

ALTERACIONES DEL EQUILIBRIO Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN EL EQUILIBRIO DEL ADULTO MAYOR

Beatriz González-Parada, PT^{1,†}; Cristina Escolar-Martínez, PT^{1,†}; María Gómez-Jiménez, PhD¹; Cristina García-Casado, PT²; Buenaventura Barba-San-Román, PT³; Sergio Lerma-Lara, PhD^{1,4}

† Ambos autores han contribuido de forma similar

1. Departamento de Fisioterapia, Facultad de Ciencias de la Salud. Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

2. Residencia Orphea Aravaca, Madrid, España.

3. Residencia Sanitas Mirasierra, Madrid, España.

4. Motion in Brains Research Group, Instituto de Neurociencias y Ciencias del Movimiento (INCIMOV), Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

Correspondencia:

Sergio Lerma-Lara, PT, PhD.
Departamento de Fisioterapia. CSEU La Salle. Universidad Autónoma de Madrid.
Calle La Salle, nº 10, 28023 Madrid, España
Teléfono: (+34) 91 740 19 80
E-mail: sergio.lerma@lasallescampus.es

Conflicto de Intereses:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Este proyecto no ha sido presentado en ningún evento científico

Financiación:

Los autores declaran no haber recibido financiación/compensación para el desarrollo de esta investigación.

Comité de Ética:

CSEULS-PI-095-2015.

DOI:

<https://doi.org/10.37382/jomts.v2i2.35>

Recepción del Manuscrito:

3-Septiembre-2020

Aceptación del Manuscrito:

6-Noviembre-2020

Licensed under:
CC BY-NC-SA 4.0



RESUMEN

Objetivo: Evaluar cuantitativamente mediante posturografía la mejora en el equilibrio después de una intervención con ejercicio terapéutico basado en un programa de fuerza y resistencia muscular. Evaluar cambios en Kinesiofobia asociados a la intervención mediante la versión española de la Escala Tampa de Kinesiofobia (TSK-11SV).

Material y métodos: Se reclutó una muestra de 15 mayores de 60 años en la Residencia Orphea de Aravaca, 13 mujeres y 2 hombres, a los que se realizaron pruebas de equilibrio con el Posturógrafo Basic Balance Master de Neurocom®: Modified Clinical Test for the Sensory Interaction on Balance (mCTSIB), Limits of Stability (LOS) y Weigh and Bearing Squat (WBS). A todos los sujetos se les administró la TSK-11SV. Tras realizar un programa de ejercicio centrado en la mejora de la fuerza y resistencia durante cuatro semanas, se evaluaron los cambios en las variables registradas. Se utilizó el programa IBM SPSS Statistic ver 22.0 para Windows.

Resultados: Se encontraron diferencias significativas en los siguientes pares de variables pre y postintervención: Fírmate ojos abiertos (FirmOA: 0,018); Fírmate ojos cerrados (FirmOC: 0,025); Foam ojos cerrados (FoamOC: 0,004); Fírmate compuesto (FirmComp: 0,006); Velocidad de movimiento compuesto (MVLcomp: 0,001). Además se observaron diferencias significativas basadas en rangos positivos en el Foam ojos abiertos (FoamOA: 0,003). En la TSK-11SV se obtuvieron puntuaciones bajas en el pre: 23,00±5,74 y mejoría en el post: 15,26±10,33. Ambos valores fueron sugerentes de una kinesiofobia baja.

Conclusiones: Se puede afirmar que el programa de ejercicio de fuerza y resistencia tiene efectos directos sobre la mejora del equilibrio en el paciente mayor, sobre todo en los sistemas de aferencia y en la rapidez con que se ejecuta el movimiento dentro de los límites de estabilidad.

Palabras Clave: Equilibrio, Fuerza, Paciente mayor, Posturografía, Ejercicio.

INTRODUCCIÓN

Según la Sociedad Española de Geriátría y Gerontología (SEGG), se define paciente mayor como aquel que presenta edad superior a 60 años independientemente de su situación general. En el caso del paciente geriátrico, se añade a la edad la idea de trastorno funcional físico y/o psíquico, de pluripatología, de polifarmacia y de fragilidad social ([Sociedad Española de Geriátría y Gerontología](#)).

El aumento de los años aumenta la prevalencia de enfermedades, caídas y discapacidad pero de forma no homogénea. Distintos ensayos clínicos han demostrado que la prevención eficaz de caídas incluye intervenciones en el entrenamiento del equilibrio combinado con entrenamiento de la fuerza entre otros ([Freiberger et al., 2013](#)). Se han identificado múltiples factores de riesgo para el aumento de caídas en el paciente mayor como la medicación, la sarcopenia, o las alteraciones visoperceptivas o cognitivas, pero la marcha y los déficits de equilibrio han sido los más estudiados ([Srulijes et al., 2015](#)).

El incremento de este riesgo de caída en personas mayores va asociado a una mayor carga sanitaria, social y económica, por lo que sería beneficioso reducirlo ([United Nations, 2013](#)).

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), se estima que en España el porcentaje de población mayor de 64 años, que actualmente se sitúa en el 18,1% pasaría a ser el 24,9% en 2029 y del 38,7% en 2064 ([Instituto Nacional de Estadística, 2014](#)). Este dato indica la necesidad de dirigir investigaciones científicas no sólo a tratar las patologías asociadas al envejecimiento sino también a promover que este sea lo más saludable posible ([Carbonell et al., 2009](#)). Los trastornos del equilibrio son comunes en personas mayores, siendo un importante factor de riesgo para las caídas. Estos trastornos se deben a varios déficits de la función sensorio-motora y se manifiestan en una limitación en la capacidad de realizar las actividades de la vida diaria con fluidez ([Carbonell et al., 2009](#)).

Se puede definir equilibrio postural como la habilidad para mantener la estabilidad y posición

corporales correctas en relación con el entorno y dentro de unos parámetros que proporcionen las respuestas adecuadas para realizar las actividades de la vida diaria (AVD) en posición estática o dinámica, como mantener la bipedestación, sentarse y levantarse o caminar ([Melian, 2016](#)).

La posturografía proporciona datos cuantificables relacionados con la capacidad del sujeto para utilizar las informaciones aferentes (vestibular (VES), visual (VIS) y somatosensorial (SOM)), permite cuantificar el control postural (CP), facilita también conocer el estado funcional del sujeto y orientar los programas de tratamiento o recuperación de una forma más específica. Se consigue minimizar el impacto funcional de las disfunciones y mejorar la capacidad funcional al ser más selectivo identificando los déficits.

Según Winter, el equilibrio sería “un término genérico que describe la dinámica de la postura corporal para prevenir las caídas, relacionado con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y las características inerciales de los segmentos corporales” ([Winter, 1995](#)). Estas fuerzas deben ser contrarrestadas continuamente por la acción muscular, entre otros ([Alexander, 1994](#)).

El control postural a su vez se sustenta en el funcionamiento integrado de los órganos y sistemas sensoriales, motor y central sobre los que pueden influir además factores cardiovasculares, respiratorios, metabólicos y psicológicos ([Sociedad Española de Geriátría y Gerontología, 2007](#)). El concepto inicial de Sherrington (1910), que entiende el control postural como una concatenación de acciones reflejas se ha ido modificando por el de control central regulado a partir de aferencias periféricas y en el que participa el sistema nervioso en su totalidad de una forma compleja y condicionada por el entorno ([Pompeiano, 1994](#)) ([Figura 1](#)).

La inestabilidad en el adulto mayor puede ser consecuencia de la afectación en cualquiera de los sistemas descritos o en el procesamiento central como resultado de una patología específica o del

deterioro progresivo asociado a la edad (Melian, 2016).

La fuerza y la masa muscular alcanzan su pico máximo entre la segunda y la cuarta décadas de la vida, produciéndose después una declinación progresiva (Felipe Salech et al., 2012). El Grupo Internacional de Sarcopenia (IWGS) define esta condición por consenso en el 2009 como “pérdida de la masa y función del músculo esquelético relacionado con la edad. La sarcopenia es un síndrome complejo que se asocia con pérdida de

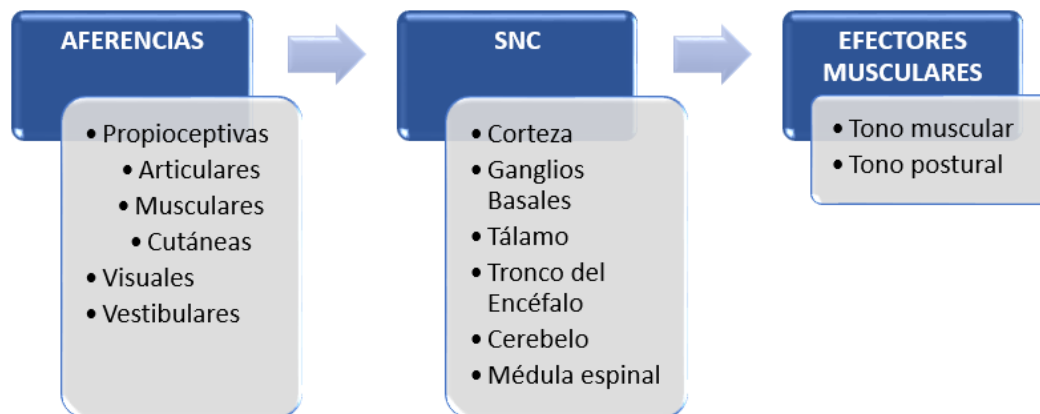
programa de ejercicio terapéutico centrado en el entrenamiento de la fuerza.

MÉTODOS

Participantes

El protocolo de estudio fue aprobado por el comité de ética del Centro de Estudios Universitarios La Salle, Aravaca (CSEULS-PI-095/2015). Posteriormente, se reclutó una muestra de 15 personas en la Residencia de Mayores Orphea de

Figura 1. Elementos que intervienen en el control central.



masa muscular sola o en conjunción con el aumento de la masa grasa. Las causas de la sarcopenia son multifactoriales y pueden incluir desuso, cambio en la función endocrina, enfermedades crónicas, inflamación, resistencia a la insulina y deficiencias nutricionales” (Fielding et al., 2011). Este déficit produce una disminución de la capacidad para generar fuerza explosiva y limita la habilidad de respuesta rápida a una pérdida del equilibrio incrementando el riesgo de caída. Este aumento del tiempo de reacción es más significativo durante tareas cognitivas demandantes y movimientos complejos (Lord et al., 2003). Otros cambios del envejecimiento que afectan al equilibrio se detallan en el Anexo 1 (Berkow R, 2001).

El objetivo de este estudio es evaluar la correlación existente entre el equilibrio y la fuerza muscular en el adulto mayor tras implementar un

Aravaca (Madrid), previa solicitud de permiso y colaboración por escrito al centro y consentimiento informado a los participantes.

Como criterios de inclusión se determinaron ser mayor de 60 años y consentir voluntariamente participar en el estudio. Como criterios de exclusión cualquier condicionante físico o patología diagnosticada, presentes en el momento del estudio, que limiten o impidan al anciano la realización del programa de ejercicio:

- Insuficiencia renal, hepática, pulmonar o cardíaca graves.
- Procesos oncológicos.
- Enfermedades contagiosas agudas y crónicas.
- Enfermedades no controladas (ej.: anorexia nerviosa, epilepsia, diabetes, enfermedades del sistema nervioso central).
- Fractura o intervención quirúrgica.

- Inmovilización/ encamamiento
- Imposibilidad de bipedestación
- Alteraciones cognitivas y del comportamiento que impidan la participación en el estudio.

El evaluador registró los datos obtenidos en una tabla de Excel de manera anónima para su posterior evaluación estadística. Se utilizó un código numérico para cada participante.

Procedimiento

Se realizaron mediciones pre intervención y tras un programa de ejercicio de un mes de duración.

Para el análisis del equilibrio se utilizó un posturógrafo Basic Balance Master de Neurocom® (Figura 2) cuya plataforma incorpora sensores que recogen las variaciones de presión ejercidas por el paciente en diferentes situaciones estáticas o dinámicas. De estos, cuatro transductores registran las fuerzas sobre el eje vertical y otro las del plano horizontal paralelo al suelo. Todo ello se analiza mediante un software específico incorporado a un ordenador y se informa mediante parámetros numéricos o gráficos

Las pruebas realizadas en este estudio fueron (Neurocom International):

- *Modified Clinical Test for the Sensory Interaction on Balance (mCTSIB).*

Test derivado del Sensory Organization Test (SOT) que evalúa objetivamente los sistemas de aferencias (visual, vestibular y somatosensorial o propioceptivo) sobre el equilibrio estático. Se cuantifica la velocidad de oscilación postural (VOP) y se registra la posición del centro de gravedad (COG) bajo cuatro condiciones sensoriales: ojos abiertos y cerrados en superficie fija (FirmOA y FirmOC) y ojos abiertos y cerrados en superficie con foam (FoamOA y FoamOC) en cada test. Se registra además un valor compuesto denominado Firmcomp.

- *Limits of Stability Test (LOS).*

Limits of Stability Test (LOS), cuantifica la distancia máxima de desplazamiento voluntario del centro de gravedad (COG) dentro del cono de

equilibrio. Los parámetros que se obtienen son: tiempo de reacción (RT); velocidad de movimiento (MVL); punto de excursión final máxima (MXE) y control direccional (DCL). En el análisis de datos se contemplaron los valores compuestos de dichas variables: tiempo de reacción compuesto (RTcomp); velocidad de movimiento compuesto (MVLcomp); punto de excursión final máxima izquierda compuesto (PFMEicomp); punto de excursión final máxima derecha compuesto (PFMEDcomp) y control direccional compuesto (DCLcom).

Figura 2. Posturógrafo Basic Balance Master de Neurocom® (Neurocom International)



- *Weight Bearing/Squat (WBS).*

Registra el porcentaje de peso repartido en cada pierna durante una flexión de rodillas a 0, 30, 60 y 90 grados. Tenemos así las variables: peso y soporte a 0° izquierdo (WBI0); peso y soporte a 30° izquierdo (WBI30); peso y soporte a 60° izquierdo (WBI60); peso y soporte a 90° izquierdo (WBI90); peso y soporte a 0° derecho (WBD0); peso y soporte a 30° derecho (WBD30); peso y soporte a 60° derecho (WBD60); peso y soporte a 90° derecho (WBD90).

- *La versión española de la Escala Tampa de Kinesiofobia (TSK-11SV).*

Consiste en un cuestionario de 11 ítems tipo Likert que van desde 1 (totalmente desacuerdo) hasta

4 (totalmente de acuerdo) acerca del miedo al movimiento o a la lesión. Los pacientes tienen que señalar su grado de acuerdo con cada una de las afirmaciones presentadas. Una puntuación alta, indicará mayor miedo al movimiento (García-Campayo et al., 2008; Zafra-Polo et al., 2014). Validez y fiabilidad: ICC = 0,81, error estándar de medición 2,41 (90% CI, 1,47-2,49), y cambio mínimo detectable (CMD) 4,8 puntos (Woby et al., 2005; Hapidou et al., 2012) (Anexo 2).

Intervención

Se realizó un programa de ejercicios de fuerza y resistencia dos veces en semana (miércoles y viernes) durante al menos una hora cada día durante 4 semanas entre los meses de abril y mayo de 2017.

La muestra (n = 12, 10 mujeres, 2 hombres. Edad media: $87,4 \pm 4,41$ años) se dividió en dos grupos para facilitar el uso del material disponible (G1: n = 7, 6 mujeres, 1 hombre; G2: n = 5, 4 mujeres, 1 hombre). Durante la realización del programa hubo 3 bajas definitivas, uno del G1 y dos del G2.

El programa fue guiado por fisioterapeutas y alumnos de grado y consistió en un calentamiento de movilidad articular activa simple durante 10 min. Seguido de sentadillas, marcha con cambios de sentido, subida y bajada de escaleras, bicicleta, elevación de miembros inferiores al pecho de forma alternativa y marcha militar, incrementando la dificultad e intensidad de los ejercicios de manera progresiva semanalmente. Se finaliza con estiramientos de trapecio, esternocleidomastoideo, cuádriceps, isquiotibiales y gemelos (Cadore et al., 2013; Zhuang et al., 2014; McCullagh et al., 2016). Se detalla el programa en el Anexo 3.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de los datos con el programa IBM SPSS Statistic ver. 22.0 para Windows (IBM Co., Armonk, NY, USA).

Se utilizó el test de Saphiro-Wilk, para evaluar la normalidad de la diferencia de las variables preintervención y postintervención de la muestra ($p > 0,05$). Se usaron estadísticos descriptivos para

resumir los datos de las variables continuas. Dichas variables se presentan en la Tabla 1 como medias y desviación estándar con un intervalo de confianza del 95%. Se realizaron las pruebas de t de Student y la de rangos y signos de Wilcoxon ($p \geq 0,05$) para probar la diferencia entre el rango de valores pareados de las variables pre y post intervención. Se comprobó el tamaño del efecto con el estadístico d de Cohen.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos.

	N	Media	DS
Edad	15	87,40	4,40
Peso	15	66,14	13,05
Estatura	15	157,93	8,52
Sexo	15	0,87	0,35
Caídas	15	0,60	0,51
Ejercicio	15	0,60	0,51

DS: Desviación estándar; N: Tamaño de la muestra.

RESULTADOS

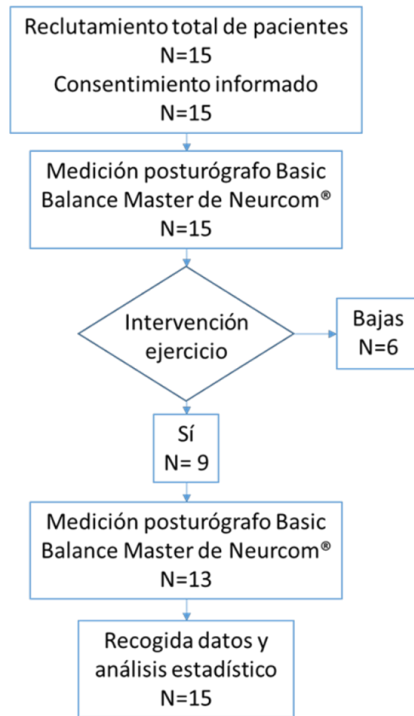
Se midieron 15 pacientes preintervención y 12 postintervención, con un porcentaje del 86,66% de mujeres y una media de edad de $87,40 \pm 4,40$ años. En el test LOS preintervención, un participante no pudo realizarlo por fatiga. De los participantes medidos un 60% se ha caído en el último año (Figura 3).

Se realizaron los test de normalidad en la diferencia de medidas preintervención y postintervención encontrándose normalidad en todos los parámetros excepto en la diferencia en la prueba realizada con ojos abiertos sobre la superficie inestable (0,021). Teniendo en cuenta estos resultados, se realizó la prueba t de Student ($p \leq 0,05$) para evaluar la variable diferencia pre-post de todos los parámetros y la Z de Wilcoxon para DifFoamOA (Tablas 2 y 3).

Encontramos diferencias significativas en los siguientes pares de variables: FirmOA & PFirmOA (0,018); FirmOC & PFirmOC (0,025); FoamOC & PFOamOC (0,004); FirmComp & PFirmComp (0,006); MVLcomp & PMVLcomp (0,001) (Tabla

2). Además existen diferencias significativas basadas en rangos positivos en el FoamOA (0,003) (Tabla 3).

Figura 3. Diagrama de flujo.



Para calcular el tamaño del efecto se realizó la prueba de Cohen, que clasifica la magnitud del efecto como pequeño (0,20-0,49), medio (0,50-0,79) o grande ($\geq 0,8$) (Cohen, 1988). Se obtuvo un tamaño del efecto grande en la variable correspondiente al MVLCComp, medio en FoamOC y Firmcomp y pequeño en FirmOA y FirmOC. Por lo que los resultados de MVLCComp, FoamOC y Firmcomp indican una mejoría fuerte relacionada con seguridad con la intervención (Tabla 4).

Aunque no hubo mejoría en la TSK-11 SV en función de la intervención, las puntuaciones que se obtienen en ambas mediciones indican kinesiofobia baja (pre: $23,00 \pm 5,745$ y post $15,26 \pm 10,33$) (García-Campayo et al., 2008).

DISCUSIÓN

Diferentes estudios demuestran que los ancianos que realizan un entrenamiento de fuerza mejoran la

realización de las AVD (Izquierdo et al., 1999; Cadore et al., 2013, 2014).

Lelard and Ahmaidi, (2015) informaron que los ejercicios de fuerza son beneficiosos para tareas dinámicas y los de propiocepción para las pruebas estáticas relacionadas con el equilibrio y Shumway-Cook et al., (1997) observaron que los programas de ejercicios combinados mejoran el equilibrio en el adulto mayor. Lord et al., (1992) señalaron que la capacidad disminuida para generar fuerza rápidamente limita la habilidad de responder inmediatamente a una pérdida del equilibrio aumentando las posibilidades de caída. Izquierdo et al., (1999) al estudiar jóvenes, adultos y ancianos finlandeses concluyeron que en ancianos la fuerza parece más importante para el equilibrio que en los jóvenes debido a la tardanza en desplazar el centro de presiones (COP) hasta una diana iluminada.

En el presente estudio, tras realizar el programa de ejercicio centrado en el entrenamiento de la fuerza muscular y la resistencia se obtuvieron cambios en las variables FoamOA y PFOamOA, lo que implica una mejora del sistema propioceptivo, ya que la prueba se realiza sobre una superficie inestable. Esta mejora ya viene reflejada en el estudio de Zhuang y colaboradores que utilizaron un programa de ejercicio combinado que resultó en una disminución del riesgo de caídas en el anciano (Zhuang et al., 2014). Este hallazgo es importante puesto que existe evidencia que relaciona el compromiso de la propiocepción y sensibilidad de miembros inferiores con trastornos del equilibrio en adultos mayores (Melian, 2016).

Los participantes también mejoraron su puntuación en la variable PPMVLCComp (posterior a la intervención), de lo que se deduce una mejoría en la velocidad del movimiento. Según este dato, deducimos que el programa de ejercicio podría tener una repercusión sobre la disminución del uso de ortesis, puesto que parece ser que el uso de ortesis ralentiza la velocidad de movimiento (Lorena Cerda, 2014).

Por otro lado, unos LOS alterados o un ajuste del desplazamiento del COG inadecuado dificultan la

capacidad de realizar el movimiento de forma segura y es fácil que se produzca una caída (Ortuño-Cortés et al., 2008).

Toole et al., (2000) demostraron que el aumento de la fuerza del cuádriceps junto con un programa de entrenamiento del equilibrio en pacientes con enfermedad de Parkinson tienen relación con una

mejora en los LOS. En nuestro estudio el único par de parámetros que ha mostrado mejoría de los que componen esta prueba es el MVLComp. Esta velocidad de desplazamiento, guarda relación con la distancia recorrida por el centro de presiones, ambas importantes para mantener el COG dentro de los límites ante un desequilibrio y estudiadas por Norré,

Tabla 2. T de Student.

		N	Media	DS	T-Test Cor.	Sig.
PAR 1	FirmOA & PFirmOA	12	-0,041	0,108	0,666	0,018*
PAR 2	FirmOC & PFirm OC	12	-0,058	0,137	0,640	0,025*
PAR 4	FoamOC & PFoamOC	12	0,208	0,314	0,762	0,004*
PAR 5	Firmcomp & PFirmcomp	12	0,075	0,128	0,739	0,006*
PAR 6	RTcomp & PRTcomp	11	-0,132	0,508	0,352	0,288
PAR 7	MVLcomp & PMVLcomp	11	-0,281	0,306	0,839	0,001**
PAR 8	PFMEicomp & PPFMEicomp	11	-9,181	12,496	0,012	0,973
PAR 9	PFMEDcomp & PPFMEDcomp	11	-11,363	12,460	0,257	0,446
PAR 10	DCLcomp & PDCLcomp	11	-13,454	21,823	-0,249	0,460
PAR 11	WBI0 & PWBI0	12	-0,416	8,999	0,364	0,244
PAR 12	WBI30 & PWBI30	12	2,083	11,516	0,103	0,749
PAR 13	WBI60 & PWBI60	12	0,416	10,991	0,523	0,081
PAR 14	WBI90 & PWBI90	12	2,416	9,538	0,466	0,127
PAR 15	WBD0 & PWBD0	12	0,416	8,999	0,364	0,244
PAR 16	WBD30 & PWBD30	12	-2,083	11,516	0,103	0,749
PAR 17	WBD60 & PWBD60	12	-0,416	10,991	0,523	0,081
PAR 18	WBD90 & PWBD90	12	-2,416	9,538	0,466	0,127
PAR 19	TSK11 & PTK11	15	7,733	12,897	-0,224	0,423

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05; **. La correlación es significativa en el nivel 0,01

DS: Desviación estándar; T-Test cor.: t-test correlaciones; Sig.: significación; FirmOA & PFirmOA: Firme ojos abiertos pre y postintervención; FirmOC & PFirmOC: Firme ojos cerrados pre y postintervención; FoamOC & PFoamOC: Foam ojos cerrados pre y postintervención; Firmcomp & PFirmcomp: Firme compuesto pre y postintervención; RTcomp & PRTcomp: Tiempo de reacción compuesto pre y postintervención; MVLcomp & PMVLcomp: Velocidad de movimiento compuesto pre y postintervención; PFMEicomp & PPFMEicomp: Punto de Excursión final máxima izquierda compuesto pre y postintervención; PFMEdcomp & PPFMEDcomp: Punto de Excursión final máxima derecha compuesto pre y postintervención; DCLcomp & PDCLcomp: Control direccional compuesto pre y postintervención; WBI0 & PWBI0: Peso y soporte a 0° izquierdo pre y postintervención; WBI30 & PWBI30: Peso y soporte a 30° izquierdo pre y postintervención; WBI60 & PWBI60: Peso y soporte a 60° izquierdo pre y postintervención; WBI90 & PWBI90: Peso y soporte a 90° izquierdo pre y postintervención; WBD0 & PWBD0: Peso y soporte a 0° derecho pre y postintervención; WBD30 & PWBD30: Peso y soporte a 30° derecho pre y postintervención; WBD60 & PWBD60: Peso y soporte a 60° derecho pre y postintervención; WBD90 & PWBD90: Peso y soporte a 90° derecho pre y postintervención; TSK11 & PTK11: Escala TAMPA de kinesiología pre y postintervención

(1993) y Baloh et al., (1998) entre otros.

El programa de ejercicio tuvo una influencia moderada en las variables de FoamOC y FirmComp y poco efecto en FirmOA y FirmOC. Si consideramos que estas variables del equilibrio miden las aferencias más relacionadas con el sistema vestibular y el visual y en base al tamaño del efecto, significa que el programa de ejercicio terapéutico de este estudio produjo mayores beneficios en el sistema vestibular. Aunque se podría afirmar que el sistema vestibular es importante en el equilibrio global, no pueden desestimarse las aferencias de los otros sistemas sensitivos, como han descrito otros autores (Alexander, 1994). De hecho, Gill-Body KM and Callahan J, (2001) sostienen que las estrategias de intervención deben considerar el compromiso musculoesquelético además de los componentes motores y sensoriales que actúan en el control postural.

Tabla 3. T de Student.

		N	Media	DS	Z-Test Cor.	Sig.
PAR 3	FoamOA & PfoamOA	12	0,216	0,189	-2,966 ^b	0,003*

a. Test de rangos de Wilcoxon; b. Basado en rangos positivos; c. Basado en rangos negativos

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05; **. La correlación es significativa en el nivel 0,01

DS: Desviación estándar; Z-Test cor.: Z-test correlaciones; Sig.: significación; FoamOA & PfoamOA: Foam ojos abiertos pre y postintervención

A la vista de los resultados, y en base a la literatura referenciada se propone que un programa de ejercicios basado en el entrenamiento de la resistencia y la fuerza muscular es de interés clínico para mejorar el equilibrio en el adulto mayor.

Limitaciones

El tamaño y la edad media de la muestra son insuficientes para extrapolar los resultados a la población general. La no existencia de grupo control aleatorizado y las bajas sufridas durante el programa acrecientan este inconveniente. El hecho de la institucionalización es otro factor a tener en cuenta como sesgo de la muestra. Cabe la posibilidad de

sesgo de selección debido a la forma de obtención de la muestra.

Además se detectan una serie de problemas intrínsecos al proceso de análisis posturográfico en sí

Tabla 4. Tamaños de efecto de Cohen.

Variable	Significación	D de Cohen
DifFirmOA	0,018*	0,384
DifFirmOC	0,025*	0,422
DifFoamOA	0,003*	1,141
DifFoamOC	0,004*	0,661
DifFirmcomp	0,006*	0,582
DifRTcomp	0,288	0,261
DifMVLcomp	0,001**	0,920
DifPFMEicomp	0,973	0,734
DifPFMEdcomp	0,446	0,911
DifDCLcomp	0,460	0,616
DifWBI0	0,244	0,046
DifWBI30	0,749	0,180
DifWBI60	0,081	0,037
DifWBI90	0,127	0,253
DifWBD0	0,244	0,046
DifWBD30	0,749	0,180
DifWBD60	0,081	0,037
DifWBD90	0,127	0,253
DifTSK	0,423	0,599

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05; **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 DifFirmOA: Diferencia firme ojos abiertos; DifFirmOC: Diferencia firme ojos cerrados; DifFoamOA: Diferencia foam ojos abiertos; DifFoamOC: Diferencia foam ojos cerrados; DifFirmcomp: Diferencia firme compuesto; DifRTcomp: Diferencia tiempo de reacción compuesto; DifMVLcomp: Diferencia velocidad de movimiento compuesto; DifPFMEicomp: Diferencia punto de excursión final máxima izquierda compuesto; DifPFMEdcomp: Diferencia punto de excursión final máxima derecha compuesto; DifDCLcomp: Diferencia control direccional compuesto; DifWBI0: Diferencia peso y soporte a 0° izquierdo; DifWBI30: Diferencia peso y soporte a 30° izquierdo; DifWBI60: Diferencia peso y soporte a 60° izquierdo; DifWBI90: Diferencia peso y soporte a 90° izquierdo; DifWBD0: Diferencia peso y soporte a 0° derecho; DifWBD30: Diferencia peso y soporte a 30° derecho; DifWBD60: Diferencia peso y soporte a 60° derecho; DifWBD90: Diferencia peso y soporte a 90° derecho

mismo que deben tenerse en cuenta como posibles limitaciones. La presencia de aprendizajes motores y posturales previos y situaciones de fatiga del participante, la variabilidad interindividual en motivación, atención y comprensión de las normas necesarias para realizar la exploración, la ansiedad del sujeto durante la prueba y la carencia de normas universales para la realización de la misma y la interpretación de resultados.

En cuanto a la intervención, se considera que un programa de ejercicio de mayor duración podría haber tenido mejores resultados. A este respecto, la edad es un factor condicionante para no instaurar el mismo, puesto que tener expectativas de mejora a largo plazo dificulta la participación para este grupo. La oferta de actividades de ocio alternativas en la residencia acrecienta la dificultad de participación en programas de ejercicio que, aunque se saben beneficiosos, son más costosos que otro tipo de actividades.

La edad avanzada de la muestra hace que puedan aparecer cambios degenerativos y empeoramiento de patologías y déficits existentes con más frecuencia a pesar de introducir un tiempo de estudio breve.

La presión familiar es otro factor a tener en cuenta sobre la implicación del paciente en el programa, tanto de forma positiva como negativa. No se ha registrado este dato cuantitativamente lo cual supone otra limitación.

Además, los participantes son usuarios de una Residencia Privada del norte de la Comunidad de Madrid, lo que implica la participación en los programas de fisioterapia del centro anterior al realizado en el estudio. No se puede despreciar el efecto que estos proyectos puedan tener sobre el equilibrio de los participantes.

Se pone de manifiesto la necesidad de estudios con una muestra más amplia y variada en cuanto a edad y proveniencia.

CONCLUSIÓN

Se puede afirmar que el programa de ejercicio de fuerza y resistencia tiene efectos directos sobre la mejora del equilibrio en el paciente mayor, sobre

todo en los sistemas de aferencia y en la rapidez con que se ejecuta el movimiento dentro de los límites de estabilidad. Son necesarios más estudios en este campo para determinar las dosis necesarias así como los efectos a largo plazo de este tipo de intervenciones.

FRASES DESTACADAS

- El entrenamiento de fuerza mejora el equilibrio y el desempeño en las actividades de la vida diaria en el adulto mayor.
- Tras un programa de ejercicios de fuerza y resistencia de 4 semanas, se observaron cambios en el equilibrio estático y la velocidad de movimiento.
- El miedo al movimiento no presentó cambios significativos tras la intervención.

REFERENCIAS

- Alexander NB. Postural Control in Older Adults. *J Am Geriatr Soc. J Am Geriatr Soc*; 1994;42(1):93–108 DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.1994.tb06081.x>.
- Baloh RW, Jacobson KM, Enrietto JA, Corona S, Honrubia V. Balance disorders in older persons: Quantification with posturography. *Otolaryngol - Head Neck Surg. SAGE Publications Inc.*; 1998;119(1):89–92 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0194-5998\(98\)70177-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0194-5998(98)70177-9).
- Berkow R BM. Manual Merck de Geriátría (segunda edición en castellano) - Dialnet. 2nd ed. España: Elsevier; 2001.
- Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, Rodríguez-Mañas L, Izquierdo M. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Omaha). Springer Science and Business Media Netherlands*; 2014;36(2):773–85 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11357-013-9586-z>.
- Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Res. Mary Ann Liebert, Inc.*; 2013;16(2):105–14 DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/rej.2012.1397>.
- Carbonell A, Aparicio García-Molina V, Delgado Fernández M.

- Involución de la condición física por el envejecimiento. *Apunt Sport Med.* 2009;44(162):98–103.
- Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* Second Edition. 2nd ed. Hillsdale NLE, editor. 1988.
- Felipe Salech M, Rafael Jara L, Luis Michea A. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Rev Médica Clínica Las Condes.* Elsevier BV; 2012;23(1):19–29 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640\(12\)70269-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640(12)70269-9).
- Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, Abellan van Kan G, Andrieu S, Bauer J, Breuille D, Cederholm T, Chandler J, De Meynard C, Donini L, Harris T, Kannt A, Keime Guibert F, Onder G, Papanicolaou D, Rolland Y, Rooks D, Sieber C, Souhami E, Verlaan S, Zamboni M. Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. International Working Group on Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* Elsevier Inc.; 2011;12(4):249–56 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>.
- Freiberger E, Blank WA, Salb J, Geilhof B, Hentschke C, Landendoerfer P, Halle M, Siegrist M. Effects of a complex intervention on fall risk in the general practitioner setting: A cluster randomized controlled trial. *Clin Interv Aging.* Dove Press; 2013;8:1079–88 DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S46218>.
- García-Campayo J, Rodero B, Alda M, Sobradie N, Montero J, Moreno S. Validación de la versión española de la escala de la catastrofización ante el dolor (Pain Catastrophizing Scale) en la fibromialgia. *Med Clin (Barc).* 2008;131(13):487–93.
- Gill-Body KM, Callahan J. *Current Concepts in the Management of Individuals With Vestibular Dysfunction*, 2nd Ed - APTA Learning Center. Am Phys Ther Assoc. 2001;22.
- Hapidou EG, O'Brien MA, Pierrynowski MR, de las Heras E, Patel M, Patla T. Fear and avoidance of movement in people with chronic pain: Psychometric properties of the 11-item Tampa scale for Kinesiophobia (TSK-11). *Physiother Canada.* Physiother Can; 2012;64(3):235–41 DOI: <http://dx.doi.org/10.3138/ptc.2011-10>.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). España en cifras 2015. Catálogo de publicaciones oficiales de la Administración General del Estado. 2014. p. 1–54.
- Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* Springer Verlag; 1999;79(3):260–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004210050504>.
- Lelard T, Ahmaidi S. Effects of physical training on age-related balance and postural control. *Neurophysiol Clin.* Elsevier Masson SAS; 2015;45(4–5):357–69 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.008>.
- Lord SR, McLean D, Stathers G. Physiological factors associated with injurious falls in older people living in the community. *Gerontology.* Gerontology; 1992;38(6):338–46 DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000213351>.
- Lord SR, Menz HB, Tiedemann A. A physiological profile approach to falls risk assessment and prevention. *Phys Ther.* American Physical Therapy Association; 2003;83(3):237–52 DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/83.3.237>.
- Lorena Cerda A. Manejo del trastorno de marcha del adulto mayor. *Rev Médica Clínica Las Condes.* Elsevier BV; 2014;25(2):265–75 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640\(14\)70037-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640(14)70037-9).
- McCullagh R, O'Connell E, O'Meara S, Perry I, Fitzgerald A, O'Connor K, Horgan NF, Timmons S. A study protocol of a randomised controlled trial to measure the effects of an augmented prescribed exercise programme (APEP) for frail older medical patients in the acute setting. *BMC Geriatr. BioMed Central;* 2016;16(1) DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12877-016-0252-z>.
- Melian C. Trastornos del equilibrio en el adulto mayor. *Rev FASO-AÑO 23 Supl Vestib 2º Part.* 2016; 23(2):47-53
- Neurocom International. *Balance Master Operator Manual.* Versión 2.04. EEUU: 2000.
- Norré ME. Sensory interaction testing in platform posturography. *J Laryngol Otol.* J Laryngol Otol; 1993;107(6):496–501 DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0022215100123564>.
- Ortuño-Cortés MA, Martín-Sanz E, Barona-De Guzmán R. Posturografía estática frente a pruebas clínicas en ancianos con vestibulopatía. *Acta Otorrinolaringol Esp.* Ediciones Doyma, S.L.; 2008;59(7):334–40 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-6519\(08\)75552-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-6519(08)75552-3).
- Pompeiano O. Neural mechanism of postural control. *Vestibular and neural front.* Amsterdam. Elsevier; 1994. p. 423-36.
- SEGG. Información y actualidad de la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología [Internet]. Available from: <https://www.segg.es/>
- SEGG. *Tratado de Geriatria para residentes.* 2007. Madrid: Sociedad Española de Geriatria y Gerontología; 2007. 820.
- Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys Ther.* American Physical Therapy Association; 1997;77(1):46–57 DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/77.1.46>.
- Srulljes K, Mack DJ, Klenk J, Schwickert L, Ihlen EAF, Schwenk M, Lindemann U, Meyer M, K.C. S, Hobert MA, Brockmann K, Wurster I, Pomper JK, Synofzik M, Schneider E, Ilg U, Berg D, Maetzler W, Becker C. Association between vestibulo-ocular reflex suppression, balance, gait, and fall risk in ageing and neurodegenerative disease: Protocol of a one-year prospective follow-up study. *BMC Neurol. BioMed Central Ltd.;* 2015;15(1):192–203 DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12883-015-0447-5>.
- Toole T, Hirsch MA, Forkink A, Lehman DA, Maitland CG. The effects of a balance and strength training program on equilibrium in Parkinsonism: A preliminary study.

- NeuroRehabilitation. IOS Press; 2000;14(3):165–74 DOI: <http://dx.doi.org/10.3233/nre-2000-14306>.
- United Nations. World Population Ageing 2013. New York, 2013.
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. 1995;3:193–214.
- Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. Psychometric properties of the TSK-11: A shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. Pain. Pain; 2005;117(1–2):137–44 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2005.05.029>.
- Zafra-Polo MT, Pastor-Mira MA, López-Roig S. Autoeficacia, catastrofismo, miedo al movimiento y resultados de salud en la Fibromialgia. An Psicol. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia; 2014;30(1):104–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.1.151541>.
- Zhuang J, Huang L, Wu Y, Zhang Y. The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adul. Clin Interv Aging. Dove Medical Press Ltd.; 2014;9:131–40 DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S56682>.

ANEXO 1. Principales cambios morfológicos y funcionales de los distintos aparatos y sistemas con la edad.

	Cambios morfológicos	Cambios funcionales
Aparato cardiovascular	– Disminución en peso y tamaño cardiacos – Disminución de células marcapaso – Engrosamiento de la pared posterior ventrículo izquierdo y pared arterial – Aumento de las áreas de fibrosis – Pérdida de elasticidad vascular – Degeneración y calcificaciones valvulares y subvalvulares	– Disminución del gasto cardiaco – Aumento de la recuperación postejercicio – Utilización del mecanismo de Frank- Starling para mantener el volumen minuto con el ejercicio – Probable pérdida de la contractilidad durante el ejercicio y – Limitación para alcanzar altas frecuencias con el ejercicio intenso
Aparato respiratorio	– Calcificación de los cartílagos traqueales – Disminución del número y actividad de los cilios – Aumento en número y tamaño de las glándulas mucosas bronquiales – Pérdida del resorte elástico y de la elasticidad pulmonar – Reorganización de la arquitectura alveolar	– Aumento del volumen residual y del espacio muerto – Disminución de la capacidad vital y del volumen de reserva espiratorio – Disminución progresiva de la capacidad de difusión
Sistema nervioso	– Pérdida de peso del cerebro (10% entre los 20 y 90 años) – Aumento del tamaño de los surcos inter hemisféricos y de los ventrículos cerebrales – Fibrosis, calcificación y osificación de las meninges – Pérdida irreversible de neuronas – Fenómenos de neuroplasticidad (neuroconexiones dendríticas) – Cambios en la membrana plasmática neuronal – Aumento progresivo de: cuerpos de Lewy, ovillos neurofibrilares, placas seniles, degeneración gránulo-vacuolar, distrofia neuroaxonal – Pérdidas en los sistemas de neurotransmisión (dopaminérgico, neuroadrenérgico, serotoninérgico, acetilcolínico y aminérgico)	– Aumento de riesgo de enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer, Parkinson, etc) – Posible aparición de temblor esencial – Pérdidas en la sensibilidad vibratoria, discriminativa y táctil – Pérdidas en la capacidad de coordinación y de control muscular – Pérdidas en la memoria reciente, en la capacidad de aprendizaje y en la “inteligencia fluida” – Reducción en la cuantía e intensidad del sueño y aumento en los despertares nocturnos – Pérdidas en la adaptabilidad al medio

Sistema osteoarticular

- Pérdida de masa ósea, con tendencia a la osteoporosis
- Menor elasticidad, menor capacidad de hidratación adelgazamiento y aparición de pequeños desgarros en el cartílago articular
- Aumento de la incidencia de condrocalcinosis
- Pérdida de elasticidad de la cápsula articular y los ligamentos.
- Aumento de viscosidad del líquido sinovial, y pérdida de capacidad lubricante
- Aumento de la rigidez de los tendones
- Pérdida de masa muscular y la disminución del área de sección transversa del músculo (Sarcopenia)
- Redistribución del porcentaje de fibras musculares rápidas y lentas
- Aparición de grasa en musculo
- Aumento de la cifosis dorsal
- Disminución de flexibilidad del cristalino
- Aumento duración de los reflejos fotomotores Aumento incidencia de cataratas
- Adelgazamiento de la membrana timpánica y pérdida de elasticidad
- Disminución de la eficiencia en la conducción del sistema de huesecillos
- Disminución de la función de células sensoriales en el aparato vestibular
- Disminución de agudeza táctil y de temperatura
- Receptores de dolor intactos
- Disminución en la capacidad del cartílago para manejar sobrepeso sin presentar fisuras y erosiones
- Limitación de la capacidad funcional de los tendones
- Pérdida de fuerza muscular
- Disminución de la velocidad de contracción y de relajación musculares
- Aparición de mayor fatiga a la misma intensidad de trabajo
- Cambios en la mecánica corporal, triangulo de sustentación , cabeza adelantada, eje mecánico del miembro inferior, etc. que afectan a la marcha y al equilibrio
- Alteraciones capacidad visual
- Descenso de las funciones auditiva y vestibular
- Pérdida de audición principalmente en tonalidades bajas
- Mayor frecuencia de acufenos y vértigo
- Función táctil alterada
- Disminución en la discriminación de estímulos

Órganos de los sentidos

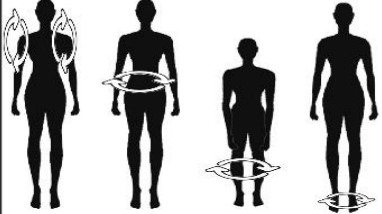
Elaboración propia adaptado de Manual Merck de Geriatria (Berkow, 2001).

ANEXO 2. Escala Tampa de Kinesiofobia (TSK-11SV) (García-Campayo et al., 2008).

INSTRUCCIONES: a continuación se enumeran una serie de afirmaciones. Lo que Ud. ha de hacer es indicar hasta qué punto eso ocurre en su caso según la siguiente escala:

	1	2	3	4
	Totalmente en desacuerdo			Totalmente de acuerdo
1. Tengo miedo de lesionarme si hago ejercicio físico.	1	2	3	4
2. Si me dejara vencer por el dolor, el dolor aumentaría.	1	2	3	4
3. Mi cuerpo me está diciendo que tengo algo serio.	1	2	3	4
4. Tener dolor siempre quiere decir que en el cuerpo hay una lesión.	1	2	3	4
5. Tengo miedo a lesionarme sin querer.	1	2	3	4
6. Lo más seguro para evitar que aumente el dolor es tener cuidado y no hacer movimientos innecesarios.	1	2	3	4
7. No me dolería tanto si no tuviese algo serio en mi cuerpo.	1	2	3	4
8. El dolor me dice cuándo debo parar la actividad para no lesionarme.	1	2	3	4
9. No es seguro para una persona con mi enfermedad hacer actividades físicas.	1	2	3	4
10. No puedo hacer todo lo que la gente normal hace porque me podría lesionar con facilidad.	1	2	3	4
11. Nadie debería hacer actividades físicas cuando tiene dolor.	1	2	3	4

ANEXO 3. Programa de ejercicio detallado.

SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	
Calentamiento 5 minutos (movilidad articular básica)	Calentamiento 5 minutos (movilidad articular básica)	Calentamiento 5 minutos (movilidad articular básica)	Calentamiento 5 minutos (movilidad articular básica)	
Sentadillas 3 series de 8 repeticiones	Sentadillas 3 series de 9 repeticiones	Sentadillas 3 series de 10 repeticiones	Sentadillas 3 series de 12 repeticiones	
Marcha con cambio de sentido 5 repeticiones a cada lado	Marcha con cambio de sentido 5 repeticiones a cada lado a mayor velocidad	Marcha con cambio de sentido 5 repeticiones a cada lado a mayor velocidad	Marcha con cambio de sentido 5 repeticiones a cada lado a mayor velocidad	
Escaleras 3 subidas y 3 bajadas	Escaleras 5 subidas y 5 bajadas	Escaleras 7 subidas y 7 bajadas	Escaleras 10 subidas y 10 bajadas	

Bicicleta 5 minutos	Bicicleta 7 minutos	Bicicleta 10 minutos	Bicicleta 15 minutos	
Subir una pierna al pecho y hacer un cambio rápido a la otra 3 series de 8 repeticiones	Subir una pierna al pecho y hacer un cambio rápido a la otra 3 series de 9 repeticiones	Subir una pierna al pecho y hacer un cambio rápido a la otra 3 series de 10 repeticiones	Subir una pierna al pecho y hacer un cambio rápido a la otra 3 series de 12 repeticiones	
Subir las dos piernas al pecho a la vez 3 series de 8 repeticiones	Subir las dos piernas al pecho a la vez 3 series de 9 repeticiones	Subir las dos piernas al pecho a la vez 3 series de 10 repeticiones	Subir las dos piernas al pecho a la vez 3 series de 12 repeticiones	
Combinado de marcha militar y talones al culo 3 series de 8 repeticiones	Combinado de marcha militar y talones al culo 3 series de 9 repeticiones	Combinado de marcha militar y talones al culo 3 series de 10 repeticiones	Combinado de marcha militar y talones al culo 3 series de 12 repeticiones	
Estiramiento de 10 segundos de trapecio, ECOM, cuádriceps, isquiotibiales y gemelos	Estiramiento de 10 segundos de trapecio, ECOM, cuádriceps, isquiotibiales y gemelos	Estiramiento de 10 segundos de trapecio, ECOM, cuádriceps, isquiotibiales y gemelos	Estiramiento de 10 segundos de trapecio, ECOM, cuádriceps, isquiotibiales y gemelos	