chang, M., Yabushita, N., Sakai, T., Nakagaichi, M., Nho, H., Tanaka, K. (2002a). Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Ageing* 31, 261–266.
- Shigematsu, R., Okura, T. (2006). A novel exercise for improving lower-extremity functional fitness in the elderly. *Aging Clin Exp Res* 18, 242–248.
- Shkuratova, N., Morris, M.E., Huxham, F. (2004). Effects of age on balance control during walking. *Arch Phys Med Rehabil* 85, 582–588.
- Smart, N.A., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V., Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *Int J Evid Based Healthc* 13, 9–18. <https://doi.org/10.1097/XEB.000000000000020>
- Sturnieks, D.L., St George, R., Lord, S.R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin* 38, 467–478. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001>
- Whipple, R.H., Wolfson, L.I., Amerman, P.M. (1987). The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *J Am Geriatr Soc* 35, 13–20.
- WHO. (2018). World Health Organization | *Global recommendations on physical activity for health* [WWW Document]. Global recommendations on physical activity for health. URL [http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations/en/](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/) (accessed 7.6.18).